

MASSIMO BAREZZI

FONDAMENTI DI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI E INDUSTRIALI

*con schemario
ed esercitazioni pratiche*



Con CD-Rom



editrice san marco

**NUOVA
EDIZIONE**

Massimo Barezzi

FONDAMENTI DI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI E INDUSTRIALI

con schemario
ed esercitazioni pratiche



editrice san marco



Nuova edizione aggiornata e ampliata: 2009

Copertina: Studio Vavassori - Bonate Sotto (BG)

Stampa: Tecnoprint - Romano di Lombardia (BG)

Con la collaborazione della Redazione e dei Consulenti della CESM

L'Editrice San Marco si impegna a mantenere invariato il contenuto di questo volume, secondo la legislazione vigente.

L'Autore e l'editore ringraziano le Ditte costruttrici, le Associazioni e gli Enti riportati di seguito, che, con il materiale gentilmente messo a disposizione, hanno consentito di arricchire questo volume.

- | | | |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| • ABB Sace | • Elettronica Dessy | • Mecman Pneumatics |
| • AIDI | • ENEL | • OMT |
| • Allen-Bradley | • Finder | • Osram |
| • ANIE | • FLUKE | • Philips |
| • AVE | • General Electric-Herholdt | • Pizzato |
| • Breter | • Gruppo effe | • Pneumax |
| • BONANI | • Hager | • Relco |
| • Bticino | • HT Italia | • Riello |
| • Camozzi | • ICME | • Scame |
| • Carpanelli | • ISGEV | • SEIPEE |
| • CEI | • Italweber | • SICEI |
| • Codime | • Klöckner-Moeller | • Siemens |
| • Crouzet | • Legrand | • VIMAR |
| • Distrelec | • Lovato | • Vortice |
| • Elcontrol | • LT Terraneo | • Weber |

Un ringraziamento particolare è riconosciuto a GEWISS S.p.A. (Cenate Sotto, BG) e a OMRON Electronics S.p.A. (Milano).

Per le citazioni delle fonti, per le riproduzioni varie inserite in quest'opera, nonché per eventuali non volute omissioni nei riferimenti o nelle attribuzioni all'interno del libro, l'editore è a disposizione degli accertati aventi esclusivo diritto. Il copyright delle iconografie e la proprietà dei marchi registrati citati nel testo, utilizzati ai soli fini didattici e a titolo esemplificativo, sono dei rispettivi proprietari e inseriti nei limiti della normativa vigente per le opere a carattere didattico-scolastico. Le immagini di prodotti commercializzati sono da intendersi solo come esempi didattici e non come scelte di merito, né come propensione all'acquisto o quant'altro.

Printed in Italy

ISBN 978-88-8488-091-8

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

© 2009 Editrice San Marco S.r.l., Bergamo Ponteranica

www.editricesanmarco.it – info@editricesanmarco.it

È vietata la riproduzione anche parziale o a uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo, non autorizzata dall'editore. I trasgressori saranno puniti a norma di legge.

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge n. 633/1941. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da A.I.D.R.O., Corso di Porta Romana, 108, 20122 Milano, e-mail: segreteria@aidro.org, sito web: www.aidro.org.

Ristampa

1	2	3	4	5	2009	2010	2011	2012	2013
---	---	---	---	---	------	------	------	------	------

PRESENTAZIONE

Il presente volume, preparato tenendo conto in tutte le sue parti delle norme CEI, costituisce, per docenti e allievi, un utile strumento di lavoro, che soddisfa le richieste dei nuovi programmi e, nel contempo, le effettive esigenze della futura attività lavorativa degli studenti. Nel testo trovano posto, oltre ai segni grafici, svariati esempi di impianti luce, di segnalazione, citofonici, antintrusione, di rifasamento, industriali e di automazione in logica cablata.

Il **Capitolo 1** presenta i principali segni e simboli grafici con le relative raccomandazioni per la preparazione degli schemi elettrici secondo le norme CEI. Il **Capitolo 2** introduce agli schemi elettrici per impianti civili sia residenziali sia del terziario, presentando le caratteristiche fondamentali delle principali apparecchiature necessarie per la loro realizzazione e mostrando esempi commerciali. La conoscenza, da parte degli studenti e degli installatori, di tali apparecchiature, sia elettromeccaniche sia elettroniche, che l'evoluzione tecnologica rende sempre più ricche di sofisticate funzioni, risulta di particolare importanza per una corretta installazione e manutenzione. Il **Capitolo 3** è dedicato ad illustrare le caratteristiche delle sorgenti luminose, partendo dalle più tradizionali per arrivare alle più moderne; sono forniti, inoltre, i criteri di progettazione illuminotecnica per interni. Il **Capitolo 4** presenta, in ordine crescente di difficoltà esecutiva, i principali schemi elettrici dell'impiantistica civile secondo quanto prescritto dalle norme CEI: dagli impianti luce agli impianti di segnalazione e citofonici; ogni impianto è commentato segnalando le sue caratteristiche fondamentali. Il **Capitolo 5** è dedicato, invece, alla progettazione, secondo le norme CEI, di impianti civili: sono illustrati i criteri di progettazione dei locali ad uso residenziale e del terziario, compresi gli impianti antintrusione e di ventilazione. Inoltre, sono illustrate le caratteristiche principali della home automation. Il **Capitolo 6** presenta le caratteristiche tecniche e le funzioni delle principali apparecchiature utilizzate negli impianti industriali e di automazione in logica cablata. Il **Capitolo 7** è dedicato ad illustrare le caratteristiche dei principali motori elettrici utilizzati in ambito industriale e i relativi azionamenti elettronici. Il **Capitolo 8** presenta, in ordine crescente di difficoltà esecutiva, i principali schemi elettrici dell'impiantistica industriale secondo quanto prescritto dalle norme CEI: dagli impianti per l'avviamento dei motori asincroni, agli esempi di automazione in logica cablata, agli impianti di rifasamento. I Capitoli 4 e 8 propongono, in chiusura, **esercizi, test e domande** relative agli schemi di impianti elettrici civili e industriali, per verificare il grado di preparazione raggiunto. Gli schemi relativi agli impianti industriali e la maggior parte degli esercizi proposti nel Capitolo 8 possono essere utilizzati come eserciziaro per lo studio dei controllori logici programmabili (PLC), in particolare per le esercitazioni relative alla loro programmazione.

Si ringraziano le ditte costruttrici che, con il materiale gentilmente messo a disposizione, hanno consentito di arricchire questo volume. Un ringraziamento particolare è riconosciuto a GEWISS S.p.A. e a OMRON Electronics S.p.A.

ESTENSIONI ON-LINE E OFF-LINE

Questo libro di testo è pubblicato in **forma mista**, conformemente a quanto disposto dalla normativa sulle adozioni dei libri di testo. Alcuni paragrafi (in formato PDF) sono scaricabili, infatti, dal sito dell'editore (www.editricesanmarco.it), secondo le modalità indicate nel paragrafo *Estensioni on-line e off-line* del presente volume.

Al testo è allegato, inoltre, un **CD-ROM**, contenente i paragrafi disponibili in **estensione web**, nonché approfondimenti, presentazioni, fotografie e disegni, che è possibile stampare oppure visualizzare su monitor o mediante un videoproiettore, relativi agli argomenti trattati nel testo.

Inoltre, il CD-ROM contiene:

- il software professionale ZEN Support Software che consente la programmazione dei microcontrollori Omron ZEN, permettendo una facile simulazione (anche in assenza del microcontrollore) degli impianti industriali e dei relativi esercizi presentati nel testo;
- il software €Saver, per la stima del risparmio energetico realizzabile mediante l'uso di inverter per l'alimentazione di motori asincroni trifase;
- i collegamenti al sito di Gewiss S.p.A. per il download di una suite di software professionali con i relativi manuali. Con questi programmi è possibile progettare reti elettriche, realizzare computi metrici, schemi elettrici e progetti di illuminotecnica, redigere preventivi, disegnare impianti elettrici, configurare quadri elettrici e sistemi BUS nonché la documentazione completa da allegare ai progetti.

INDICE

CAPITOLO 1

SEGNI GRAFICI E RACCOMANDAZIONI PER LA PREPARAZIONE

DEGLI SCHEMI ELETTRICI SECONDO LE NORME CEI	7
1.1 Schemi per impianti elettrici e segni grafici a norme CEI (7)	
1.2 Marcatura CE, marchio IMQ, controllo di qualità (10)	
1.3 Segni grafici per impianti elettrici civili (13)	
1.4 Segni grafici per impianti elettrici industriali (17)	
1.5 Identificazione degli elementi di un impianto (25)	
1.6 Note per la preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica (29)	
1.7 Raccomandazioni per la preparazione degli schemi circuitali (35)	
1.8 Individuazione dei conduttori isolati (norma CEI 16-1) (42)	
1.9 Marcatura per conduttori particolari e per morsetti delle apparecchiature (norma CEI 16-2) (43)	
1.10 Individuazione dei morsetti negli apparecchi industriali a bassa tensione (45)	
1.11 Marcatura dei terminali e senso di rotazione delle macchine rotanti (49)	
1.12 Codifica dei dispositivi indicatori e degli attuatori (norme CEI 16-3/16-6) (53)	
1.13 Le unità di misura del Sistema Internazionale (56)	
1.14 Schede per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici (CD-ROM)	
1.15 Documentazione prodotta con il personal computer (CD-ROM)	

CAPITOLO 2

PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI 61

2.1 Rassegna dei tipi fondamentali di impianti per ambienti ordinari (61)	
2.2 Struttura delle cabine MT/BT (65)	
2.3 Sistemi di distribuzione (69)	
2.4 I cavi (71)	
2.5 Tubi e canalizzazioni (89)	
2.6 Gradi di protezione (95)	
2.7 Scatole, cassette e dispositivi di raccordo (97)	
2.8 Il centralino (103)	
2.9 Interruttori automatici di sovracorrente (105)	
2.10 Il sovraccarico e il cortocircuito (108)	
2.11 Rifasamento (120)	
2.12 Dimensionamento dei cavi e scelta delle protezioni (130)	
2.13 L'elettrocuzione (131)	
2.14 La bassissima tensione (133)	
2.15 Protezione contro i contatti diretti (135)	
2.16 Protezione contro i contatti indiretti (135)	
2.17 Interruttori differenziali (137)	
2.18 Interruttori differenziali a riarmo automatico (143)	
2.19 Interruttori a camme (145)	
2.20 Fusibili (149)	
2.21 Apparecchi di comando (154)	
2.22 Interruttore (155)	
2.23 Deviatore (156)	
2.24 Commutatore (157)	
2.25 Invertitore (157)	
2.26 Prese e spine di corrente, prese a ricettività multipla e adattatori (158)	
2.27 Prese e spine industriali CEE 17 e prese da parete con interruttore interbloccato (163)	
2.28 Pulsanti (168)	
2.29 Relè (168)	
2.30 Relè temporizzatori (175)	
2.31 Variatori di luminosità e trasformatori elettronici per lampade ad incandescenza alogene (179)	
2.32 Telecomandi a raggi infrarossi (183)	
2.33 Interruttore crepuscolare (184)	
2.34 Interruttore orario (185)	
2.35 Suonerie e ronzatori (187)	
2.36 Trasformatore monofase (188)	
2.37 Elettroserratura (189)	
2.38 Quadri indicatori a cartellini e a cartellini luminosi (191)	
2.39 Luce di emergenza (192)	
2.40 Illuminazione di riserva e illuminazione di sicurezza (193)	
2.41 Rivelatore di fumo, di gas metano (CH ₄) e GPL, di monossido di carbonio, di presenza acqua (197)	
2.42 Termostati e cronotermostati elettronici (202)	
2.43 Rivelatore di movimento a raggi infrarossi (204)	
2.44 Sistema di diffusione sonora (206)	
2.45 Protezione dalle sovratensioni (CD-ROM)	
2.46 Gruppi di continuità UPS (CD-ROM)	

CAPITOLO 3

SORGENTI LUMINOSE ED ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA 209

3.1 Grandezze fotometriche fondamentali (209)	
3.2 Caratteristiche generali delle lampade, scelta e manutenzione (213)	
3.3 Lampade ad incandescenza (215)	
3.4 Lampade ad incandescenza a ciclo di alogeni (219)	
3.5 Lampade a scarica di gas (223)	
3.6 Lampade fluorescenti tubolari (224)	
3.7 Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente e luce miscelata (234)	
3.8 Lampade ad alogenuri metallici (236)	
3.9 Lampade a vapori di sodio a bassa ed alta pressione (238)	
3.10 Lampade ad induzione (243)	
3.11 Lampade LED (244)	
3.12 Lampade per applicazioni speciali (248)	
3.13 Apparecchi di illuminazione (253)	
3.14 Esecuzione e gestione degli impianti di illuminazione (CD-ROM)	
3.15 Schede di progetto di illuminazione di interni (267)	
3.16 Esempio d'illuminazione d'interni: uffici (273)	
3.17 Esempio d'illuminazione d'interni: edifici industriali (274)	
3.18 Esempio d'illuminazione d'interni: centri vendite (277)	
3.19 Criteri di progettazione illuminotecnica (280)	
3.20 Esempio di calcolo dell'illuminamento (285)	
3.21 Calcolo illuminotecnico computerizzato (CD-ROM)	

CAPITOLO 4

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI 291

4.1 Impianti elettrici caratteristici negli edifici civili (291)	
4.2 Impianti luce per uno o più gruppi di lampade, comandati da uno o più punti (292)	
4.3 Impianti luce con relè ad immobilizzazione di posizione o a tempo (302)	
4.4 Impianti luce comandaio da due punti, con lampade fluorescenti (310)	
4.5 Impianto luce per il comando e la regolazione elettronica dell'intensità luminosa di un gruppo di lampade ad incandescenza, da cinque punti con tre prese (313)	
4.6 Impianti di segnalazione (314)	
4.7 Esempio di schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo (326)	
4.8 Impianti citofonici e videocitofonici (329)	
4.9 Panoramica degli impianti installabili negli edifici residenziali (347)	
4.10 Alcuni criteri per l'impostazione dell'impianto elettrico di un appartamento (349)	
4.11 Esempi di soluzioni impiantistiche secondo le guide CEI: edilizia ad uso residenziale e terziario (352)	
4.12 Domande ed esercizi: introduzione (360)	

CAPITOLO 5**PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI 361**

5.1 Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici negli edifici residenziali (361) **5.2** Circuiti di distribuzione (362) **5.3** Centralino di distribuzione (365) **5.4** Quadro di distribuzione (367) **5.5** Impianto luce (370) **5.6** Impianto prese ed allacciamento elettrodomestici (372) **5.7** Criteri d'installazione (374) **5.8** Ingresso dell'appartamento (375) **5.9** Soggiorno (376) **5.10** Cucina (376) **5.11** Camera matrimoniale (378) **5.12** Camera ad un letto (379) **5.13** Bagno (380) **5.14** Ufficio (383) **5.15** Locale contatori e colonne montanti (384) **5.16** Cantine e solai (385) **5.17** Posti macchina interni per più di nove macchine (386) **5.18** Box (388) **5.19** Locale caldaia (389) **5.20** Ingressi e scale (390) **5.21** Negozio e retro adibito a magazzino (393) **5.22** Bar (394) **5.23** Ristoranti e grandi cucine (395) **5.24** Locali ad uso medico (396) **5.25** Strutture alberghiere (397) **5.26** Centri direzionali e commerciali (398) **5.27** Strutture scolastiche (399) **5.28** Impianto citofonico e videocitofonico (400) **5.29** Messa a terra e collegamenti equipotenziali (402) **5.30** Equalizzazione del potenziale nei locali ad uso medico (CD-ROM) **5.31** Impianto per ascensori (CD-ROM) **5.32** Impianto centralizzato di antenna TV (CD-ROM) **5.33** Impianto per lampade a catodo freddo con tensione da 1 a 10 kV (CD-ROM) **5.34** Impianti di terra per apparecchiature di elaborazione dati (CD-ROM) **5.35** Impianti BUS (406) **5.36** Impianti di comando wireless (417) **5.37** Impianti antintrusione (421) **5.38** Abbattimento delle barriere architettoniche (CD-ROM) **5.39** Collaudi e verifiche negli impianti elettrici (433) **5.40** Impianti di ventilazione (CD-ROM) **5.41** Automazione degli impianti di riscaldamento (CD-ROM)

CAPITOLO 6**PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI****NEGLI IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI..... 443**

6.1 Introduzione agli impianti industriali (443) **6.2** Sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e interruttori automatici (444) **6.3** Interruttori a camme per uso industriale (447) **6.4** Fusibili per applicazioni industriali (451) **6.5** Contattori (451) **6.6** Abbinamento PLC e contattore (CD-ROM) **6.7** Relè termici (464) **6.8** Relè termici elettronici (474) **6.9** Interruttori automatici salvamotori (476) **6.10** Termorilevatori per la protezione termica a termistori e protettori termici a contatto bimetallico (478) **6.11** Relè di controllo e misura (480) **6.12** Considerazioni sulle protezioni per i motori asincroni trifase (CD-ROM) **6.13** Pulsanti, selettori, lampade di segnalazione e colonne luminose (483) **6.14** Caratteristiche degli apparecchi di manovra utilizzati con sistemi e comandi elettronici (CD-ROM) **6.15** Interruttori di posizione meccanici (493) **6.16** Interruttori di prossimità magnetici (502) **6.17** Introduzione agli interruttori di prossimità induttivi, capacitivi, a ultrasuoni e fotoelettrici (508) **6.18** Interruttori di prossimità induttivi (513) **6.19** Interruttori di prossimità capacitivi (522) **6.20** Interruttori di prossimità a ultrasuoni (527) **6.21** Interruttori di prossimità fotoelettrici (532) **6.22** Relè ausiliari, relè a tempo (temporizzatori), contaimpulsi (556) **6.23** Relè programmabili o micro PLC (566) **6.24** Relè allo stato solido (SSR) (CD-ROM) **6.25** Pressostati, trasduttori di pressione e regolatori di livello (574) **6.26** Termoregolatori (586) **6.27** Encoder rotativi assoluti e incrementali (589) **6.28** Elettrovalvole, cilindri pneumatici, elettromagneti (595) **6.29** Elettrovalvole per fluidi industriali (604) **6.30** Quadri elettrici, installazione, cablaggi (606) **6.31** Prove da eseguire sui quadri e sugli equipaggiamenti elettrici delle macchine (622) **6.32** Interfacce per sensori e attuatori (CD-ROM) **6.33** Misure per la protezione delle apparecchiature elettroniche dai disturbi elettrici (CD-ROM) **6.34** Circuito antidisturbo (CD-ROM) **6.35** Tecniche di sicurezza (CD-ROM) **6.36** Domande di verifica (CD-ROM) **6.37** Tabella di conversione tra la siglatura AWG (Nord America) e le sezioni commerciali europee (CD-ROM)

CAPITOLO 7**MOTORI E AZIONAMENTI ELETTRONICI 627**

7.1 Motori elettrici (627) **7.2** Motori asincroni trifase: principio di funzionamento (627) **7.3** Struttura costruttiva dei motori asincroni (630) **7.4** Metodi di raffreddamento (637) **7.5** Modi operativi dei motori elettrici (641) **7.6** Forme costruttive normalizzate (645) **7.7** Gradi di protezione (647) **7.8** Coppie di carico caratteristiche, coppia e curve caratteristiche del motore, tempi di avviamento (649) **7.9** Installazione e manutenzione (655) **7.10** Efficienza dei motori elettrici: EFF1, EFF2, EFF3 (660) **7.11** Morsettiera, collegamenti elettrici e targa (662) **7.12** Variazioni della tensione e della frequenza di rete, guasti e relative cause nei motori asincroni (665) **7.13** Normativa di riferimento (CD-ROM) **7.14** Funzionamento di un motore asincrono trifase come monofase (668) **7.15** Motori asincroni monofase (669) **7.16** Motori asincroni autofrenanti (674) **7.17** Motoriduttori (677) **7.18** Avviatori ad azionamento graduale per motori asincroni trifase (soft start) (680) **7.19** Azionamenti elettronici per motori asincroni trifase (inverter) (690) **7.20** Modalità operative degli inverter (695) **7.21** Installazione degli inverter per motori asincroni trifase (699) **7.22** Caratteristiche principali di un inverter (703) **7.23** Considerazioni generali sugli azionamenti in corrente alternata e loro applicazioni (CD-ROM) **7.24** Convertitori di frequenza e risparmio energetico (CD-ROM) **7.25** Motori a corrente continua (706) **7.26** Azionamenti elettronici per motori in corrente continua (711) **7.27** Motori brushless (CD-ROM) **7.28** Azionamenti elettronici: disturbi di rete e loro soppressione (CD-ROM) **7.29** Problemi da disturbi provocati dagli azionamenti elettronici: sintomi ed indicazioni (CD-ROM) **7.30** Propagazione dei disturbi (CD-ROM) **7.31** Accorgimenti per limitare i disturbi generati dagli azionamenti elettronici (CD-ROM)

CAPITOLO 8

IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI.....	719
8.1 Introduzione agli impianti industriali (719)	
8.2 Schemi elettrici industriali (727)	
8.3 Avviamento diretto di un motore asincrono trifase (729)	
8.4 Teleinversione di marcia per motori asincroni trifase e per motori asincroni monofase (735)	
8.5 Telecommutazione tra motori elettrici (745)	
8.6 Avviamento dei motori asincroni trifase (751)	
8.7 Avviamento stella/triangolo (752)	
8.8 Avviatori statorici (758)	
8.9 Avviatori con autotrasformatori (760)	
8.10 Avviatori rotorici (761)	
8.11 Variazione della velocità di un motore asincrono trifase mediante la commutazione di polarità (764)	
8.12 Frenatura dei motori asincroni trifase (768)	
8.13 Comando ad impulso in sequenza di sei motori asincroni trifase (770)	
8.14 Avviamento temporizzato coda-testa (M3, M2, M1) automatico e manuale per tre motori (772)	
8.15 Automatismo per l'inserzione di tre unità operative con arresto generale mediante contaimpulsori (774)	
8.16 Telecomando di un motore teleinvertito con l'inserzione automatica di un secondo motore funzionante ciclicamente destra-sinistra (776)	
8.17 Comando in sequenza di due motori con arresto a fine ciclo manuale o automatico e arresto di emergenza (778)	
8.18 Automatismo per una macchina utensile dotata di due motori asincroni trifase comandati in sequenza ciclica (780)	
8.19 Automatismo per un montacarichi portavivande per un ristorante (783)	
8.20 Impianto elettrico per un ascensore a tre piani (786)	
8.21 Impianto di apertura e chiusura per un cancello elettrico con fotocellule di sicurezza (790)	
8.22 Quadro di comando per la foratura in serie di blocchi costituiti da sandwich di acciaio, alluminio, acciaio (792)	
8.23 Telecomando di una gru a torre o a ponte (795)	
8.24 Stazione di pompaggio (798)	
8.25 Automatismo per un impianto di sollevamento acque irrigue, con funzionamento programmato da orologio e secondo la richiesta dell'utente (CD-ROM)	
8.26 Avanzamento automatico per macchina utensile (CD-ROM)	
8.27 Impianto per l'azionamento di una macchina utensile per lavorazioni in serie di foratura e di fresatura con trasferimento lineare a scatto del pezzo (CD-ROM)	
8.28 Impianto per il comando di una macchina essiccatrice (801)	
8.29 Impianto per il comando di una macchina impacchettatrice di alimenti (805)	
8.30 Impianto semplificato per il comando di una cesoia con avanzamento automatico e taglio su misura predeterminata (809)	
8.31 Impianto per il comando di quattro tramogge per due tipi di mescole (814)	
8.32 Impianto semaforico per incrocio stradale (817)	
8.33 Impianto per lo smistamento automatico di pezzi aventi due lunghezze predefinite (CD-ROM)	
8.34 Impianti di rifasamento (819)	
8.35 Domande di verifica ed esercizi da risolvere (825)	

INDICE ANALITICO	826
-------------------------------	------------

ESTENSIONI OFF-LINE E ON-LINE	832
--	------------

CAPITOLO 1

SEGNI GRAFICI E RACCOMANDAZIONI PER LA PREPARAZIONE DEGLI SCHEMI ELETTRICI SECONDO LE NORME CEI

1.1 Schemi per impianti elettrici e segni grafici a norme CEI

Nella rappresentazione degli impianti elettrici civili e industriali, assumono importanza rilevante i **segni grafici**, che indicano specifiche apparecchiature o parti di esse, o che completano il significato di apparecchiature simili, ma con funzioni diverse.

Anche in questo settore esiste una serie di norme, emanate dal CEI (*Comitato Elettrotecnico Italiano*) e aventi lo scopo di dare una classificazione ai vari schemi di rappresentazione degli impianti elettrici.

È importante sottolineare che, in conseguenza degli intensi scambi internazionali, è via via aumentata l'influenza delle prescrizioni emanate dalla IEC (*International Electrotechnical Commission*), per cui le procedure nazionali per l'elaborazione delle norme hanno perso parte della loro importanza; per questo motivo, dopo la pubblicazione delle norme IEC 617-1...13 relative ai "Segni grafici per schemi elettrici", il CEI ha provveduto a sostituire le proprie norme corrispondenti CEI 3-3...12 con le nuove CEI 3-14...26, uniformandole a quelle internazionali.

Di particolare importanza per i Paesi europei è il CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*) a cui aderiscono 30 Paesi europei, che ha lo scopo di armonizzare le norme nazionali dei Paesi membri per eliminare gli eventuali ostacoli tecnici agli scambi commerciali.

Il CENELEC emette documenti di armonizzazione (siglati HD) o norme europee (siglate EN) in accordo con le norme IEC. Tutte le iniziative del CENELEC sono proposte alla IEC per costituire un gruppo di lavoro internazionale; se la IEC non è interessata all'iniziativa, il progetto prosegue a livello europeo. Le pubblicazioni CENELEC devono essere obbligatoriamente recepite nelle normative nazionali dei Paesi membri.

A livello nazionale troviamo, come si è detto, il CEI preposto all'emanazione delle norme relative ai materiali, alle apparecchiature e agli impianti elettrici; con l'osservanza di tali norme gli impianti elettrici sono ritenuti realizzati a "regola d'arte".

Il CEI è suddiviso in Comitati Tecnici (CT) e in sottocomitati (SC), ciascuno competente in un determinato settore, come per esempio:

- CT 1, terminologia;
- CT 3, segni grafici;
- CT 16, contrassegni dei terminali e altre identificazioni;
- CT 20, cavi per energia;
- CT 44, equipaggiamento elettrico delle macchine industriali;
- CT 64, impianti utilizzatori;
- CT 81, protezione contro i fulmini.

I comitati hanno il compito di redigere i fascicoli delle norme. Alla loro attività partecipano produttori, utilizzatori, professionisti, studiosi, rappresentanti di Enti di stato. Il CEI partecipa alle attività degli enti normativi internazionali. Da quanto esposto deriva che uno stesso argomento è normalmente oggetto di norme IEC, CENELEC e CEI in accordo tra di loro.

Per esempio la norma per la “Preparazione dei documenti utilizzati in elettrotecnica. Parte 1: Prescrizioni generali” CEI 3-36 (2006), fascicolo 8529 E, è conforme alla norma CENELEC EN 61082-1 (2006), identica alla norma IEC 61082-1 (2006).

Si raccomanda un completo e attento studio delle norme, sottolineando come la semplificazione osservata in quest’ultima stesura degli schemi elettrici si accordi con le esigenze di chiarezza e di semplicità, caratteristiche essenziali per un proficuo utilizzo di sistemi di disegno assistiti dal computer e con sistemi di tracciamento automatico (CAD).

Prima di elencare i segni grafici utilizzati per la rappresentazione degli impianti elettrici civili e industriali, è necessario dare una definizione rapida e sintetica degli schemi che saranno rappresentati nei capitoli che seguono, vale a dire lo schema di funzione, lo schema di installazione, lo schema in rappresentazione topografica e lo schema del circuito di potenza.

Lo **schema di funzione** (schema funzionale), come mostrato nella fig. 1.1, rappresenta in modo semplice il funzionamento delle apparecchiature che compongono l’impianto.

Esso è utilizzato per la comprensione del funzionamento. Negli schemi di funzione non si tiene conto della reale ubicazione degli elementi rappresentati; per la loro preparazione si deve cercare di fare il minor numero di incroci e direzioni possibili. La stesura e la forma grafica di uno schema di funzione devono comunque osservare le indicazioni delle norme CEI, che, per altro, fanno riferimento alle norme internazionali IEC.

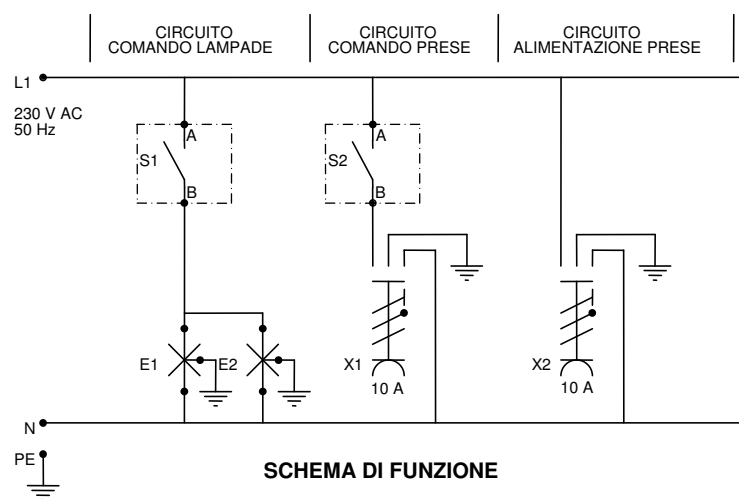


Fig. 1.1 - Esempio di schema di funzione: impianto luce per il comando di un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata.

Lo **schema di installazione** (fig. 1.2) rappresenta, invece, le apparecchiature nella loro forma di apparecchi completi e tiene conto in modo particolare della loro posizione nell’impianto.

In questa tipologia di schema, oltre alle apparecchiature elettriche, sono rappresentate tutte le scatole e le cassette di derivazione che permettono la messa in opera dell’impianto; inoltre, i conduttori seguono percorsi paralleli, indicando così che essi seguono lo stesso tragitto, che sono vicini e inseriti in un tubo protettivo o orientati nella stessa direzione; infine, sono rappresentati i punti di collegamento.

Gli schemi di funzione e di installazione sono definiti rappresentazioni **multifilari**, in quanto in essi è rappresentato, con una linea, ogni conduttore.

Lo **schema in rappresentazione topografica** (schema topografico, v. fig. 1.3) mostra gli apparecchi elettrici e le apparecchiature non elettriche che partecipano alla realizzazione dell’impianto, dove effettivamente essi saranno collocati: è una rappresentazione unifilare, in quanto con una sola linea sono indicati più conduttori.

Accanto alla linea, un numero o un segno convenzionale precisa quanti sono i fili della linea. Questo tipo di schema fornisce la base per lo sviluppo esecutivo dell’installazione.

Uno schema topografico, per essere completo di ogni dettaglio, deve riportare le sezioni, le modalità di esecuzione delle condutture e i loro percorsi (per esempio, presenza dei travetti dei solai), le cassette di derivazione, le scatole portafrutto e le loro posizioni (per esempio, verso di apertura delle porte), oltre naturalmente alle prese, ai punti luce e agli apparecchi utilizzatori fissi.

Gli impianti elettrici civili (per esempio, di illuminazione e di segnalazione) sono, in genere, funzionalmente semplici e, nel capitolo seguente, saranno illustrati quelli più importanti.

Per altri impianti più complessi, come, per esempio, certi impianti citofonici, videocitofonici, sistemi antintrusione, impianti di riscaldamento, occorre comunque far riferimento agli schemi di collegamento forniti dalle ditte costruttrici.

Oltre allo schema di funzione visto precedentemente, negli impianti industriali è utilizzato anche lo **schema del circuito di potenza** (fig. 1.4), che rappresenta le apparecchiature o le parti di apparecchiature che concorrono, mediante lo scambio di contatti, al collegamento o alla disinserzione di un carico (per esempio, motori elettrici ed elementi riscaldanti) dalla linea di alimentazione.

Questo tipo di schema utilizza la rappresentazione cosiddetta semiraggruppata, dove un'unica sigla identifica più componenti della stessa apparecchiatura.

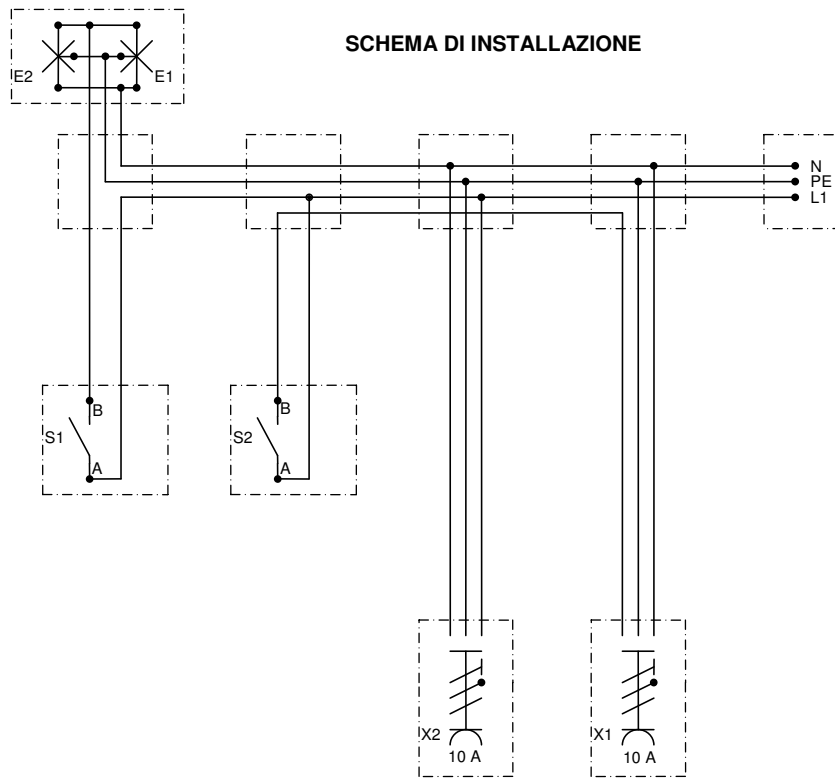


Fig. 1.2 - Esempio di schema di installazione: impianto luce per il comando di un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata (v. lo schema di funzione di fig. 1.1).

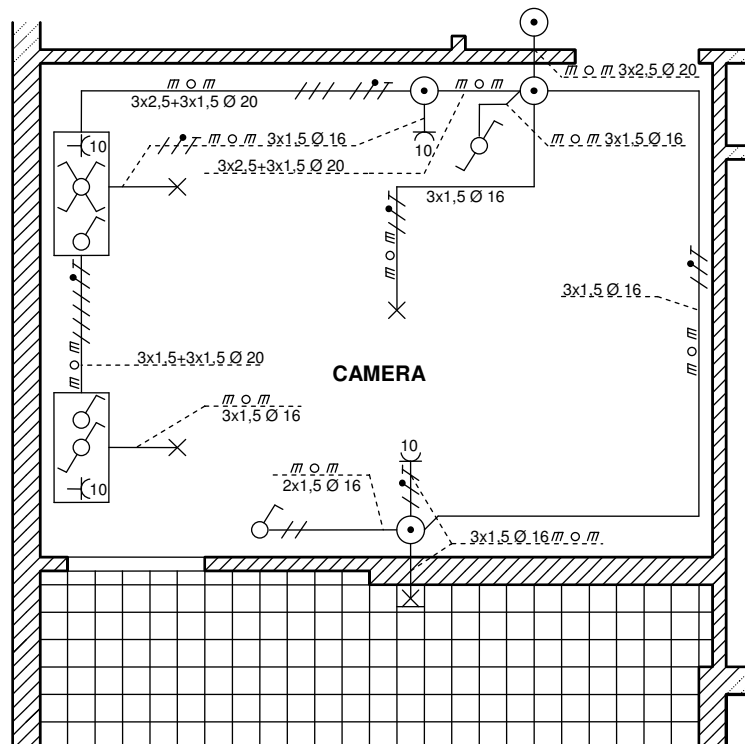


Fig. 1.3 - Esempio di schema in rappresentazione topografica relativo ad un appartamento: camera da letto.

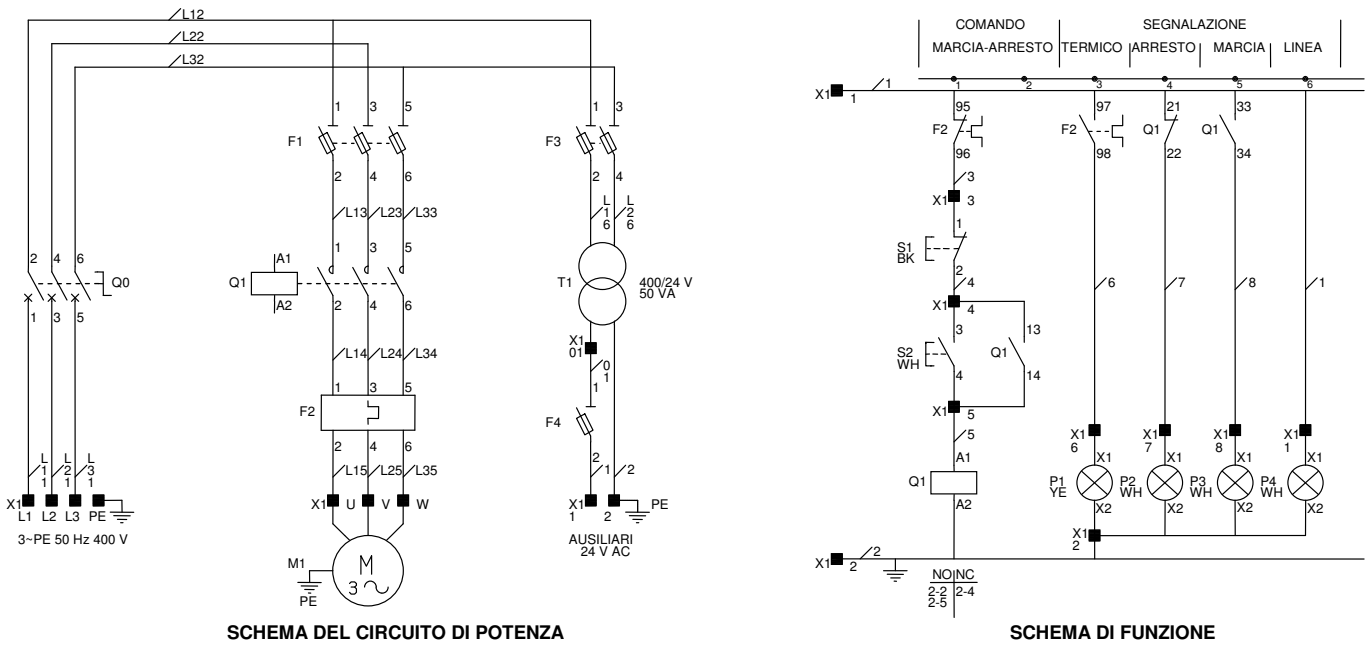


Fig. 1.4 - Esempio di schema elettrico del circuito di potenza con il relativo schema di funzione: telecomando di un motore asincrono trifase.

Per concludere, riportiamo nella tab. 1.1 l'elenco delle norme CEI inerenti la preparazione della documentazione elettrica.

Norme CEI	Argomento
3-14	Elementi dei segni grafici, segni grafici distintivi e altri segni grafici di uso generale
3-15	Conduttori e dispositivi di connessione
3-16	Componenti passivi
3-17	Semiconduttori e tubi elettronici
3-18	Produzione, trasformazione e conversione dell'energia elettrica
3-19	Apparecchiature e dispositivi di comando e di protezione
3-20	Strumenti di misura, lampade e dispositivi di segnalazione
3-21	Telecomunicazioni: apparecchiature di commutazione e periferiche
3-22	Telecomunicazioni: trasmissione
3-23	Segni grafici per schemi e piani di installazione architettonici e topografici
3-24	Elementi analogici
3-25	Generalità, indice generale e tabelle di corrispondenza
3-26	Elementi logici binari
3-27	Segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature
3-28	Principi generali per l'elaborazione dei segni grafici da utilizzare sulle apparecchiature
3-30	Segni grafici per impianti termoelettrici e nucleotermoelettrici
3-31	Segni grafici per impianti idroelettrici
3-33	Raccomandazione per la preparazione degli schemi elettrici
3-34	Codice di identificazione dei materiali da utilizzare nella tecnologia elettrica
3-35	Preparazione dei diagrammi funzionali per sistemi di comando e controllo
3-36	Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica. Parte 1: Prescrizioni generali
3-37	Designazione di segnali e connessioni
3-38	Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica. Parte 2: Schemi orientati alla funzione
3-39	Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica. Parte 3: Schemi, tabelle e liste delle connessioni
3-42	Preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica. Parte 4: Documenti di disposizione e di installazione

Tab. 1.1 - Norme CEI riguardanti la documentazione elettrica corrispondenti alle norme europee (siglate EN) e in accordo con le norme IEC.

1.2 Marcatura CE, marchio IMQ, controllo di qualità

I personal computer devono essere progettati e realizzati secondo quanto indicato dalle norme e dalle direttive internazionali ed essere provvisti di marcatura CE di conformità alle suddette direttive (fig. 1.5).

In particolare vale la pena ricordare le direttive 89/392/CEE, 89/336/CEE, 73/23/CEE, 93/68/CEE, le norme EMC EN50081-1 (EN55022 classe B), EN50082 (ENV50140, IEC801-2, IEC801-3, IEC801-4) e le norme di sicurezza EN60950, corrispondenti alle norme italiane CEI 74-2.

Sostituzioni o modifiche apportate alle configurazioni originali dei PC o eventuali manomissioni possono annullare la validità della dichiarazione di conformità CE.



Fig. 1.5 - Esempio di marcatura CE (a destra) comprovante che l'apparecchiatura (un personal computer della ditta Olidata) è conforme alle normative comunitarie. La marcatura CE è richiesta ai fini della libera circolazione dei prodotti all'interno dell'Unione Europea.

Di seguito sono spiegati i punti fondamentali che sono alla base della marcatura CE, del marchio di qualità IMQ e del controllo di qualità secondo la famiglia di norme ISO9000.

La nuova direttiva Bassa Tensione 93/68/C ha modificato la precedente, introducendo il cosiddetto nuovo approccio: esso consiste nella richiesta esplicita di dichiarare il soddisfacimento dei requisiti essenziali di sicurezza mediante l'apposizione della marcatura CE sul prodotto o, se ciò non è possibile, sull'imballaggio o sulle avvertenze d'uso o sulla garanzia.

La novità è contenuta nell'art. 10 che, mentre in precedenza sanciva la presunzione di conformità alle disposizioni della direttiva per i prodotti recanti marchi o attestati rilasciati da organismi notificati (per esempio, IMQ), nella nuova stesura sottrae ogni valore legale a tali organismi. Sottopone i prodotti al regime di controllo da parte dell'IMQ resta, in ogni caso, una garanzia di sicurezza dei prodotti.

Cerchiamo di chiarire alcuni dubbi sull'utilizzo e sul valore della marcatura CE.

CE è una marcatura: ciò significa semplicemente che il prodotto così contrassegnato è conforme alle prescrizioni delle direttive europee che lo riguardano. È accompagnata da una dichiarazione scritta di conformità; inoltre, il fabbricante deve predisporre una relazione tecnica da tenere a disposizione delle autorità nazionali ai fini ispettivi per almeno 10 anni dalla data ultima di fabbricazione del prodotto. La marcatura CE è richiesta ai fini della libera circolazione dei prodotti all'interno dell'Unione Europea.

Non è un marchio di qualità: solo il marchio IMQ e altri analoghi garantiscono la conformità del prodotto alle norme di sicurezza e funzionali, verificata da enti terzi indipendenti con una serie di prove e controlli. I marchi di qualità forniscono a utilizzatori, installatori e rivenditori una reale garanzia sulla sicurezza e qualità dei prodotti e valgono nei maggiori Paesi industrializzati, compresi quelli al di fuori della UE. La marcatura CE e i marchi di qualità possono coesistere sullo stesso prodotto, ma devono essere ben distinti l'uno dall'altro per non creare confusione.

La **marcatura CE** può essere messa sul prodotto o, se ciò non è possibile, sull'imballaggio o sulle avvertenze d'uso o sulla garanzia. È responsabile dell'apposizione il fabbricante, l'importatore o chiunque metta in commercio il prodotto. **Chi acquista il prodotto** deve accertarsi dell'esistenza della marcatura CE. In caso contrario, la legislazione europea e quella nazionale prevedono specifiche sanzioni.

Sono soggetti alla marcatura CE tutti i prodotti elettrici, compresi cavi, tubi e canali protettivi, interruttori automatici, trasformatori, alimentatori, apparecchi di illuminazione, termostati, caricabatteria, temporizzatori, apparecchi elettronici di misura, elettrodomestici, utensili e apparecchi elettrici in genere.

L'Istituto italiano del Marchio di Qualità (IMQ) controlla e certifica prodotti e sistemi.

IMQ, ente senza scopo di lucro, è nato nel 1951 con il compito di verificare e certificare che i prodotti elettrici o a gas non rappresentino un pericolo per l'utente.

L'obiettività e l'indipendenza dell'attività dell'Istituto è garantita dall'autorevolezza di soci e fondatori:

- il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI);
- la Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni (AEIT);
- ENEL S.p.A.;
- la Federazione Nazionale Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche (ANIE Federazione);
- il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR);
- numerosi ministeri;
- Confederazione Generale dell'Industria Italiana (Confindustria).

Quando un costruttore fa domanda d'uso del marchio IMQ per una categoria dei suoi prodotti, l'Istituto accerta anzitutto che lo stabilimento sia atto a garantire la qualità del prodotto, esaminando personale, attrezzature, mezzi di produzione, procedure di prova e verifica.

Successivamente, l'Istituto esegue nei propri laboratori le prove di tipo su ogni prodotto per il quale è stato richiesto l'uso del marchio. Solo dopo il superamento di tutte le prove richieste, il prodotto potrà fregiarsi dell'ambito marchio IMQ.

Il marchio così ottenuto sta a significare che il costruttore si impegna a mantenere la produzione in costante conformità alle norme e a sottostare a periodiche prove di controllo.

L'Istituto stesso, con ispezioni non preannunciate, preleva nelle aziende dei campioni per le verifiche di laboratorio.

Quello svolto dall'IMQ è un servizio di utilità pubblica. Il marchio consente di riconoscere a prima vista i prodotti sicuri e, se ciò è vero per il consumatore comune, lo è tanto più per gli enti, le aziende e le imprese che acquistano apparecchi e materiali destinati ad essere usati dalla collettività, con le relative implicazioni di responsabilità.

Il marchio IMQ non è però meno utile per gli stessi costruttori, rivenditori e installatori, perché attesta che i loro prodotti sono pienamente in regola con le norme di sicurezza.

Il marchio IMQ è il passaporto per tutto il mondo: intese bilaterali e multilaterali tra istituti collegano, infatti, IMQ con tutti i Paesi industrializzati.

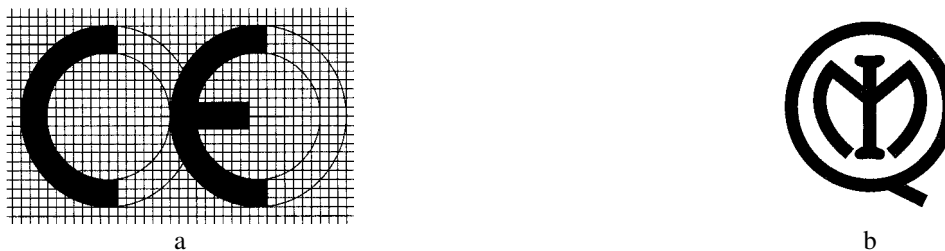


Fig. 1.6 - a) Costruzione del simbolo per la marcatura CE - b) Simbolo IMQ.

Anche all'estero esistono vari enti di controllo che rilasciano i rispettivi marchi di omologazione (tab. 1.2). L'uso di determinate apparecchiature è possibile solo se le stesse sono dotate di un particolare marchio. In alcuni Paesi, come, per esempio, gli Stati Uniti e il Canada, il marchio è obbligatorio e l'uso di determinate apparecchiature è vincolato alla presenza del marchio stesso.

OMOLOGAZIONI E MARCHI										
Abbreviazione Nazione	SEV Switzerland	DEMKO Denmark	NEMKO Norway	EL. inspect. Finland	SEMKO Sweden	CSA Canada	UL USA	VDE Germany	IMQ Italia	Kema Olanda

Tab. 1.2 - Principali marchi mondiali per le apparecchiature elettriche.

Per quanto riguarda la certificazione dei sistemi di qualità nelle aziende, in questi ultimi anni, le normative internazionali hanno cercato di approfondire e chiarire, nell'interesse di tutti, il concetto di qualità, arrivando a darne una definizione chiara: *la qualità non è altro che la volontà di perseguire la completa soddisfazione del cliente, senza nulla togliere, ma anche senza nulla aggiungere.*

Ogni azienda non ha quindi che una possibilità: soddisfare il cliente nel miglior modo possibile. Le aziende si muovono ed operano da sempre in concorrenza tra loro, in nome di questo obiettivo tanto semplice e pratico.

Di conseguenza, si è avvertita l'esigenza di studiare come raggiungere questo scopo nel modo migliore e meno dispendioso e di stabilire criteri di validità generale per tutte le realtà del mercato.

Le normative ISO 9000 (*International Organization of Standardization*) sono il risultato di tale necessità e sono ormai un riferimento universalmente riconosciuto per il conseguimento di un Sistema Qualità, cioè di quel complesso di attività, processi e procedure messi in atto per la conduzione aziendale di qualità.

La norma internazionale ISO 9000, corrispondente alla norma europea EN29000 e italiana UNI EN2900 (*Ente Nazionale Italiano di Unificazione*), definisce il Sistema Qualità come "la struttura organizzativa, le responsabilità, le procedure, i procedimenti e le risorse messe in atto per la conduzione aziendale e per la qualità".



Fig. 1.7 - Esempio di certificazione nel quale si attesta che la ditta Olidata progetta, produce, distribuisce, installa ed assiste computer ed accessori con relative periferiche in conformità alla norma UNI (italiana) EN (europea) ISO (internazionale) 9001.

Si tratta di una norma generale da cui derivano norme specifiche valide per le varie situazioni aziendali con le corrispondenze ISO, UNI EN viste per la norma ISO 9000.

L'insieme delle procedure è di regola descritto in un **manuale di qualità**, secondo le seguenti normative:

- ISO 9001 (corrispondente alla norma europea/italiana UNI EN29001) – Criteri per l'assicurazione o garanzia della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza;
- ISO 9002 (corrispondente alla norma europea/italiana UNI EN29002) – Criteri per l'assicurazione o garanzia della qualità nella fabbricazione e nell'installazione;
- ISO 9003 (corrispondente alla norma europea/italiana UNI EN29003) – Criteri per l'assicurazione o garanzia della qualità nei controlli e nei collaudi finali;
- ISO 9004 (corrispondente alla norma europea/italiana UNI EN29004) – Criteri riguardanti la condizione aziendale per la qualità e i sistemi qualità aziendali.

La certificazione secondo le norme non fa altro che riconoscere e testimoniare, ove esistente, la corretta gestione aziendale per il conseguimento della qualità, mentre negli altri casi fornisce quelle elementari regole di base che sono il fondamento per giungere a tale scopo.


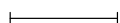

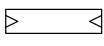

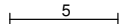






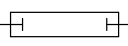


L'azienda, per controllare le proprie attività e ottenere la certificazione, utilizza vari mezzi, come, per esempio, controlli statistici di qualità (CSQ) sui processi produttivi, raccolta di dati e relativa analisi statistica sui prodotti di un determinato lotto di produzione. Le aziende che lavorano in conformità ai requisiti di evidenza e trasparenza che ispirano la norma, ottengono la certificazione ISO 9000 che determina una crescita dell'azienda e, conseguentemente, una crescita del livello competitivo.









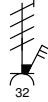


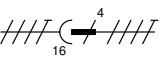


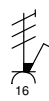
1.3 Segni grafici per impianti elettrici civili







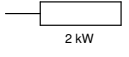






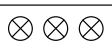
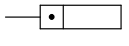


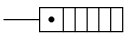


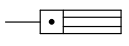


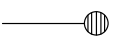
Di seguito sono illustrati i segni grafici maggiormente utilizzati per la preparazione degli schemi di impianti elettrici civili; per un eventuale approfondimento si rimanda, come si è detto, alla consultazione delle norme CEI.









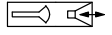

Segni di uso generale, conduttore e dispositivi di connessione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Corrente continua (DC)		Conduttura in tubo protettivo incassata		Cassetta, segno generale		Canalizzazione, gomito
	Corrente alternata (AC)		Es. di conduttura costituita da due cavi da 1,5 mm ² , posti entro un tubo protettivo incassato, del diametro esterno di 16 mm		Cassetta di derivazione		Canalizzazione, connessione a T
	Polarità positiva		Linea sotterranea		Cassetta terminale di allacciamento d'utente		Canalizzazione, connessione a quattro vie
	Polarità negativa		Linea aerea		Linea con valvola d'arresto del gas o dell'olio		Canalizzazione, incrocio di due canalizzazioni o condutture senza connessione (es. due condutture a livelli diversi)
	Neutro		Canalizzazione composta da sei condotti		Quadro di distribuzione (un circuito di ingresso, cinque circuiti di uscita)		Canalizzazione, elemento flessibile
	Mediano		Connessioni di due circuiti a due condutture per circuiti multifilari		Scatola per frutti contenente un deviatore e una presa		Canalizzazione, elemento diritto con cassetta per apparecchiature; l'asterisco deve essere sostituito dalla designazione appropriata dell'apparecchiatura
	Circuito a due conduttori per circuiti multifilari		Connessioni di due circuiti a due condutture per circuiti unifilari		Terra, segno generale		Canalizzazione, elemento diritto con derivazione fissa che comprende una presa con contatto di protezione
	Conduttore di protezione		Derivazione (forma 1)		Terra di protezione		
	Conduttore neutro		Derivazione (forma 2)		Massa, telaio		
	Conduttore trifase		Doppia derivazione (forma 1)		Equipotenzialità		
	Es. di linea tripolare con conduttore di protezione e conduttore neutro		Doppia derivazione (forma 2)		Terra senza rumore		
	Conduttore a parete		Conduttura ascendente		Punto di connessione conduttori		
	Conduttura incassata		Conduttura discendente		Canalizzazione elemento diritto (si differenzia dal segno grafico topografico di apparecchio di illuminazione a tubi fluorescenti per la lunghezza)		
	Cassetta di connessione		Conduttura verticale passante		Canalizzazione, elemento costituito da due elementi diritti assemblati		

Apparecchi e dispositivi di comando e protezione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Interruttore, segno generale		Fusibile		Interruttore automatico quadripolare con sganciatore termico e relè di massima corrente a soglia		Bobina di comando di un relè rapido (attrazione e ricaduta rapida)
	Interruttore con lampada spia		Interruttore di potenza		Interruttore bipolare non automatico		Bobina di comando di un relè a rimanenza
	Variatore di intensità luminosa		Interruttore di potenza comandato con comando rotativo		Contatto di chiusura		Bobina di comando di un relè polarizzato
	Interruttore unipolare		Interruttore di potenza ad apertura automatica		Contatto di apertura		Temporizzatore per schemi topografici
	Interruttore bipolare		Interruttore di potenza ad apertura automatica, differenziale		Contatto di chiusura con comando a pulsante NO (ritorno automatico, aperto a riposo)		Bobina di comando di un relè con ritorno alla ricaduta e all'attrazione
	Interruttore unipolare a tirante		Interruttore di potenza ad apertura automatica, termico		Contatto di apertura con comando a pulsante NC (ritorno automatico, chiuso a riposo)		Bobina di comando di un relè a corrente alternata
	Interruttore unipolare a perella		Interruttore di potenza ad apertura automatica, magnetotermico		Bobina di comando, segno grafico generale		Bobina di comando di un relè a risonanza meccanica (es. 50 Hz)
	Commutatore unipolare		Interruttore di potenza ad apertura automatica, magnetotermico e differenziale (rappresentazione unifilare)		Bobina di comando con avvolgimento unico		Bobina di comando di un relè ad aggancio meccanico
	Deviatore unipolare		Interruttore automatico magnetotermico bipolare con due poli protetti		Bobina di comando con due avvolgimenti separati, rappresentazione raggruppata		Bobina di comando di un relè insensibile alla corrente alternata
	Invertitore		Interruttore automatico magnetotermico tripolare con tre poli protetti		Bobina di comando con due avvolgimenti separati, rappresentazione separata		Contatore di impulsi elettrici
	Pulsante		Interruttore automatico magnetotermico quadripolare con quattro poli protetti		Relè con comando elettromagnetico (contatto in chiusura)		Bobina di comando di un relè generatore di impulsi
	Pulsante a tirante		Interruttore automatico magnetotermico e differenziale quadripolare con quattro poli protetti (rappresentazione multifilare)		Bobina di comando di un relè con ritardo all'attrazione		Dispositivo di comando di un relè termico
	Pulsante luminoso		Interruttore automatico magnetotermico bipolare con un solo polo protetto		Bobina di comando di un relè con ritardo all'attrazione, con un contatto ritardato alla chiusura		
	Pulsante ad accesso protetto		Interruttore automatico magnetotermico bipolare, con contatti ausiliari di apertura e chiusura		Bobina di comando di un relè con ritardo alla ricaduta		

Lampade e apparecchi ausiliari							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Lampada, segno generale, lampada di segnalazione Colore: RD = Rosso YE = Giallo GN = Verde BU = Blu WH = Bianco Tipo di lampada: Ne = Neon Xe = Xenio Na = Vapori di sodio Hg = Mercurio I = Iodio IN = Incandescenza EL = Elettroluminescenza ARC = Arco FL = Fluorescenza IR = Infrarosso UV = Ultravioletto LED = Diodo elettroluminescente ⌋L = Lampeggiante		Apparecchio di illuminazione a tubi fluorescenti		Proiettore		Lampada fluorescente rettilinea
	Esempio di punto luce da 60 W		Apparecchio di illuminazione a 5 tubi fluorescenti		Proiettore a fascio stretto		Starter per lampada fluorescente
	Punto luce a parete rappresentato con conduttura		Complesso autonomo di illuminazione di sicurezza		Proiettore a fascio largo		Accenditore per lampade a scarica
	Lampada slimline		Apparecchio di illuminazione di sicurezza su circuito speciale		Apparecchio ausiliario per lampada a scarica		

Prese							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Preso o polo di presa, segno generale		Preso con interruttore unipolare interbloccato		Preso per telecomunicazioni: TV = Televisione M = Microfono TP = Telefono TX = Telex TD = Filodiffusione MF = Modulazione di frequenza  = Altoparlante		Preso bipolare da 16 A con interruttore bipolare interbloccato e contatto per il conduttore di protezione
	Preso multipla, es. con 3 uscite		Preso con interruttore		Preso e spina (femmina e maschio)		Preso tripolare da 32 A con interruttore tripolare interbloccato e contatto per il conduttore di protezione
	Preso con trasformatore di isolamento		Preso con fusibile		Accoppiamento presa/spina tripolare da 16 A con contatto per il conduttore di protezione		
	Preso con contatto per conduttore di protezione		Preso di sicurezza		Preso bipolare da 16 A con interruttore unipolare interbloccato e contatto per il conduttore di protezione		

Segnalazione e apparecchi vari							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Lampada di segnalazione, segno generale		Tromba elettrica		Orologio marca tempo		Ventilatore con conduttura elettrica
	Lampada di segnalazione lampeggiante		Fischio con comando elettrico		Apparecchio elettrodomestico con conduttura, es. potenza 2 kW		Interruttore orario
	Lampada di segnalazione alimentata da trasformatore incorporato		Quadro di segnalazione a cartellini		Apparecchio elettrodomestico con solo elemento riscaldante con conduttura		Pompa
	Suoneria		Quadro di segnalazione luminoso		Apparecchio elettrodomestico con conduttura, con motore elettrico		
	Suoneria ad un colpo		Indicatore ottico a comando elettromeccanico		Apparecchio elettrodomestico con conduttura, con motore elettrico ed elemento riscaldante		
	Ronzatore o cicala		Blocco elettrico con serratura		Apparecchio elettrodomestico con conduttura, con motore elettrico ed elemento refrigerante		
	Sirena		Serratura elettrica		Scalda acqua con conduttura elettrica		

Apparecchi per le telecomunicazioni							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Altoparlante		Microtelefono		Interfono, citofono		Antenna, segno generale
	Auricolare, ricevitore telefonico		Ricevitore televisivo		Apparecchio telefonico		
	Microfono		Videocitofono		Ricevitore di telecopia (fax)		

1.4 Segni grafici per impianti elettrici industriali

Di seguito sono illustrati i segni grafici maggiormente utilizzati per la preparazione degli schemi di impianti elettrici industriali; si rimanda, come si è detto, per un eventuale approfondimento alla consultazione delle norme CEI.

Segni di uso generale, conduttori e dispositivi di connessione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Conduttore, gruppo di conduttori di fasi, linea, cavo, circuito		Equipotenzialità		Collegamento meccanico corto		Comando a pulsante
	Circuito a due conduttori di fasi o polarità diverse		Terra, segno generale		Ritorno non automatico		Comando per effetto di prossimità
	Indicazione della polarità sui circuiti a corrente continua		Terra senza rumore		Ritorno automatico		Comando a sfioramento
	Circuito trifase, 50 Hz, 400 V, 230 V tra fase e neutro, tre conduttori di fase e neutro		Terra di protezione		Interblocco meccanico		Comando sensibile alla prossimità con magneti permanente
	Conduttori non connessi elettricamente		Variabilità estrinseca Es. resistenza variabile con un comando esterno (potenziometro)		Dispositivo di aggancio libero		Comando a camme
	Conduttori connessi elettricamente con connessione mobile per ragioni funzionali		Variabilità estrinseca non lineare Es. resistenza variabile con un comando esterno		Dispositivo di bloccaggio		Comando di sicurezza (pulsante a fungo)
	Conduttori connessi elettricamente con connessione fissa (doppia derivazione)		Variabilità intrinseca (es. resistenza variabile in funzione di una tensione (VDR), di una temperatura, ecc.)		Dispositivo di bloccaggio inserito		Comando a chiave
	Conduttori connessi elettricamente con connessione fissa (derivazione)		Variabilità intrinseca non lineare (es. resistenza variabile in funzione di una tensione, di una temperatura, ecc.)		Accoppiamento disinnestato		Comando ad orologio elettrico
	Conduttore o cavo flessibile		Variabilità a 5 gradini		Accoppiamento innestato		Comando a pedale
	Conduttori in cavo (es. 3)		Aggiustaggio (taratura)		Freno		Comando a leva
	Cambio di sequenza di fase		Regolazione automatica		Motore elettrico con freno inserito		Comando a motore elettrico
	Presina (femmina) o polo di una presina		Forza o movimento di traslazione nel verso della freccia		Motore elettrico con freno disinserito		Comando elettromagnetico
	Spina (maschio) o polo di una spina		Forza o movimento nei due versi		Movimento ritardato Movimento ritardato nel senso dello spostamento dell'arco verso il proprio centro		Comando idraulico o pneumatico a semplice effetto
	Presina e spina tripolare (circuiti multifilari)		Rotazione unidirezionale nel senso della freccia, es. in senso orario		Comando meccanico manuale		Comando dopo un certo numero di eventi (es. contatore di impulsi elettrici)
	Presina e spina tripolare (circuiti unifilari)		Rotazione bidirezionale		Comando a tirante		Comando per effetto di un flusso di gas
	Massa, collegamento a massa		Collegamento meccanico		Comando rotativo		Comando per effetto del livello di un fluido

Segni di uso generale, conduttori e dispositivi di connessione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Comando per la presenza di una portata fluida		Comando per la presenza di una certa pressione		Comando per effetto elettromagnetico		Comando per effetto termico

Apparecchi e dispositivi di comando e protezione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Funzione di contatto di posizione (es. fincorsa)		Contatto a due vie e a tre posizioni, con posizione centrale di apertura		Contatto di apertura ritardato all'apertura		Contatto di chiusura con comando a tirante (ritorno automatico)
	Funzione di posizione mantenuta		Contatto a due chiusure		Contatto di apertura ritardato alla chiusura		Contatto di apertura con comando a tirante (ritorno automatico)
	Funzione di ritorno automatico		Contatto a due aperture		Insieme di contatti con un contatto di chiusura non ritardato, un contatto di chiusura ritardato all'apertura ed un contatto di apertura ritardato all'apertura		Contatto di chiusura con comando a pulsante con due contatti (ritorno automatico)
	Funzione di contatto-re		Contatto di passaggio con chiusura momentanea durante l'azione		Contatto di chiusura a ritorno automatico		Contatto di chiusura con comando di sicurezza con pulsante a fungo (ritorno automatico)
	Funzione di interruttore (di potenza)		Contatto di passaggio con chiusura momentanea durante il rilascio		Contatto di chiusura a posizione mantenuta		Contatto di apertura con comando di sicurezza con pulsante a fungo (ritorno automatico)
	Funzione di sezionatore		Contatto di passaggio con chiusura momentanea durante l'azione e durante il rilascio		Contatto di apertura a ritorno automatico		Contatto di chiusura comandato da un dispositivo sensibile alla prossimità (es. porre la sigla "Fe" per indicare il ferro)
	Funzione di interruttore di manovra-sezionatore		Contatto di chiusura anticipato (chiude in anticipo rispetto agli altri contatti di uno stesso gruppo)		Contatto a due vie e tre posizioni con posizione centrale di interruzione, a ritorno automatico per la posizione di sinistra ed a posizione mantenuta per la posizione di destra		Contatto di chiusura comandato da un dispositivo sensibile alla prossimità (con magneti permanente di comando)
	Funzione di apertura automatica		Contatto di chiusura ritardato (chiude in ritardo rispetto agli altri contatti di uno stesso gruppo)		Contatto di chiusura con comando manuale, segno generale		Contatto di chiusura sensibile alla grandezza indicata nel rettangolo (es. porre la lettera "p" per indicare pressione)
	Contatto di chiusura (NA) forma 1		Contatto di apertura ritardato (apre in ritardo rispetto agli altri contatti di uno stesso gruppo)		Contatto di apertura con comando manuale, segno generale		Contatto di chiusura di un relè termico
	Contatto di chiusura (NA) forma 2		Contatto di apertura anticipato (apre in anticipo rispetto agli altri contatti di uno stesso gruppo)		Contatto di chiusura con comando rotativo (senza ritorno automatico)		Contatto di apertura di un relè termico
	Contatto di apertura (NC)		Contatto di chiusura ritardato alla chiusura		Contatto di apertura con comando rotativo (senza ritorno automatico)		Contatto di chiusura sensibile alla temperatura
	Contatto di scambio con interruzione momentanea		Contatto di chiusura ritardato all'apertura		Contatto di chiusura con comando a pulsante		Contatto di apertura sensibile alla temperatura
	Contatto di scambio senza interruzione		Contatto di chiusura ritardato all'apertura e alla chiusura		Contatto di apertura con comando a pulsante		Contatto di apertura funzionante per effetto termico diretto (es. bimetallo)

Apparecchi e dispositivi di comando e protezione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Contatto funzionante per inerzia		Contattore ad apertura automatica con fusibile funzionante per effetto termico		Interruttore unipolare di manovra-sezionatore		Fusibile con percussore e con circuito di segnalazione, a tre morsetti
	Contatto di posizione di chiusura (es. finecorsa)		Contattore ad apertura automatica		Interruttore unipolare di manovra-sezionatore ad apertura automatica		Scaricatore
	Contatto di posizione di apertura (es. finecorsa)		Interruttore di potenza		Interruttore unipolare di manovra-sezionatore con fusibile non incorporato		Spinterometro
	Tubo a scarica nel gas con bimetallo (es. starter per lampada fluorescente)		Interruttore di potenza comandato con comando rotativo		Sezionatore con fusibile incorporato		Spinterometro doppio
	Contatto a mercurio a 4 terminali		Interruttore di potenza ad apertura automatica		Interruttore unipolare di manovra-sezionatore con fusibile incorporato		Limitatore di tensione nel gas, simmetrico
	Contatto a mercurio a 3 terminali		Interruttore di potenza ad apertura automatica, differenziale		Interruttore di manovra con fusibile incorporato, segno generale		Relè di misura (I simboli letterali delle grandezze debbono essere in accordo con le norme esistenti; i segni distintivi si trovano nella norma CEI 3-14)
	Elemento di commutazione unipolare		Interruttore di potenza ad apertura automatica, termico		Fusibile, segno generale		Tensione di guasto a terra
	Commutatore 1 via 3 posizioni		Interruttore di potenza ad apertura automatica, magnetotermico		Inserzione di un fusibile su un circuito a due conduttori (rappresentazione unifilare e multifilare)		Tensione di guasto a massa
	Commutatore 2 vie 3 posizioni		Interruttore bipolare di potenza ad apertura automatica, magnetotermico e differenziale (rappresentazione unifilare)		Inserzione di due fusibili su un circuito a due conduttori (rappresentazione unifilare e multifilare)		Corrente differenziale
	Commutatore a 4 posizioni, per 4 circuiti indipendenti a comando manuale		Interruttore tripolare di potenza ad apertura automatica, magnetotermico (rappresentazione multifilare)		Fusibile con indicazione dell'estremità che rimane sotto tensione		Potenza relativa all'angolo di fase α
	Commutatore voltmetrico		Interruttore quadripolare di potenza ad apertura automatica, magnetotermico e differenziale (rappresentazione multifilare)		Fusibile con percussore		Potenza reattiva
	Contattore (contatto di chiusura)		Sezionatore unipolare a semplice interruzione		Fusibile estraibile con funzione di sezionamento		Frequenza
	Contattore (contatto di chiusura)		Sezionatore unipolare a 2 vie e a 3 posizioni con posizione centrale di apertura		Fusibile con percussore e con circuito di segnalazione separato		Temperatura (θ può essere sostituito da t)

Apparecchi e dispositivi di comando e protezione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
>	Funzionamento quando la grandezza caratteristica è superiore al valore di taratura		Dispositivo sensibile alla prossimità di tipo capacitivo, con uscita a contatto in chiusura		Bobina di comando di un relè con ritardo all'attrazione, con un contatto ritardato alla chiusura		Avviatore regolabile
<	Funzionamento quando la grandezza caratteristica è inferiore al valore di taratura		Relè Buchholz		Bobina di comando di un relè polarizzato		Avviatore per entrambi i sensi di marcia
≧	Funzionamento quando la grandezza caratteristica è maggiore di un limite superiore stabilito o è minore di un limite inferiore stabilito di taratura		Bobina di comando, segno grafico generale		Bobina di comando di un relè rapido (attrazione e ricaduta rapide)		Avviatore stella/triangolo
○	Numero di eventi (es. contaimpulsi)		Bobina di comando con avvolgimento unico		Bobina di comando di un relè a rimanenza		Avviatore per cambiamento del numero dei poli (es. 8/4 poli)
◊	Livello di un fluido		Bobina di comando con due avvolgimenti separati, rappresentazione raggruppata		Dispositivo di comando di un relè termico		Motore asincrono trifase con avviatore controllato da contattori per i due sensi di marcia
◻	Presenza di una portata fluida		Bobina di comando con due avvolgimenti separati, rappresentazione separata		Contatore di impulsi elettrici o contaimpulsi		Avviatore/regolatore per motore a corrente continua a tiristori
◻	Flusso di gas		Bobina di comando di un relè con ritardo alla ricaduta		Regolatore automatico		Dispositivo di comando di un relè elettronico
⌋	Effetto termico		Bobina di comando di un relè con ritardo all'attrazione		Regolatore automatico di corrente		Interruttore statico, segno generale
⌋	Effetto elettromagnetico		Bobina di comando di un relè con ritardo alla ricaduta e all'attrazione		Regolatore automatico di corrente		Relè statico, segno generale rappresentato con contatto di chiusura a semiconduttore
◊	Effetto di prossimità		Bobina di comando di un relè a corrente alternata		Regolatore automatico del numero di giri		Contattore statico (semiconduttore)
◻◊	Effetto di prossimità per avvicinamento di un magnete		Bobina di comando di un relè a risonanza meccanica (es. 500 Hz)		Regolatore automatico del fattore di potenza		
◊	Effetto di prossimità sensibile al tocco (sfioramento)		Bobina di comando di un relè ad aggancio meccanico		Avviatore, segno grafico generale		
	Dispositivo sensibile alla prossimità con uscita a contatto in chiusura		Bobina di comando di un relè insensibile alla corrente alternata		Avviatore a gradini (es. 6 gradini)		

Semiconduttori							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Diode a semiconduttore		Diode fotosensibile		Transistor NPN fotosensibile (fototransistor NPN)		Tiristore triodo, segno grafico generale (SCR)
	Diode Zener		Raddrizzatore a due semionde a ponte monofase		Accoppiatore ottico rappresentato con diode emettitore di luce e fototransistor		Diode bidirezionale (Diac)
	Diode emettitore di luce (LED)		Raddrizzatore a ponte monofase (rappresentazione unifilare)		Transistor a giunzione unica con base tipo N		Tiristore triodo bidirezionale (Triac)
	Diode tunnel		Raddrizzatore a ponte trifase (rappresentazione unifilare)		Transistor a giunzione unica con base tipo P		Accoppiatore ottico rappresentato con diode emettitore di luce e fototriac
	Diode il cui impiego è legato all'effetto della temperatura		Transistor NPN		Transistor ad effetto di campo con elettrodo di comando connesso al substrato e canale di tipo N		Varistore (VDR)
	Diode Zener, bidirezionale (Trisil)		Transistor PNP		Transistor ad effetto di campo con elettrodo di comando connesso al substrato e canale di tipo P		Fotoresistore
	Cellula fotovoltaica		Generatore fotovoltaico				

Apparecchi di controllo							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Convertitore di segnale segno generico		Trasduttore di accelerazione		Trasduttore di forza		Trasduttore di prossimità
	Convertitore di segnale con separazione galvanica		Trasduttore di deformazione		Trasduttore di frequenza		Trasduttore di rumore
	Convertitore di segnale con uscita analogica senza separazione galvanica		Trasduttore di spostamento angolare		Trasduttore di livello		Trasduttore di velocità lineare
	Convertitore di segnale con uscita analogica e separazione galvanica		Trasduttore di spostamento lineare		Trasduttore di portata		Trasduttore di vibrazioni
	Convertitore di segnale con uscita digitale senza separazione galvanica		Trasduttore di temperatura		Trasduttore di pressione		












Elementi analogici e digitali							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Segno grafico di identificazione di segnali numerici o binari		Convertitore analogico digitale che converte un segnale analogico entrante variabile nel campo 4-20 mA in 4 uscite pesate binarie		AND con uscita negata (NAND)		Elemento bistabile tipo RS
	Segno grafico di identificazione di segnali analogici		Elemento OR, segno generale (L'uscita si trova allo stato interno 1 se, e solo se, uno o più ingressi sono allo stato 1)		Elemento OR ESCLUSIVO (L'uscita è allo stato interno 1 se uno, e solo uno, dei due ingressi è allo stato interno 1)		Multiplexore (multiplexer), segno grafico generale

Elementi analogici e digitali							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Convertitore numerico (digitale) analogico, segno grafico generale		Elemento AND, segno grafico generale (L'uscita è allo stato 1 se, e solo se, tutti gli ingressi sono allo stato 1)		Elemento INVERTITORE (L'uscita è allo stato esterno 0 se, e solo se, l'ingresso è allo stato esterno 1)		Demultiplicatore (demultiplexer), segno grafico generale
	Convertitore analogico numerico (digitale), segno grafico generale		OR con uscita negata (NOR)		Elemento BUFFER (L'uscita è allo stato interno 1 se, e solo se, l'ingresso è allo stato 1)		

Resistori, induttori, condensatori							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Resistore, segno generale		Resistore variabile con la temperatura, coefficiente di temperatura non lineare positivo		Avvolgimento o induttore a prese fisse (es. con due prese fisse)		Condensatore polarizzato (es. elettrolitico)
	Resistore variabile		Elemento riscaldante		Avvolgimento o induttore con contatto mobile a variazione a gradini		Condensatore variabile
	Resistore variabile con contatto mobile a cursore		Derivatore		Induttore con nucleo magnetico e traferro		
	Resistore con prese fisse (es. con due prese fisse)		Bobina o induttore, avvolgimento		Induttore con nucleo magnetico		
	Potenzometro con contatto mobile		Avvolgimenti (il numero degli archetti è in relazione alle differenze degli avvolgimenti)		Condensatore		

Trasformatori, motori, generatori							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Trasformatore a due avvolgimenti, segno generale (rappresentazione unifilare)		Trasformatore trifase a due avvolgimenti (rappresentazione multifilare)		Trasformatore di tensione (TV) a due avvolgimenti (rappresentazione unifilare)		Autotrasformatore trifase con collegamento a stella (rappresentazione unifilare)
	Trasformatore a due avvolgimenti, segno generale (rappresentazione multifilare)		Trasformatore trifase collegamento stella-triangolo (rappresentazione multifilare)		Trasformatore di tensione (TV) a due avvolgimenti (rappresentazione multifilare)		Autotrasformatore trifase con collegamento a stella (rappresentazione multifilare)
	Trasformatore a due avvolgimenti		Trasformatore di corrente (TA) a due avvolgimenti (rappresentazione unifilare)		Autotrasformatore (rappresentazione unifilare)		Trasformatore monofase con presa centrale su di un avvolgimento (rappresentazione unifilare)
	Trasformatore a tre avvolgimenti separati (rappresentazione unifilare)		Trasformatore di corrente (TA) a due avvolgimenti (rappresentazione multifilare)		Autotrasformatore monofase (rappresentazione multifilare)		Trasformatore monofase con presa centrale su di un avvolgimento (rappresentazione multifilare)
	Trasformatore a tre avvolgimenti separati (rappresentazione multifilare)		Trasformatore di corrente (TA) a due avvolgimenti con primario passante (rappresentazione unifilare)		Autotrasformatore monofase con regolazione continua della tensione (rappresentazione unifilare)		Trasformatore monofase a due avvolgimenti con schermo (rappresentazione unifilare)
	Trasformatore trifase a due avvolgimenti (rappresentazione multifilare)		Trasformatore di corrente (TA) a due avvolgimenti con primario passante (rappresentazione multifilare)		Autotrasformatore monofase con regolazione continua della tensione (rappresentazione multifilare)		Trasformatore monofase a due avvolgimenti con schermo (rappresentazione multifilare)

Trasformatori, motori, generatori							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Regolatore di tensione (rappresentazione unifilare)		Motore asincrono monofase, con rotore in cortocircuito, con terminali per fase ausiliaria portati all'esterno		Avvolgimento a stella		Batteria di accumulatori o di pile
	Variatore di fase ad induzione (rappresentazione unifilare)		Motore monofase a commutatore con eccitazione in serie		Avvolgimento a stella con neutro accessibile		Generatore (segno grafico generale), per i generatori rotanti usare il segno circolare
	Macchina rotante G = generatore M = motore C = commutatore GS = generatore sincrono MS = motore sincrono MG = motore/generatore		Motore asincrono trifase con rotore avvolto (rappresentazione multifilare)		Avvolgimento unico con 6 terminali di uscita		
	Motore passo passo		Motore asincrono trifase con rotore avvolto (rappresentazione unifilare)		Avvolgimento diviso in 2 metà per collegamento serie-parallelo, con 12 terminali di uscita		
	Motore lineare		Motore asincrono trifase con rotore ad anelli a 6 morsetti statorici (rappresentazione multifilare)		Due avvolgimenti separati che non si prestano ad un collegamento serie-parallelo, con 6 terminali di uscita ciascuno (motori a poli commutabili)		
	Motore a corrente continua con eccitazione serie		Motore asincrono trifase con rotore a gabbia a 6 terminali accessibili (rappresentazione unifilare)		Avvolgimento principale (U) ed ausiliario (Z) di un motore monofase asincrono ad induzione		
	Motore a corrente continua con eccitazione separata		Motore asincrono trifase con rotore a gabbia a 3 terminali accessibili (rappresentazione multifilare)		Convertitore di corrente continua		
	Motore a corrente continua con eccitazione derivata		Motore asincrono trifase con rotore a gabbia a 3 terminali accessibili (rappresentazione multifilare)		Raddrizzatore (convertitore da corrente alternata a corrente continua)		
	Motore a corrente continua con magneti permanenti		Generatore sincrono trifase con indotto collegato a stella e neutro non accessibile		Raddrizzatore a due semionde (a ponte)		
	Motore monofase a repulsione a commutatore		Avvolgimento bifase		Convertitore di corrente continua in alternata (invertitore, inverter)		
	Motore asincrono monofase		Avvolgimento trifase a triangolo		Elemento di pila o di accumulatore		

Segnalazione e apparecchi vari							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Lampada di segnalazione, segno generale Colore: RD=Rosso YE=Giallo GN=Verde BU=Blu WH=Bianco LED=Diodo elettroluminescente		Suoneria		Sirena		Blocco elettrico con serratura
	Lampada di segnalazione lampeggiante		Suoneria ad un colpo		Tromba elettrica		Serratura elettrica
	Lampada di segnalazione alimentata da trasformatore incorporato		Ronzatore o cicala		Fischio con comando elettrico		

1.5 Identificazione degli elementi di un impianto

Quando si progetta o si gestisce un impianto elettrico, è necessario identificare mediante un codice gli oggetti e i sistemi che lo compongono.

Il codice di identificazione, secondo quanto riportato dalla norma CEI 3-34, può essere costituito da più lettere e numeri. Le lettere, prese dall'alfabeto latino, devono essere maiuscole (A, B, C, ecc.). I numeri (arabi) devono consentire la distinzione tra gli elementi contrassegnati con le stesse lettere nel codice (K1, K2, K3, ecc.).

È buona norma limitare il numero di lettere e di numeri per non appesantire il codice; inoltre, per evitare equivoci, non si devono utilizzare le vocali **O** e **I** che possono venire confuse con i numeri zero (0) e uno (1).

Il codice di identificazione può riferirsi a un singolo oggetto, a un sistema o a un intero impianto.

Secondo la norma CEI 3-43, sia l'impianto sia ciascuno degli elementi che lo compongono possono essere identificati e descritti in base a tre aspetti, vale a dire la funzione (ciò che fa), l'ubicazione (dove è installato) e il prodotto (come è costruito).

Per capire a quale dei tre aspetti si riferisce il codice di identificazione di un elemento, occorre fare riferimento al simbolo che lo precede: i prefissi =, +, - corrispondono, rispettivamente, alla funzione, all'ubicazione e al prodotto.

Al fine di identificare i punti di connessione elettrica (per esempio, morsetti) di un determinato elemento, occorre anteporre il prefisso : al codice che individua il morsetto, in modo da separarlo dal codice di identificazione dell'elemento.

Per identificare i singoli elementi di un impianto, si ricorre ad una codifica ad un solo livello, basato su uno solo dei tre aspetti citati precedentemente; per identificare, invece, la struttura di un impianto, si ricorre ad una codifica a più livelli, che è ottenuta concatenando le codifiche ad un solo livello che descrivono i vari elementi dell'impianto.

Per esempio, il codice relativo all'ubicazione dell'appartamento numero 6 (codice +06), posizionato al piano numero 4 (codice +04) della palazzina A1 (codice +A1), scala C (codice +C), può essere il seguente +A1+C+04+06.

Se i segni di prefisso dopo il primo sono tutti uguali, possono essere sostituiti da un punto, il quale può essere omissso se la designazione del codice precedente termina con un numero e la seguente inizia con una lettera. Per esempio, il codice +A1+C+04+06 diventa +A1.C.04.06 oppure, omettendo i punti dove possibile +A1C.04.06.

Il **codice di funzione** è legato allo scopo o al compito per il quale tale elemento è previsto nell'impianto, senza tenere conto della sua ubicazione e di come è realizzato.

Con questa codifica è possibile descrivere le varie funzioni svolte dagli elementi nell'impianto e la loro suddivisione in sottofunzioni; essa permette, inoltre, di individuare i componenti, gli equipaggiamenti, le apparecchiature e i circuiti che appartengono a un insieme che svolge una determinata funzione (per esempio, illuminazione ordinaria, illuminazione di sicurezza).

Il codice di funzione, preceduto dal prefisso =, è composto da lettere e da cifre. La tab. 1.3 riportata nella norma CEI 3-47 consente l'identificazione di un elemento dell'impianto, al fine di indicarne la funzione.

Vale la pena notare che i codici letterali riportati nella tab. 1.3, tratta dalla norma CEI 3-47 (EN 61346-2), sostituiscono, con alcuni cambiamenti riportati nella tab. 1.4, i precedenti codici indicati dalla norma CEI 3-34 (IEC 60750), sino ad ora utilizzati per la preparazione degli schemi elettrici.

Le cifre che seguono le lettere possono indicare, in particolare, il numero progressivo dell'elemento nell'ambito del sistema o impianto, oppure la dipendenza dell'elemento da cui è derivato, come, per esempio, nel caso delle sigle Q1.1 e Q1.2, che possono individuare, rispettivamente, due interruttori posti a valle dell'interruttore Q1.

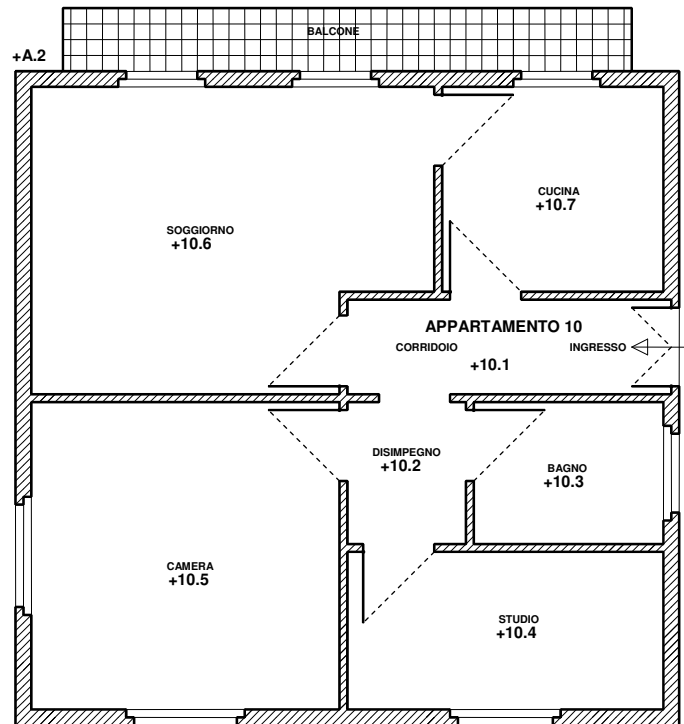


Fig. 1.8 - Esempio di numerazione dei vani di un appartamento.

Mediante il **codice di ubicazione** è possibile individuare la posizione fisica di un elemento dell'impianto.

Il codice di ubicazione, preceduto dal prefisso +, è composto da lettere e/o numeri che indicano la posizione topografica, il luogo o l'ambiente nel quale i componenti o i sistemi sono collocati.

In genere, si utilizzano sigle di carattere mnemonico e acronimi scelti dal progettista, che devono essere riportati in legenda con la relativa spiegazione.

Per la designazione degli edifici o di parti di essi (per esempio, piano e/o vano), è opportuno fare riferimento alle norme EN ISO 4157-1 e UNI EN ISO 4157-2.

Nei disegni edili, i vani sono denominati con un numero di almeno tre cifre; la prima indica il piano, le altre il numero del vano seguito, qualora fosse necessario, dalla sua denominazione. La numerazione dei vani è effettuata per ogni piano, secondo l'ordine di accessibilità dei vani stessi, iniziando dalla parte sinistra dell'edificio e muovendosi in senso orario a partire dall'accesso principale del piano.

Nell'esempio di fig. 1.8 è mostrata la numerazione di un appartamento. In questo caso il codice di ubicazione del vano numero 6 (utilizzato come soggiorno) dell'appartamento 10, posto al secondo piano (2) della palazzina A, si può scrivere: +A.2.10.6 Soggiorno.

Il **codice di prodotto** consente di classificare gli elementi di un impianto in base al modo con cui sono realizzati, costruiti e assemblati, indipendentemente dalla funzione svolta e dalla posizione fisica che occupano nell'impianto stesso. Tale codice è applicato soprattutto alle apparecchiature e ai componenti elettrici (per esempio, pulsanti, selettori, lampade di segnalazione).

Il codice di prodotto è contrassegnato dal prefisso - seguito da lettere e numeri; in particolare, sono utilizzate le lettere riportate nella tab. 1.3. Per esempio, un contattore di potenza può essere indicato con il codice -Q2. Se esso è assemblato con una terna di fusibili di protezione, il codice dei fusibili diventa -Q2-F2 oppure -Q2.F2.

Gli schemi presentati nel testo utilizzano, per semplicità, il codice di prodotto. Di conseguenza, si ricorrerà a una lettera (codice) per identificare il tipo di componente e a un numero progressivo per indicarne uno in modo specifico (si veda, per esempio, la fig. 1.1 e la fig. 1.2). In altre parole, la lettera di identificazione deve essere seguita da un numero che individua l'esemplare tra quelli dello stesso tipo (per esempio, per i pulsanti S1, S2, S3). A differenza della classificazione finora utilizzata, ora è, in primo luogo, la funzione dell'apparecchio elettrico nel rispettivo circuito a determinare il codice identificativo. Così, per esempio, nel caso di una resistenza, si utilizza:

- la lettera R, se è un normale limitatore di corrente (per esempio, un resistore);
- la lettera E, se è un elemento riscaldante;
- la lettera B, qualora si tratti di una resistenza di misura (per esempio, un derivatore di corrente).

Il colore delle lampade di segnalazione o dei pulsanti può essere indicato utilizzando le iniziali delle parole inglesi che identificano i colori (per esempio, rosso = RD, verde = GN).

Il codice di prodotto rappresenta l'elemento che collega lo schema all'installazione. Infatti, il codice deve apparire sullo schema in posizione appropriata accanto ad ogni segno grafico, mentre sull'impianto esso deve essere posto vicino o sul componente mediante l'uso di apposite targhette o anelli di identificazione. Per esempio, nella norma CEI 44-5 (Equipaggiamento elettrico delle macchine Parte 1: Regole generali), corrispondente alla norma Europea EN 60204-1 e alla IEC 204-1 (di cui è, in pratica, una traduzione testuale), si raccomanda di identificare ogni apparecchio od oggetto utilizzato con un gruppo convenzionale di lettere e/o numeri.

Codice	Funzione	Esempi e termini che descrivono la funzione	Esempi di prodotti tipici meccanici o fluidi	Esempi di prodotti tipici elettrici
A	Due o più scopi o compiti ⁽¹⁾	---	---	Schermi tattili
B	Conversione di una variabile (proprietà fisica, condizione evento) in un segnale per successiva elaborazione	Rivelazione; misurazione (acquisizione di valori); monitoraggio; rilevamento; pesatura (acquisizione di valori)	Flange tarate (per misurazione); sensori	Relè Buchholz; rivelatore di fumo, di gas; relè, elementi, derivatori, trasformatori di misura; microfoni; rivelatori di movimento; fotocellule; contatti di comando, posizione, prossimità, ecc.; sensori di prossimità, fumo, temperatura, ecc.; relè di protezione; dinamo tachimetriche; relè di sovraccarico termico; videocamere
C	Immagazzinamento di materiali, energia o informazioni ⁽²⁾	Registrazione; immagazzinamento	Barili; buffer; cisterne; contenitori; accumulatori di acqua calda; supporti per bobine di carta; accumulatori di pressione; accumulatori di vapore; serbatoi; recipienti	Buffer di immagazzinamento; batterie tampone; condensatori; registratori (di eventi, a nastro, di tensione) ⁽³⁾ ; memoria, disco rigido, memoria RAM; batterie di accumulatori; videoregistratori ⁽³⁾
D	Riservato per standardizzazioni future ⁽⁴⁾	---	---	---
E	Fornitura di energia termica o radiante ⁽⁵⁾	Raffrescamento; riscaldamento; illuminazione; irradiazione	Caldaie; congelatori, riscaldatori; lampada a gas; scambiatore di calore; reattore nucleare; lampada a paraffina; radiatore, frigorifero	Caldaie; lampade (fluorescenti, a bulbo); luminaria; riscaldatori; laser, maser; radiatori
F	Protezione diretta (attivata automaticamente) di un flusso di energia, segnali, personale, o apparecchi da condizioni pericolose o indesiderate. Comprende sistemi e apparecchi a scopo protettivo	Assorbire; sorvegliare; prevenire; proteggere; assicurare; schermare	Airbag; buffer; recinzioni; ripari; valvole per rottura tubazione; dischi di rottura; cinture di sicurezza; valvole di sicurezza; schermi; valvole termoioniche	Anodi di protezione catodica; gabbie di Faraday; fusibili; interruttori miniaturizzati; scaricatore SPD; sganciatori termici di sovraccarico
G	Produzione di un flusso di energia o di materiale. Generazione di segnali utilizzati per il rinvio di informazioni o come fonte di riferimento. Produzione di un nuovo tipo di energia, materiale o prodotto ⁽⁶⁾	Montaggio; frantumazione; smontaggio; generazione; frazionamento; rimozione di materiali; macinazione; miscelazione; produzione; polverizzazione	Soffianti; macchine per l'inserimento di componenti; nastri trasportatori (azionati); frantumatori; ventilatori; miscelatori; pompe; pompe per il vuoto	Batterie a secco; dinamo; pile a combustibile; generatori; generatori di potenza; generatori rotanti; generatori di segnali; celle solari; generatori d'onda
H	Riservato per standardizzazioni future ⁽⁷⁾	---	---	---
I	Da non usare	---	---	---
J	Riservato per standardizzazioni future	---	---	---
K	Trattamento (ricezione, trattamento e fornitura) di segnali o informazioni (esclusi gli oggetti a scopo protettivo, per i quali si veda la lettera F) ⁽⁸⁾	Chiusura, apertura, commutazione (di circuiti di controllo); ritardo; rinvio; sincronizzazione; controllo continuo	Controllori di retroazione dei fluidi; valvole pilota; posizionatori di valvole	Relè a tutto o niente, a tempo, ausiliari; dispositivi di parallelo automatici; circuiti integrati binari, analogici; CPU; microprocessori; elementi e linee di ritardo; valvole termoioniche; tubi catodici; controllori di retroazione; filtri; miscelatori a induzione; calcolatori di processo; controllori logici programmabili (PLC); transistor
L	Riservato per standardizzazioni future ⁽⁹⁾	---	---	---
M	Fornitura di energia meccanica (movimento meccanico, rotatorio o lineare) a scopo di azionamento ⁽¹⁰⁾	Comando; azionamento	Motori a combustione; azionatori per fluidi, cilindri idraulici; motori idraulici e termici; azionatori meccanici e a molla; turbine; turbine idrauliche ed eoliche	Attuatori; bobine di comando; motori elettrici; motori lineari

N	Riservato per standardizzazioni future ⁽¹¹⁾	---	---	---
O	Da non usare	---	---	---
P	Presentatori di informazioni ⁽¹²⁾	Allarme; comunicare; visualizzare; indicare; informare; misurare (presentazione di valori); presentare; stampare; avvertire	Dispositivi di segnalazione acustica; bilance (per pesature); campane; orologi; unità di visualizzazione; flussometri; contatori di gas; tubi di livello; manometri; indicatori meccanici; stampanti; vetri spia; termometri; contatori d'acqua	Dispositivi di segnalazione acustica; amperometri; campane; orologi; registratori a tracciato continuo; unità di visualizzazione; indicatori elettromeccanici; contatori di eventi e Geiger; LED; altoparlanti; dispositivi di segnalazione ottica; stampanti; voltmetri registratori; lampade di segnalazione; vibrator di segnalazione; sincronoscopi; voltmetri; wattmetri; wattorimetri
Q	Commutazione o variazione comandata di un flusso di energia, di segnali o di materiali ⁽¹³⁾	Apertura, chiusura, commutazione (flusso di energia, segnali e materiali); innesto	Freni; valvole di controllo; frizioni; porte; deflettori; saracinesche; valvole di intercettazione; otturatori; chiusure; dispositivi a chiave	Interruttori; contattori (di potenza); sezionatori; interruttori con fusibile; interruttori sezionatori con fusibile; avviatori; Transistor di potenza; dispositivi di cortocircuito a contatti striscianti interruttori automatici (di potenza); tiristori
R	Limitazione o stabilizzazione di movimento o di un flusso di energia, informazioni o materiali ⁽¹⁴⁾	Blocco; attenuazione; restrizione; limitazione; stabilizzazione	Dispositivi di blocco; valvole di non ritorno; dispositivi di attenuazione; fermi; dispositivi di interblocco; dispositivi di aggancio; flange modulatorie (per limitazione di un flusso); valvole limitatrici di pressione; riduttori; paraurti; silenziatori; meccanismi a scatto libero	Diodi; induttori; limitatori; resistori
S	Conversione di una operazione manuale in un segnale per successivo trattamento	Influenzare; controllare manualmente; selezionare	Valvole a pulsante; commutatori selettivi	Interruttori di comando; commutatori a discordanza; tastiere; penne ottiche, mouse; pulsanti; commutatori selettivi; regolatori di set-point
T	Conversione di energia in energia dello stesso tipo. Conversione di un segnale definito conservandone il contenuto di informazione. Conversione della forma di un materiale ⁽¹⁵⁾	Amplificare; modulare; trasformare; colare; comprimere; convertire; tagliare; deformare materiali; espandere; forgiare; molare; laminare; ingrandire; ridurre; ruotare	Amplificatori per fluidi; ingranaggi; trasduttori di misura; trasmettitori di misura; amplificatori di pressione; convertitori di coppia; macchine per pressofusione; macchine per stampaggio a freddo; mole (riduzione di taglia); torni; seghe	Convertitori c.a./c.c.; amplificatori; antenne; demodulatori; convertitori di frequenza; trasduttori di misura; trasmettitori di misura; modulatori; trasformatori di potenza; raddrizzatori; stazioni di conversione; convertitori di segnale; trasformatori di segnale; apparecchi telefonici; trasduttori
U	Mantenimento di oggetti in una posizione definita ⁽¹⁶⁾	Supporto; trasporto; tenuta; sostegno	Travi; cuscinetti; blocchi; scale di cavi; consolle; mensolone; attrezzature; fondazioni; ganci; isolatori; piastre di montaggio; telai di montaggio; piloni; cuscinetti a sfere	Isolatori
V	Trattamento di materiali o prodotti (compreso il trattamento preparatorio e finale) ⁽¹⁷⁾	Rivestire; pulire; disidratare; rimuovere la ruggine; seccare; filtrare; sottoporre a trattamenti termici; imballare; precondizionare; recuperare; rifinire; sigillare; separare; classificare; agitare; sottoporre a trattamenti superficiali; avvolgere	Centrifughe; apparecchi sgrassatori; apparecchi disidratatori; filtri; mole (trattamento superficiale); macchine imballatrici; rastrelli; separatori; setacci; macchine verniciatrici; aspirapolvere; lavatrici; bagnatori	Filtri
W	Guida o trasporto di energia, segnali, materiali o prodotti da un luogo all'altro	Condurre; distribuire; guidare; portare; posizionare; trasportare	Nastri trasportatori (senza azionamento); condotti; canne; scale; collegamenti (meccanici); specchi; tavola a rulli (senza azionamento); tubi; alberi; navette	Sbarre omnibus; cavi; conduttori; bus di informazioni; fibre ottiche; isolatori passanti; guide d'onda
X	Collegamenti di oggetti	Collegare; accoppiare; unire	Flange; ganci; raccordi per tubi; raccordi per oleodotti; accoppiamenti a sgancio rapido; accoppiamenti di alberi; blocchi di collegamento	Connettori; connettori ad innesto; prese a spina; morsetti; morsettiere; placche terminali
Y	Riservato per standardizzazioni future ⁽¹⁸⁾	---	---	---
Z	Riservato per standardizzazioni future ⁽¹⁹⁾	---	---	---

Tab. 1.3 - Codice letterale per la designazione dei componenti secondo le norme CEI 3-47.

N.	Note
1	Solo per gli oggetti per i quali non può essere identificato alcuno scopo o compito principale. Nella norma CEI 3-34 la lettera A indicava complessi o unità (per esempio, amplificatori a componenti discreti, laser, piastre a circuito stampato).
2	Nella norma CEI 3-34 la lettera C indicava unicamente i condensatori.
3	Utilizzato principalmente per immagazzinamento.
4	Nella norma CEI 3-34 la lettera D indicava gli operatori binari, i dispositivi di temporizzazione e/o memorizzazione (per esempio, dispositivi a circuiti integrati, memorie magnetiche, registratori).
5	Nella norma CEI 3-34 la lettera E indicava materiali e dispositivi non classificabili con le altre lettere (per esempio, dispositivi di illuminazione, dispositivi di dissipazione di calore).
6	Nella norma CEI 3-34 la lettera G indicava unicamente i generatori e gli alternatori.
7	Nella norma CEI 3-34 la lettera H indicava i dispositivi di segnalazione ottica, acustica, ecc.
8	Nella norma CEI 3-34 la lettera K indicava unicamente i relè e contattori.
9	Nella norma CEI 3-34 la lettera L indicava gli induttori, le bobine, i reattori, ecc.
10	Nella norma CEI 3-34 la lettera M indicava unicamente i motori.
11	Nella norma CEI 3-34 la lettera N indicava i circuiti integrati analogici.
12	Nella norma CEI 3-34 la lettera P indicava gli strumenti di misura e i dispositivi di prova (per esempio, apparecchi indicatori o di registrazione, contatori, orologi, generatori di segnale).
13	Se lo scopo principale è la protezione, si veda la lettera F. Per i segnali nei circuiti di controllo, riferirsi alle lettere K e S.
14	Nella norma CEI 3-34 la lettera R indicava unicamente i resistori.
15	Nella norma CEI 3-34 la lettera T indicava unicamente i trasformatori di potenza e di misura.
16	Nella norma CEI 3-34 la lettera U indicava i modulatori e i convertitori.
17	Nella norma CEI 3-34 la lettera V indicava i tubi elettronici e i dispositivi a semiconduttore (diodi, transistor, tiristori, ecc.).
18	Nella norma CEI 3-34 la lettera Y indicava gli apparecchi meccanici azionati elettricamente (valvole, freni, frizioni, ecc.).
19	Nella norma CEI 3-34 la lettera Z indicava i trasformatori adattatori di impedenza, gli equalizzatori, i limitatori di banda.

Tab. 1.4 - Note relative all'applicazione del codice letterale per la designazione dei componenti secondo le norme CEI 3-47.

1.6 Note per la preparazione di documenti utilizzati in elettrotecnica

A completamento dei segni grafici indicati nelle pagine precedenti, sono ora riportate alcune note relative all'esecuzione degli schemi elettrici, indipendentemente dal fatto che essi siano di tipo unifilare, multifilare o di funzione. Saranno prese in esame alcune indicazioni fornite dalle norme per la stesura della documentazione utilizzata in elettrotecnica.

1) Dimensione dei disegni

La norma CEI 3-36 dà innanzi tutto alcune indicazioni riguardanti il formato dei disegni, i quali è preferibile che siano realizzati su fogli di piccolo formato (A3: 29,7x42 cm o A4: 21x29,7 cm), raccolti in un fascicolo, per facilitare la consultazione.

I fogli di uno stesso documento grafico devono avere lo stesso formato.

Simbolo	Dimensioni (mm)	Note
A0	841 x 118	Da utilizzare per i documenti grafici (disegni, schemi, ecc.). Da utilizzare in posizione orizzontale.
A1	594 x 841	Da utilizzare per i documenti grafici (disegni, schemi, ecc.). Da utilizzare in posizione orizzontale.
A2	420 x 594	Da utilizzare per i documenti grafici (disegni, schemi, ecc.). Da utilizzare in posizione orizzontale.
A3	297 x 420	Da utilizzare per i documenti grafici (disegni, schemi, ecc.). Da utilizzare in posizione orizzontale.
A4	210 x 297	Da utilizzare per i documenti descrittivi (specifiche tecniche, relazioni, ecc.). Da utilizzare in posizione verticale.

Tab. 1.5 - Caratteristiche dei formati più comuni dei fogli da disegno (rifilati) secondo le norme UNI EN ISO 5457 e UNI EN ISO 216.

Questa soluzione comporta la necessità di completare i disegni con opportune indicazioni circa i collegamenti fra un foglio e l'altro.

Esistono più metodi per indicare la posizione dei segni grafici negli schemi. Il sistema di riferimento a coordinate alfanumeriche (o sistema a griglia) è applicabile a tutti i tipi di schemi.

Nel metodo suddetto (fig. 1.9), ciascun foglio è diviso in zone rettangolari che sono individuate, da numeri, da destra a sinistra (colonne) e da lettere, dal basso verso l'alto (righe).

La larghezza e l'altezza di queste zone sono in relazione alle dimensioni del formato e alla complessità dello schema.

La disposizione di ciascun segno grafico o circuito su uno schema risulta indicata dalla lettera e dal numero, che definiscono la zona nella quale si trova (per esempio, D8 oppure C7).

L'impiego di fogli di dimensioni maggiori permette di contenere tutto lo schema in un solo foglio o in pochi fogli, consentendo una migliore visione d'insieme dell'impianto; la consultazione risulta, però, meno agevole.

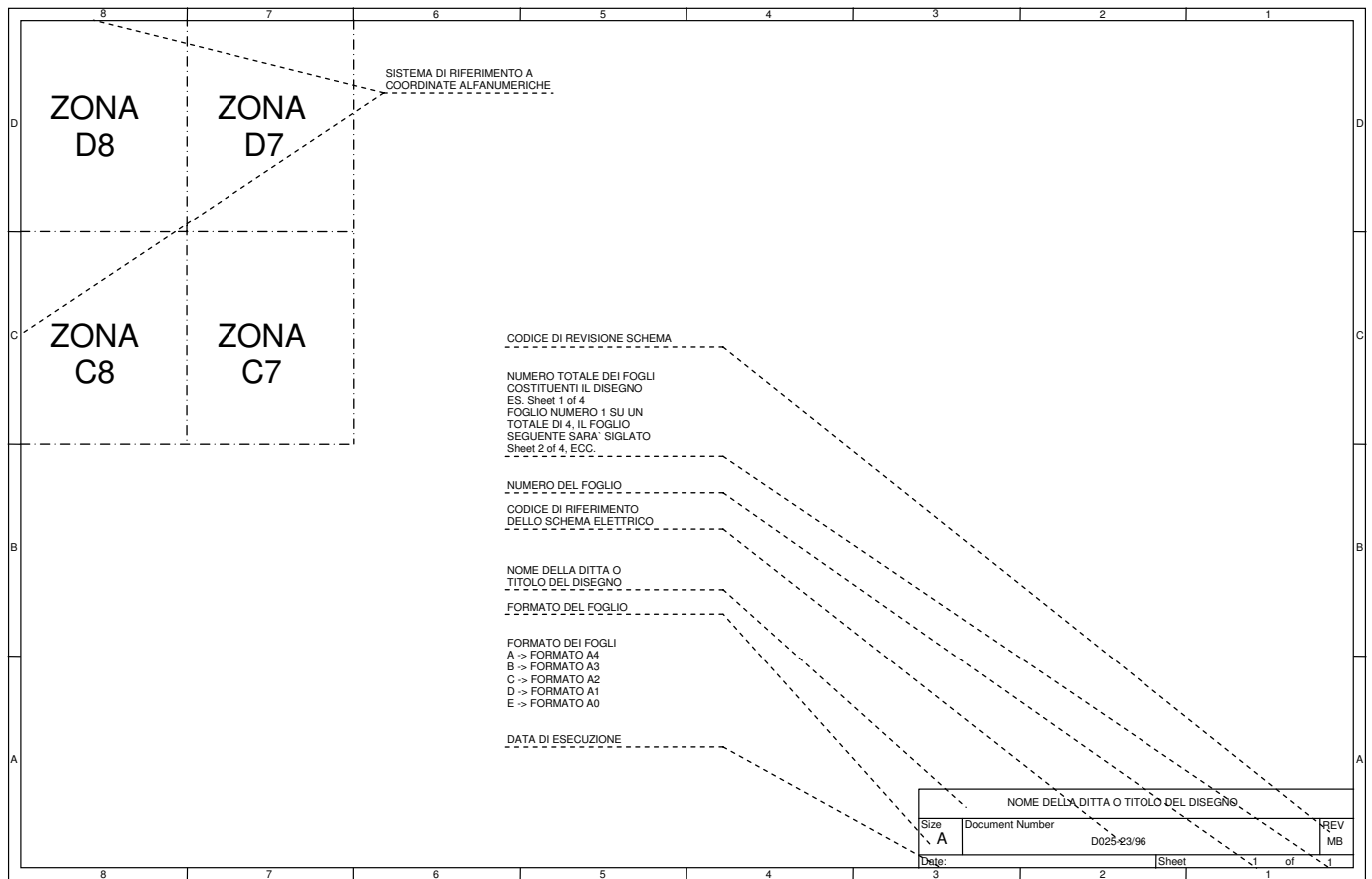


Fig. 1.9 - Esempio di cartiglio e di sistema di riferimento alfanumerico.

2) Dimensione dei segni grafici, spessore delle linee

In molti casi, il significato del segno è definito dalla sua forma. Le dimensioni e lo spessore delle linee non hanno, come regola generale, alcuna influenza sul significato.

In alcuni casi può essere necessario utilizzare dimensioni diverse per mettere in evidenza certe particolarità, oppure per facilitare l'inclusione di informazioni aggiuntive (fig. 1.10).



Fig. 1.10 - Esempi di segni grafici di diverse dimensioni per rappresentare: a) Macchine elettriche con caratteristiche particolari (motore asincrono con relativo generatore tachimetrico) - b) L'inclusione di certe particolarità in un elemento logico binario.

Anche se non appare nei disegni, per la costruzione dei segni grafici delle norme IEC e CEI è utilizzata una griglia di modulo con $M = 2,5$ mm. È consigliabile tracciare i segni grafici e gli schemi adoperando un foglio a quadretti con lato pari a 5 mm, in modo da impiegare una griglia di lato $2M$ (fig. 1.11).

Le dimensioni di un segno possono essere adattate alle esigenze del disegno, ridotte o ingrandite, conservando, però, le proporzioni originali.

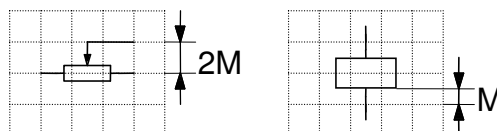


Fig. 1.11 - Esempio di costruzione di segni grafici mediante l'uso di una griglia di riferimento.

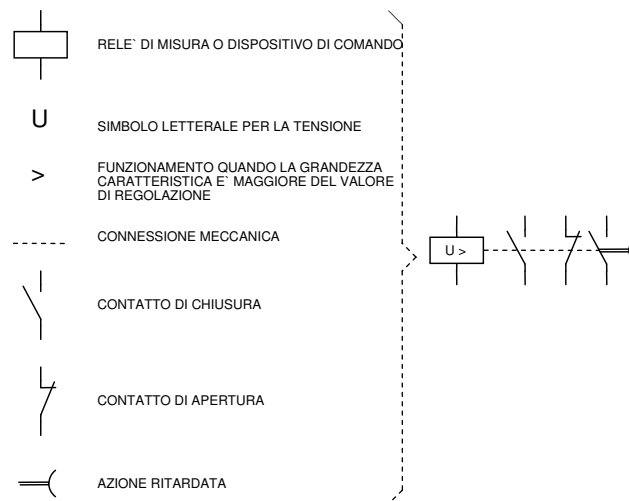


Fig. 1.12 - Esempio di costruzione di un segno grafico composto: un relè di sovratensione.

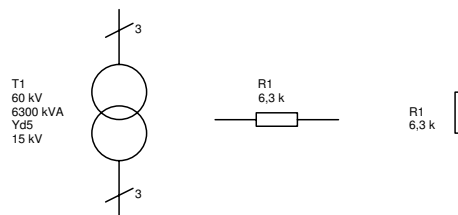


Fig. 1.13 - Esempio che mostra le regole per il posizionamento dei dati tecnici dei componenti.

Nei capitoli seguenti saranno mostrati diversi schemi disegnati su fogli A4 e A3, ma tutti ridotti per ragioni tipografiche su di un formato A4. Per distinguere e mettere in evidenza certi circuiti, è possibile utilizzare diversi spessori per i segni dei conduttori. Le norme IEC consentono di disegnare tutti i segni con un unico spessore di tratto; si consiglia di utilizzare uno spessore superiore a 0,18 mm (0,25/0,35 oppure 0,5 mm), affinché lo schema si mantenga nitido anche dopo diverse fotocopie del disegno. Nulla vieta, però, di utilizzare linee di spessore diverso per distinguere, per esempio, i circuiti di potenza da quelli ausiliari.

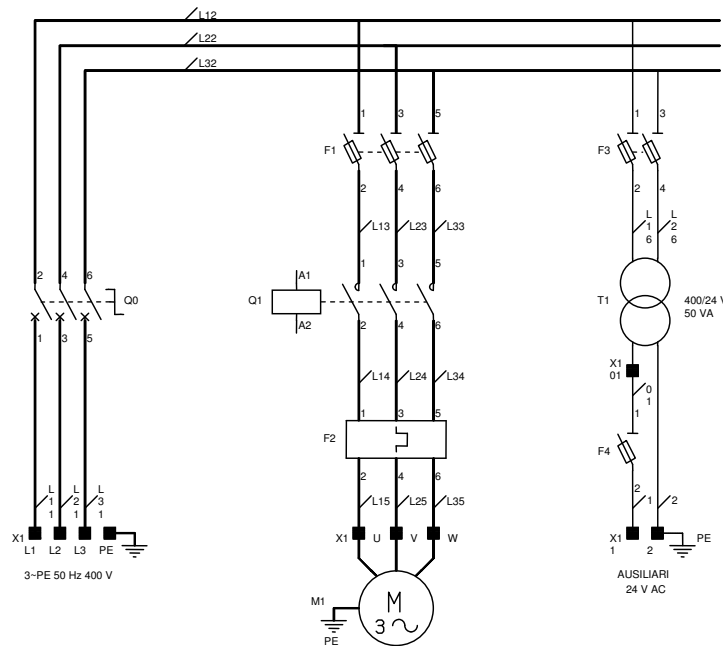


Fig. 1.14 - Esempio di schema elettrico in cui il diverso spessore delle linee evidenzia il circuito di potenza rispetto a quella parte che alimenta i circuiti ausiliari.

Per quanto riguarda il carattere per le diciture, sono consigliate, per schemi in formato A3 e A4, un'altezza di base di 3/4 mm per le lettere maiuscole e un'altezza non inferiore a 2,5 mm per le lettere minuscole; è preferibile che il tipo di carattere sia del tipo diritto, eventualmente corsivo (con un'inclinazione di 15°).

È raccomandata l'unificazione del carattere e del tipo di scrittura, che non deve subire personalizzazioni da parte degli esecutori. La stessa raccomandazione vale per le diciture delle tabelle.

3) Orientamento dei segni grafici

L'orientamento del segno grafico avviene mediante rotazioni di 90°, rispetto al segno grafico originario. Il movimento dei contatti deve avvenire da sinistra verso destra oppure dal basso verso l'alto.



Fig. 1.15 - Esempio di orientamento e relativo movimento di contatti NO e NC.

4) Rappresentazione dei terminali o morsetti

I segni grafici dei terminali o morsetti non sono rappresentati se non in alcuni casi particolari, cioè quando costituiscono una parte integrante del segno grafico.

Generalmente, non è necessario aggiungere segni per spazzole e terminali ai segni dei componenti.

5) Rappresentazione delle connessioni

Nella maggior parte dei casi, i segni grafici delle connessioni sono utilizzati solo come esempi. Sono permesse altre collocazioni delle connessioni, purché non venga cambiato il significato del segno grafico.



Fig. 1.16 - Esempio di segni grafici dove sono permesse differenti posizioni delle connessioni.

In determinati casi, la collocazione delle linee di connessione influisce sul significato del segno grafico dei componenti; di conseguenza, è importante che sia rappresentata come indicato della norma.



Fig. 1.17 - Esempio di segni grafici: lo spostamento delle connessioni cambia il significato.

6) Linee di connessione

Per schemi diversi da quelli con una disposizione topografica, le linee di connessione devono essere rettilinee con un minimo di incroci e di attraversamenti.

Le linee di connessione devono essere orientate orizzontalmente o verticalmente, ad eccezione di quei casi in cui le linee oblique migliorano la chiarezza dello schema, per esempio quando c'è una disposizione simmetrica dei componenti, oppure quando c'è un cambiamento dell'ordine delle fasi.

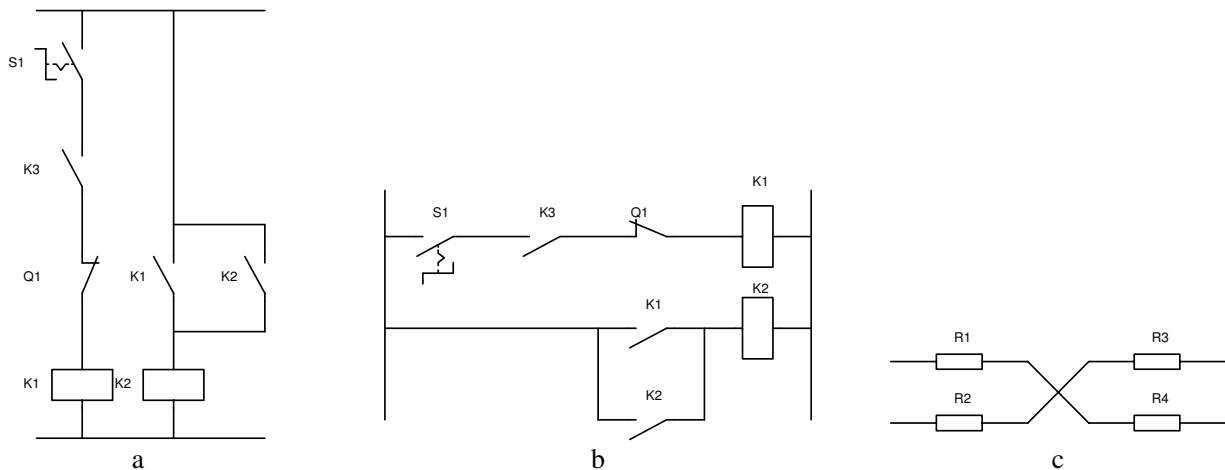


Fig. 1.18 - Esempio di linee di connessione orientate: a) In verticale - b) In orizzontale - c) Oblique.

7) Giunzioni delle linee di connessione

Le giunzioni delle linee di connessione devono essere tracciate come giunzioni a T.

Quando particolari considerazioni legate alla disposizione dello schema impediscono l'uso esclusivo del metodo delle giunzioni a T, è possibile utilizzare giunzioni doppie.

È accertato che molti sistemi di progettazione mediante computer (CAD) richiedono un punto ad ogni giunzione. La maggior parte degli schemi elettrici presentati in questo libro presenta le giunzioni senza punti.

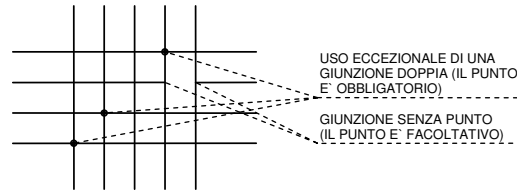


Fig. 1.19 - Esempio di giunzione doppia in uno schema che normalmente utilizza giunzioni a T.

8) Identificazione delle linee di connessione

Le linee di connessione, singole o in fascio, devono essere chiaramente identificate. Questa identificazione deve essere posta in prossimità della linea o in un tratto interrotto della stessa.

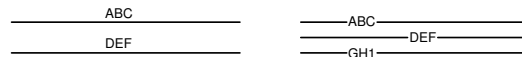


Fig. 1.20 - Esempio di identificazione delle linee di connessione.

9) Rappresentazione multifilare

In presenza di numerose linee parallele indicanti conduttori, queste devono essere rappresentate a fasci separati in base alla loro funzione. Ciascun fascio deve essere rappresentato distanziato da quello vicino di un tratto superiore a quello che esiste tra le varie linee del fascio.

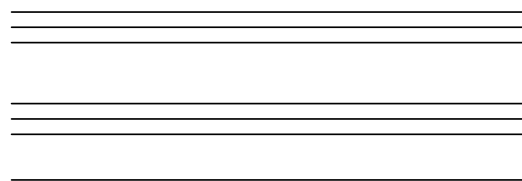


Fig. 1.21 - Esempio di rappresentazione multifilare con fasci separati.

10) Rappresentazione unifilare

La rappresentazione unifilare, il cui scopo principale è quello di evitare una molteplicità di linee parallele, può essere utilizzata in uno schema multifilare.



Fig. 1.22 - a) Esempio di conduttori raccolti in gruppo - b) Esempio di conduttori raccolti in gruppo (il punto indica la prima linea di connessione).

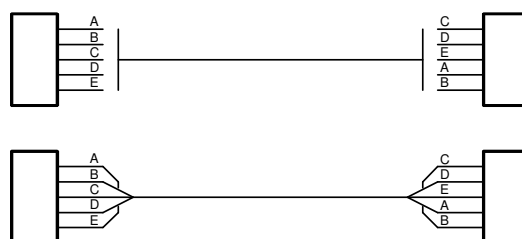


Fig. 1.23 - Esempio di due rappresentazioni dei medesimi conduttori raccolti in gruppo con indicazione delle linee individuali.

Quando una singola linea rappresenta un fascio di conduttori, devono essere usati gli appositi segni grafici previsti dalle norme. In questo caso, è sempre necessario riportare un riferimento in corrispondenza di ciascun segno grafico di fascio di conduttori (per esempio, una lettera).



Fig. 1.24 - Esempio di conduttori raccolti in gruppo con linee identificate da designazioni di segnale.

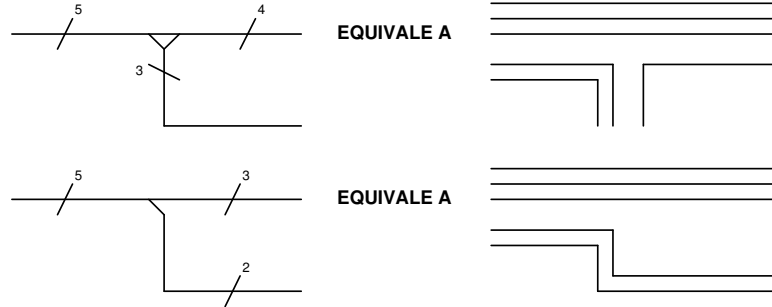


Fig. 1.25 - Esempio di uso di rappresentazione unifilare con indicato il numero di linee di connessione.

11) Omissioni di linee

Quando una linea che rappresenta un conduttore deve attraversare una zona estesa di uno schema, si può evitare la sua rappresentazione, indicando la connessione con un riferimento.

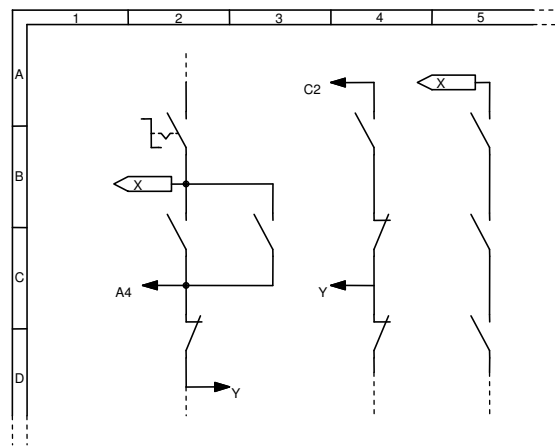


Fig. 1.26 - Esempio di uso di interruzione nella rappresentazione di collegamenti su di uno stesso foglio; nell'esempio C2-A4 si è utilizzato il sistema di riferimento a coordinate alfanumeriche.

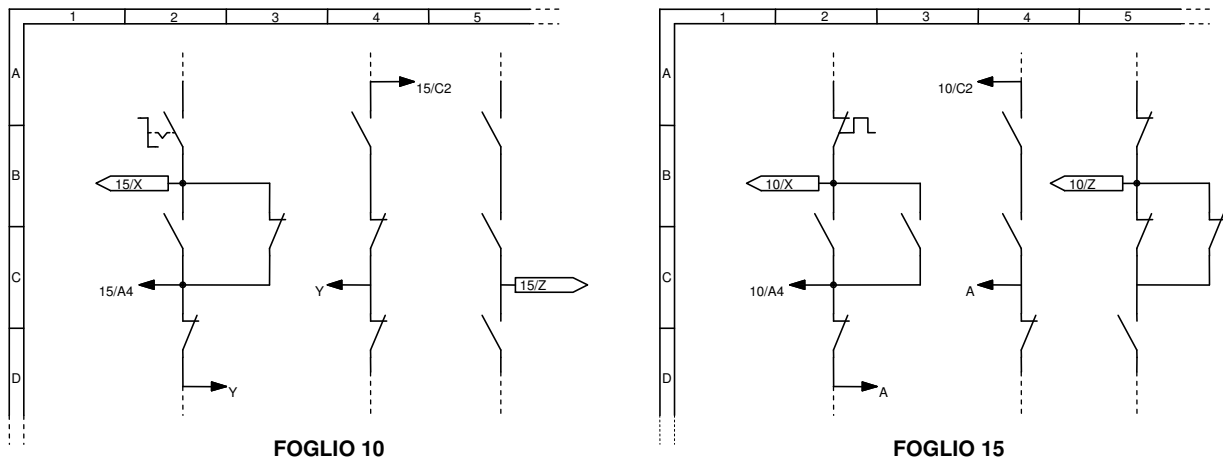


Fig. 1.27 - Esempio di uso di interruzione nella rappresentazione di collegamenti su diversi fogli di uno stesso schema elettrico (foglio 10 e foglio 15).

Su uno schema, l'indicazione di gruppi di linee può essere omessa per una parte della loro lunghezza, provvedendo ad individuare le loro estremità.



Fig. 1.28 - Omissione della rappresentazione di un collegamento di un fascio di conduttori, sostituito da un riferimento.

12) Numero di conduttori

In una rappresentazione unifilare dovrà essere specificato, se necessario, il numero dei conduttori indicati da un unico segno grafico.

13) Esempi di rappresentazione di dispositivi negli schemi unifilari

In una rappresentazione unifilare occorre indicare, quando necessario, il numero degli elementi rappresentati con un solo segno grafico, come indicato negli esempi riportati nella tab. 1.6.

N.	Rappresentazione semplificata	Equivalente	Descrizione
1			Interruttore tripolare con comando manuale
2			Tre interruttori unipolari ciascuno con comando manuale
3			Tre trasformatori di corrente, quattro connessioni secondarie
4			Due trasformatori di corrente, uno sul conduttore L1 e uno sul conduttore L3, tre connessioni secondarie

Tab. 1.6 - Esempi di rappresentazione di dispositivi negli schemi unifilari.

1.7 Raccomandazioni per la preparazione degli schemi circuitali

A completamento di quanto indicato precedentemente, le norme forniscono una serie di suggerimenti dedicati, in particolare, agli schemi circuitali (schemi funzionali), con lo scopo di renderli il più possibile chiari e, quindi, facilmente interpretabili.

1) Scopo di uno schema circuitale

Uno schema circuitale deve illustrare il funzionamento dell'apparecchio o di una parte di esso con l'ausilio, se necessario, di documenti complementari, come diagrammi e tabelle, fornire le basi per la preparazione di altri schemi e/o tabelle di collegamento appropriati alle esigenze di sviluppo esecutivo e, infine, facilitare l'esecuzione delle prove e la localizzazione dei guasti. Possono essere richiesti documenti supplementari come manuali, schemi o tabelle di collegamento o schemi topografici.

2) Contenuto di uno schema circuitale

Uno schema circuitale deve rappresentare, a mezzo di segni grafici, i collegamenti elettrici e le funzioni di uno specifico circuito senza tenere conto della reale forma fisica, delle dimensioni e dell'ubicazione degli elementi rappresentati. Un tale schema permette di analizzare con facilità un circuito nel suo ruolo funzionale.

3) Struttura dello schema

Gli schemi circuitali possono essere realizzati avvalendosi dei seguenti modi di rappresentazione:

- rappresentazione raggruppata;
- rappresentazione semiraggruppata;
- rappresentazione distribuita.

Con la **rappresentazione raggruppata**, tutti gli elementi che compongono un determinato apparecchio (bobine, contatti, attuatori di comando) figurano uniti fra loro.

I relativi collegamenti, quindi, dovranno essere tracciati sullo schema seguendo la posizione dei contatti da collegare, spesso tipograficamente distanti fra loro.

Questo metodo può essere usato solo per schemi molto semplici, altrimenti diventa difficilmente leggibile.

La **rappresentazione semiraggruppata** consente di spostare la posizione dei contatti in modo da semplificare il tracciamento dei collegamenti, mantenendo però l'indicazione delle connessioni meccaniche fra le varie parti dell'apparecchio, evitando possibilmente di piegare o ramificare le connessioni stesse.

La **rappresentazione distribuita** ha lo scopo di evidenziare le varie funzioni, semplificando il tracciamento dei collegamenti.

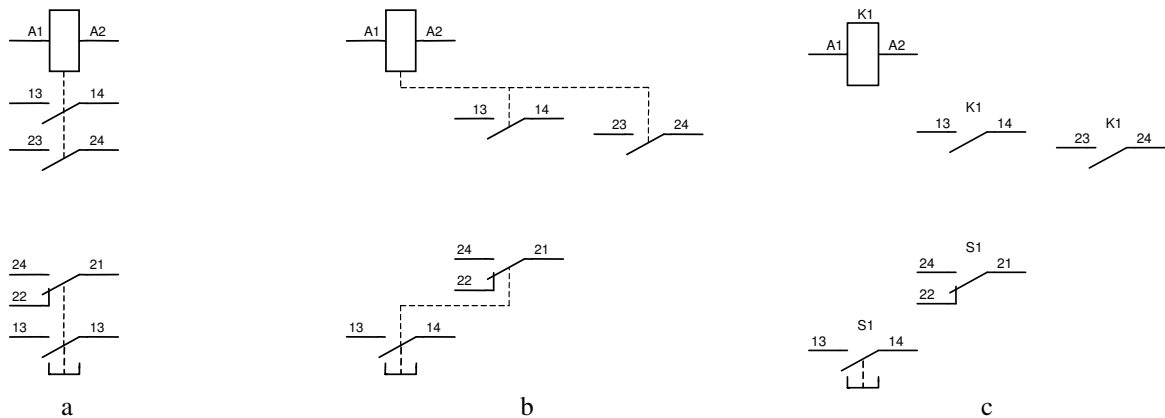


Fig. 1.29 - Esempi di segni grafici con rappresentazione: a) Raggruppata - b) Semiraggruppata - c) Distribuita.

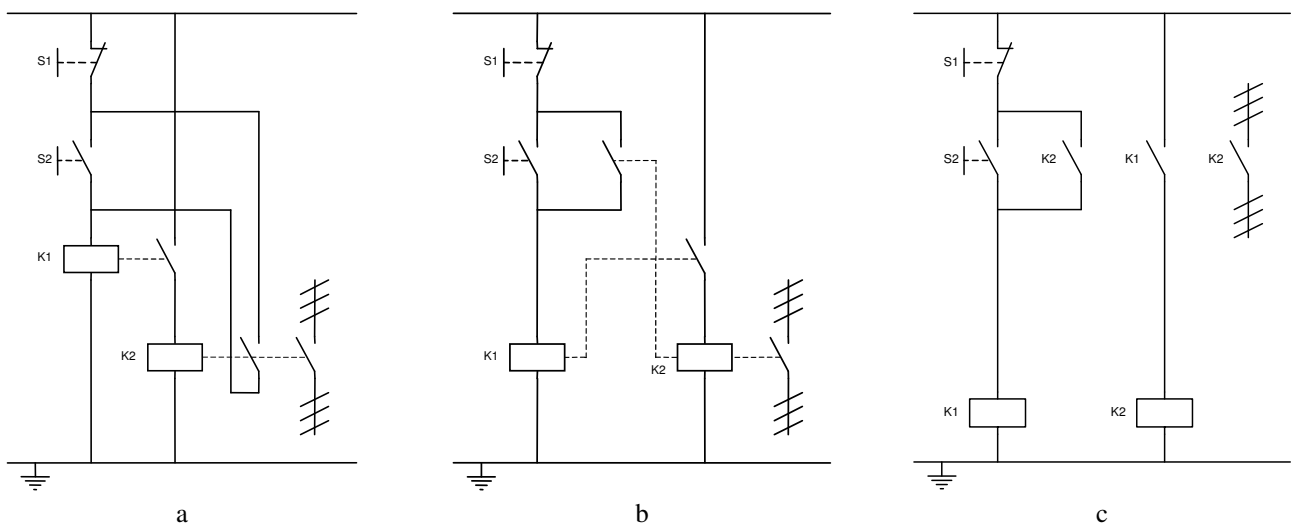


Fig. 1.30 - Esempi di schemi circuitali con rappresentazione: a) Raggruppata - b) Semiraggruppata - c) Distribuita.

Pertanto i vari elementi di un apparecchio sono separati fra loro e disposti sullo schema nella posizione più comoda dal punto di vista funzionale.

In questo caso, però, è utile riassumere, in un grafico a parte o in una tabella, i vari elementi dell'apparecchio, indicando il punto di cablaggio dove sono impiegati.

Per esempio, i conduttori e i morsetti dell'apparecchio possono essere individuati in diversi modi, come indicato dalla norma CEI 16-1; per quanto riguarda l'individuazione dei componenti si veda la norma CEI 3-47.

Con l'uso della rappresentazione distribuita diventa indispensabile utilizzare un metodo per la ricerca dei segni grafici, in particolare se lo schema è composto da numerosi fogli.

Esistono diversi metodi per la ricerca dei segni grafici: oltre a quello alfanumerico, visto nel paragrafo precedente, è possibile suddividere lo schema verticalmente in diverse zone (utilizzando un certo numero di riferimenti); sarà poi possibile individuare uno specifico segno grafico indicando il numero del foglio e il riferimento.

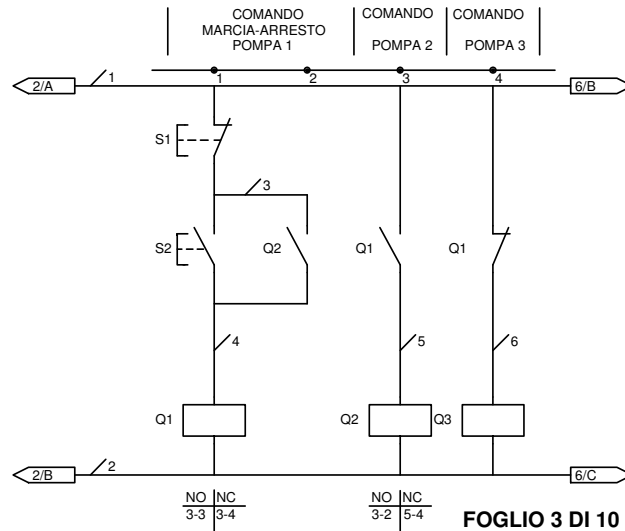


Fig. 1.31 - Esempio di metodo per la ricerca dei segni dei vari componenti e dei conduttori in uno schema circuitale composto da 10 fogli (nell'esempio è presentato il numero 3): il conduttore 1 viene dal foglio 2, riferimento A, e va al foglio 6, riferimento B; stesso procedimento per individuare il conduttore 2. Un ragionamento simile si applica anche al contattore Q1, il quale ha due contatti: l'uno normalmente aperto (NO) nel foglio 3, riferimento 3, l'altro normalmente chiuso (NC) sempre nel foglio 3, riferimento 4. Un discorso analogo vale anche per il contattore Q2, che ha un contatto NC nel foglio 5, riferimento 4 e un contatto NO nel foglio 3, riferimento 2.

4) Disposizione di uno schema circuitale

Nella preparazione di uno schema circuitale, è essenziale adottare una disposizione chiara che permetta una agevole comprensione.

Le linee che rappresentano i conduttori devono essere rettilinee e presentare il minor numero di incroci e cambiamenti di direzione. È preferibile che i singoli circuiti siano disposti in verticale o in orizzontale.

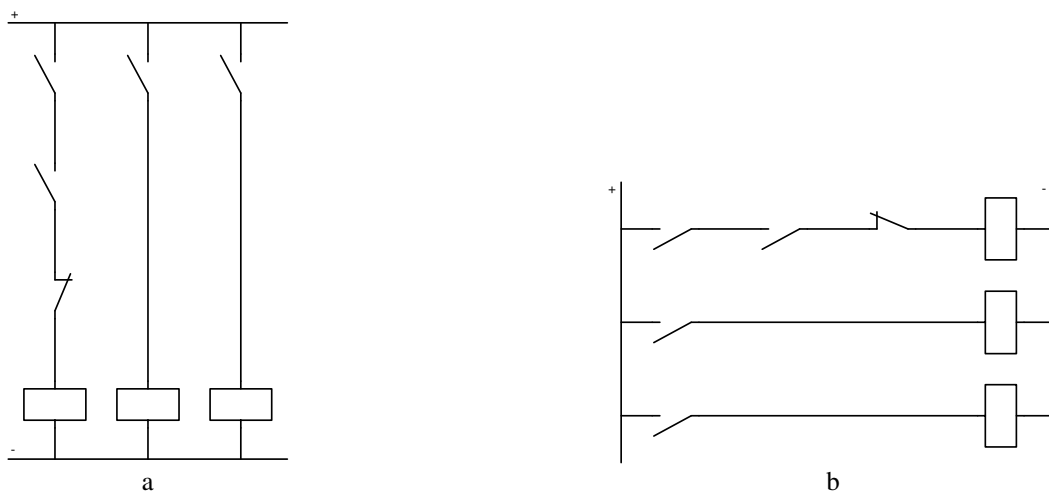


Fig. 1.32 - Disposizione degli schemi circuitali: a) Verticale - b) Orizzontale.

Le derivazioni a T sono rappresentate senza punto, in accordo con le norme IEC; è comunque possibile la rappresentazione con un punto. Il metodo scelto, però, deve essere applicato in maniera omogenea in ogni singolo schema o gruppo di schemi.

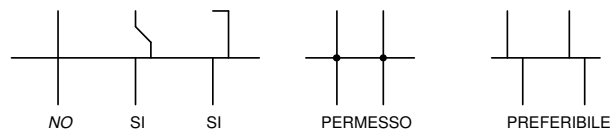


Fig. 1.33 - Esempi di incroci con collegamento.

5) Raggruppamento per funzione

Si raccomanda di raggruppare i segni grafici degli elementi corrispondenti ad una funzione fondamentale, anche se non facenti parte della stessa unità costruttiva.

Quando è possibile, i gruppi funzionali e gli altri elementi devono essere disposti in modo che la sequenza delle operazioni o il flusso dei segnali sia evidenziato chiaramente.

I circuiti sono rappresentati preferibilmente in modo che questa sequenza proceda da sinistra verso destra o dall'alto verso il basso.

Nella rappresentazione dei circuiti, è opportuno adottare anche accorgimenti di ordine estetico per migliorare la chiarezza negli schemi.

La disposizione dello schema deve facilitare l'esecuzione delle prove e la localizzazione dei guasti. Devono perciò essere scritte spiegazioni essenziali alla comprensione delle sequenze e le sigle di identificazione di ciascun segno grafico devono essere poste accanto al segno, alla sua destra se il numero del filo è scritto a sinistra, o viceversa.

Ciascuna parte di un medesimo apparecchio deve avere la stessa sigla di identificazione, in modo che appaia senza ambiguità l'appartenenza a un determinato apparecchio di tutte le parti che lo costituiscono (per esempio, se la sigla di un relè è K3, la bobina e i suoi contatti devono avere la sigla K3).

6) Rappresentazione delle alimentazioni

Le alimentazioni possono essere rappresentate a mezzo di:

- linee (fig. 1.34a);
- simboli come +, - (fig. 1.34b);
- una combinazione di quanto visto precedentemente (fig. 1.34c).

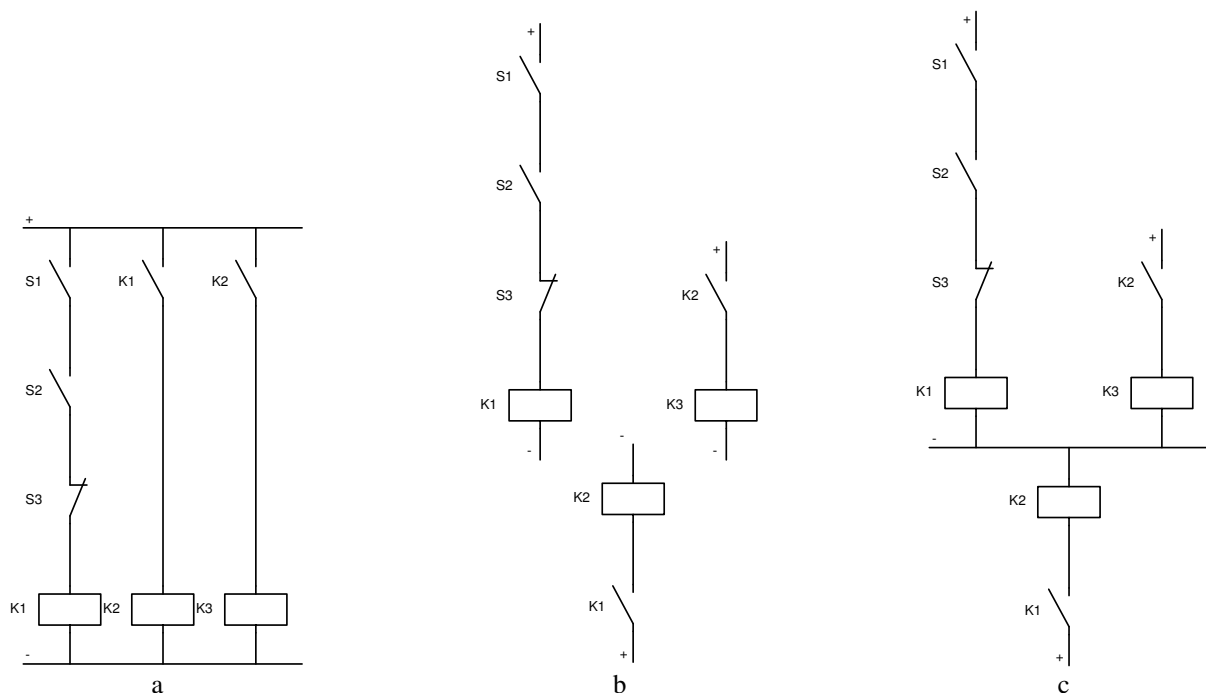


Fig. 1.34 - Esempi di rappresentazione delle alimentazioni: a) Con linee parallele - b) Con segni positivo e negativo - c) Con linee e segni.

La disposizione dei circuiti in corrente continua (DC) o alternata monofase (AC) è resa più chiara posizionando i circuiti tra le linee di alimentazione.

Nei circuiti polifase, tutti i conduttori di alimentazione possono essere rappresentati insieme su un solo lato del circuito sopra e/o sotto di esso.

I segni grafici dei conduttori dei sistemi trifase sono preferibilmente rappresentati secondo l'ordine convenzionale delle fasi, partendo dall'alto o dalla sinistra dello schema.

Il conduttore neutro deve essere rappresentato in basso o alla destra dei conduttori di fase.

7) Rappresentazione dei circuiti principali

Nello schema di un'apparecchiatura di comando di un impianto, i circuiti principali di potenza devono essere rappresentati in modo tale che siano utili allo studio del funzionamento dell'apparecchiatura di comando stessa.

Sovente è sufficiente una rappresentazione unifilare di tutto il circuito o di una parte di esso.

In certi casi, comunque, può essere necessario usare la rappresentazione multifilare, per esempio per mostrare particolari collegamenti di alcune apparecchiature.

8) Allineamento di apparecchiature simili

Mentre nei circuiti disposti in verticale, è preferibile che gli elementi simili (contatti, resistenze, bobine di relè, ecc.) siano rappresentati allineati orizzontalmente, nei circuiti disposti in orizzontale, gli elementi simili sono rappresentati allineati verticalmente.

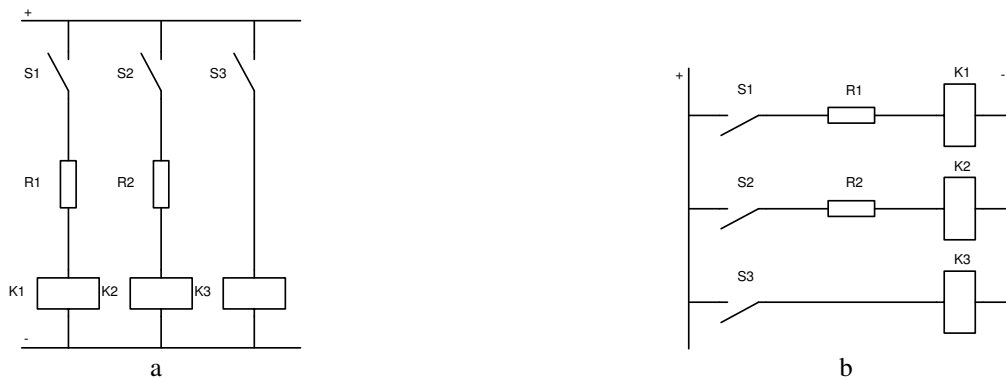


Fig. 1.35 - Allineamento degli elementi nello schema: a) Allineamento orizzontale - b) Allineamento verticale.

Le derivazioni verticali devono essere possibilmente equidistanti tra loro, mentre le bobine dei relè e i contatti devono essere allineati orizzontalmente, in modo da raggiungere una certa regolarità nel disegno e rendere più agevole la lettura dello schema elettrico.

9) Connessione degli elementi legati funzionalmente

Le connessioni tra elementi legati funzionalmente devono essere corte in modo che sia chiara la relazione funzionale che esiste tra di essi.

Due circuiti di eguale importanza devono essere disposti simmetricamente rispetto al circuito da cui derivano.



Fig. 1.36 - Rappresentazione di elementi legati funzionalmente: a) Esempio di relazione funzionale (gruppo RC in parallelo ad un contatto) - b) Esempio di pari importanza dei componenti.

10) Linee di connessione

Nella preparazione degli schemi circuitali, devono essere evitate linee di connessione lunghe tra gli elementi del circuito.

Le linee di connessione devono riportare le informazioni essenziali sui collegamenti.

Lo schema, invece, deve fornire le basi per la preparazione delle morsettiere e di altri documenti necessari per lo sviluppo esecutivo dell'impianto.

Quando elementi meccanici sono funzionalmente collegati con organi elettrici, occorre rappresentare i collegamenti meccanici corrispondenti.

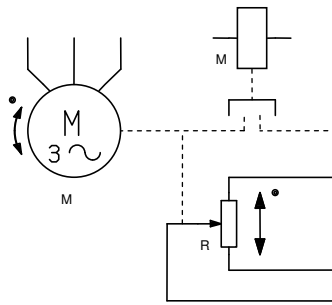


Fig. 1.37 - Rappresentazione di collegamenti meccanici.

11) Rappresentazione dei contatti

La rappresentazione dei contatti richiede particolare attenzione, specialmente quando il loro azionamento è vincolato a ritardi o alla variazione di funzioni esterne.

La norma specifica raccomanda, quando possibile, di disporre in maniera uniforme i segni grafici dei contatti di relè, contattori, ecc. Tuttavia, quando si usa la rappresentazione distribuita in circuiti con disposizione complicata dei contatti, è preferibile un'esecuzione chiara e senza incroci del circuito rispetto a una disposizione uniforme dei segni grafici.

Tutti i segni grafici dei contatti uniti dal segno grafico di collegamento meccanico devono essere rappresentati disposti nel medesimo senso di movimento, determinato dall'azione dell'organo di comando.

Per i contatti che non sono azionati elettricamente o manualmente, le condizioni di funzionamento devono essere evidenziate nello schema e il segno grafico del contatto deve essere rappresentato in modo coerente con il suo modo di operare.

Le norme raccomandano di riportare vicino a un segno grafico un altro segno che rappresenti l'organo di comando (tab. 3, norma CEI 3-33) oppure una nota, un riferimento o una tabella che possano essere utili per capire il funzionamento dei contatti.

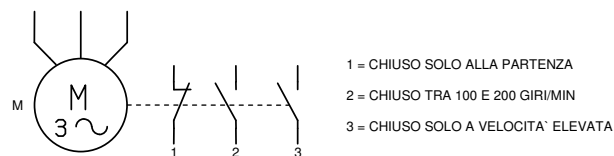


Fig. 1.38 - Esempi di descrizione del funzionamento dei contatti (caso di un interruttore centrifugo).

In ogni caso, i contatti dei relè devono essere rappresentati nella condizione di **bobina non alimentata**, mentre i contatti dei finecorsa nella condizione di finecorsa **non azionato**.

12) Incroci e derivazioni

Si presume che due linee che si incrociano sullo schema rappresentino due conduttori non collegati fra loro, a meno che la connessione non sia indicata a mezzo di un punto. Pertanto, nell'esempio di fig. 1.39a, le due linee rappresentano conduttori collegati fra di loro, mentre non lo sono nel caso della fig. 1.39b.

Quando una linea si diparte da un'altra, le due linee indicano due conduttori collegati fra loro e non è obbligatorio l'uso del punto per indicare la connessione: nell'esempio della fig. 1.39c, le tre linee rappresentano conduttori collegati fra loro. Per evitare equivoci, il cambiamento di direzione di una linea non deve avvenire in corrispondenza di un incrocio, come indica correttamente l'esempio della fig. 1.39d, che mostra due conduttori non collegati fra loro.



Fig. 1.39 - Esempi di incroci e derivazioni: a) Incrocio con collegamento - b) Incrocio senza collegamento - c) Derivazioni - d) Incrocio con cambiamento di direzione (senza collegamento).

È preferibile che le linee rappresentanti conduttori collegati fra loro siano perpendicolari: un incrocio obliquo può essere utilizzato per collegare due elementi simmetrici, come indica l'esempio di fig. 1.40a.

13) Delimitazione di insiemi o unità funzionali

Se si desidera indicare su uno schema che una parte di esso costituisce un insieme o un'unità funzionale (gruppi di apparecchiature, relè, ecc.), si ricorre a linee e tratti come nella fig. 1.40b.

La disposizione dello schema deve conservare la massima chiarezza anche se la linea di delimitazione ha un percorso irregolare.

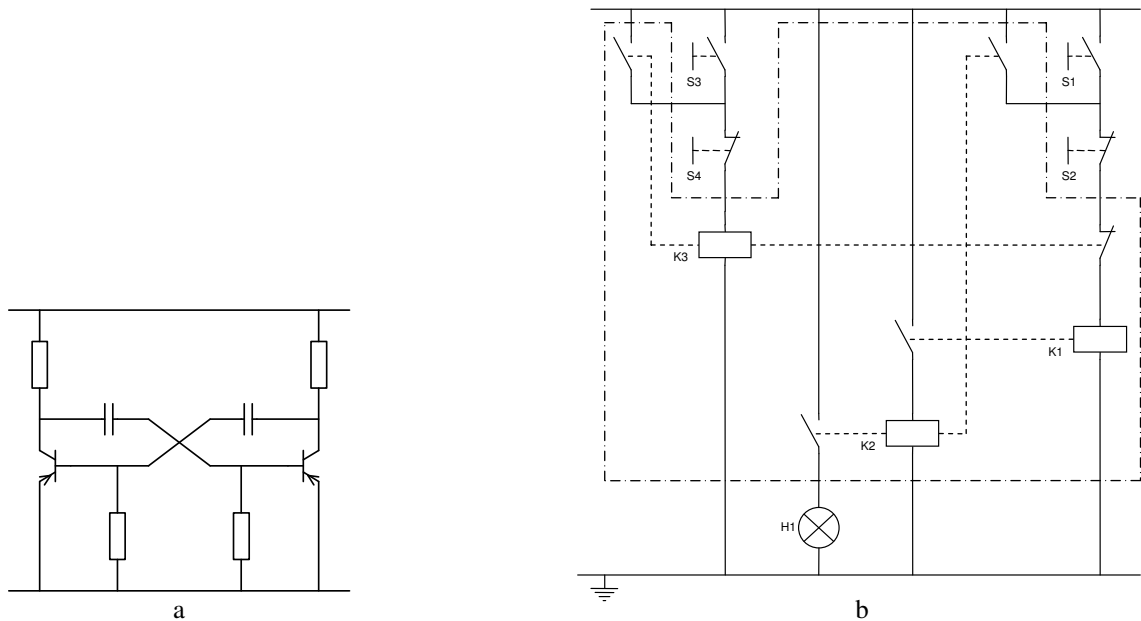


Fig. 1.40 - a) Esempio dell'impiego di linee oblique per collegare elementi simmetrici - b) Esempio di delimitazione di un sottoinsieme a mezzo di linea a tratti.

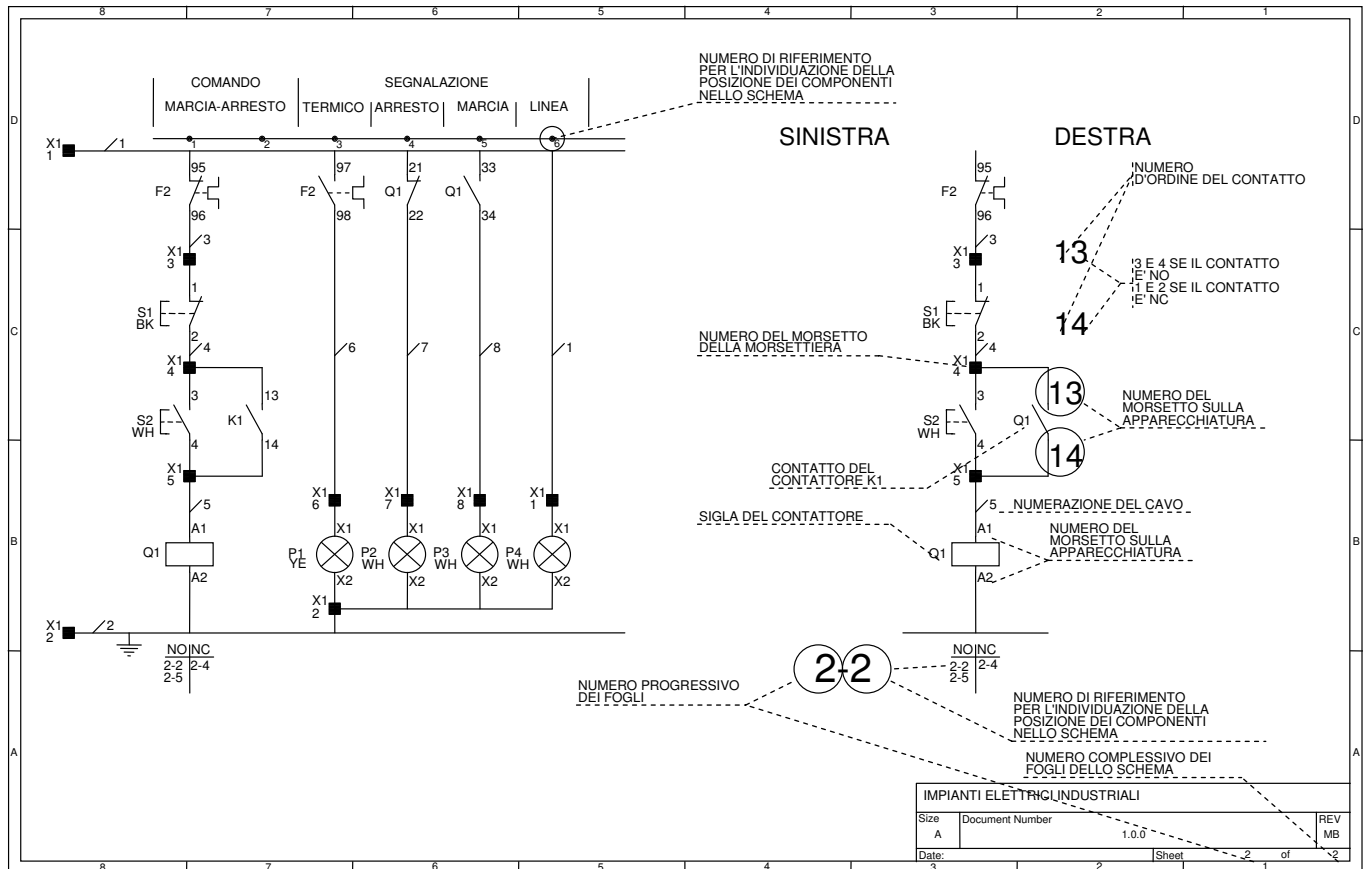


Fig. 1.41 - Esempio di schema di funzione.

Di particolare importanza per la preparazione dei documenti utilizzati in elettrotecnica è la norma CEI 3-36, identica alla norma europea EN 61082-1 e alla norma internazionale IEC 61082-1.

Tale norma fornisce le regole generali e le linee guida per la presentazione di informazioni nei documenti e le regole specifiche per diagrammi, disegni (schemi elettrici) e tabelle utilizzati in elettrotecnica.

La norma riporta molti esempi di documenti realizzati secondo i principi sopra indicati; per un ulteriore approfondimento si rinvia al testo integrale della norma stessa.

1.8 Individuazione dei conduttori isolati (norma CEI 16-1)

L'identificazione dei conduttori risulta sempre utile, in particolare negli impianti industriali (sia in fase di costruzione sia di manutenzione) risulta indispensabile.

Se per esempio si deve sostituire un'apparecchiatura guasta, è necessario scollegare i cavi dai suoi morsetti e diventa difficile collegare correttamente la nuova apparecchiatura se i cavi non sono stati adeguatamente identificati. Per la marcatura dei conduttori occorre fare riferimento alla norma CEI 16-1.

L'individuazione dei conduttori, sia negli schemi elettrici sia nell'apparecchiatura cablata, può essere realizzata principalmente in uno dei modi seguenti:

- 1) **individuazione dipendente**, in base alla quale ciascun conduttore è contrassegnato in relazione ai morsetti che viene a collegare fra loro;
- 2) **individuazione indipendente**, in base alla quale ciascun conduttore è individuato da un numero o da una combinazione di lettere e numeri, indipendentemente dai numeri dei morsetti a cui il conduttore è collegato (morsetti che dovranno essere individuati o dallo schema o da una tabella di cablaggio): il numero è normalmente lo stesso che individua il collegamento sullo schema di funzione;
- 3) **individuazione mista**, che utilizza congiuntamente entrambi i criteri sopra indicati.

Questa normativa può essere applicata sia ai collegamenti tra due quadri elettrici distinti, sia ai collegamenti tra apparecchiature posizionate nello stesso quadro elettrico.

L'identificazione dipendente dal morsetto vicino e quella indipendente sono le più adatte alla siglatura dei conduttori interni ad un quadro elettrico: la prima, pur essendo più precisa, risulta essere più complessa da utilizzare, mentre la seconda, pur fornendo un numero di informazioni minore, è di più agevole uso e consente un certo risparmio di tempo.

L'individuazione indipendente è quella che di preferenza sarà utilizzata negli schemi presentati nei capitoli seguenti.

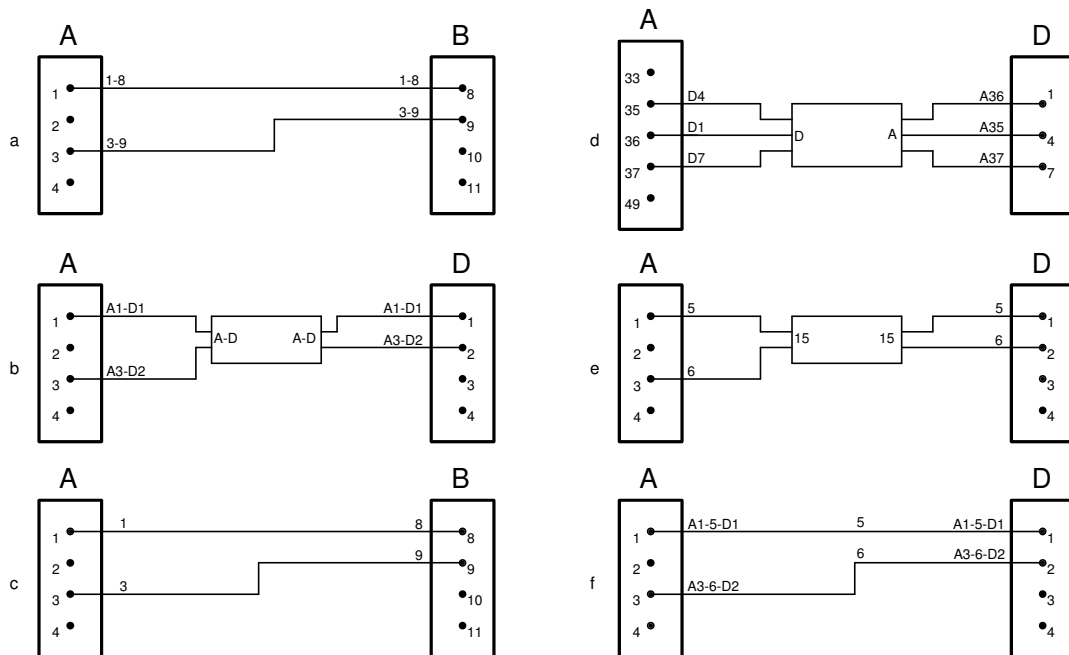


Fig. 1.42 - Esempi di individuazione dei conduttori: a) Dipendente da entrambi i morsetti (vicino e lontano) per due conduttori - b) Dipendente da entrambi i morsetti (vicino e lontano) per due conduttori e per un gruppo di conduttori (cavo "A-D") - c) Dipendente dal morsetto vicino per due conduttori - d) Dipendente dal morsetto lontano per tre conduttori e per un gruppo di conduttori (cavo A-D) - e) Indipendente per due conduttori e per un gruppo di conduttori (cavo "15") - f) Mista per due conduttori.

1.9 Marcatura per conduttori particolari e per morsetti delle apparecchiature (norma CEI 16-2)

La norma CEI 16-2 riguarda la marcatura dei simboli dei morsetti di componenti quali resistori, fusibili, macchine, ecc., e dei simboli dei conduttori impiegati per particolari funzioni, come, per esempio, alimentazioni e messa a terra.

Lo scopo è quello di definire regole generali per un sistema uniforme di marcatura.

I conduttori di alimentazione (L1, L2, L3) dopo l'interruttore generale possono essere marcati, per esempio L11, L21, L31. La numerazione dei morsetti degli apparecchi non coincide necessariamente con la numerazione dei conduttori a cui sono collegati.

1) Regole generali per l'uso del sistema alfanumerico per la marcatura

Il sistema alfanumerico utilizza lettere e numeri. Le lettere devono essere solo maiuscole in carattere romano e i numeri devono essere di tipo arabo.

Le lettere "I" ed "O" non devono essere utilizzate. I simboli "+" e "-" possono essere utilizzati.

Le estremità di un singolo elemento sono distinte con numeri di riferimento progressivi, il numero dispari inferiore al numero pari (per esempio, 1 e 2).



Fig. 1.43 - Esempi di elemento singolo: a) A 2 morsetti - b) A 4 morsetti con 2 estremità e 2 punti intermedi.

I punti intermedi di un singolo elemento sono individuati con numeri di riferimento, preferibilmente in una sequenza naturale crescente (per esempio: 3, 4, 5).

I numeri di riferimento dei punti intermedi devono essere più alti di quelli scelti per le estremità; la loro numerazione inizia dal punto che si trova più vicino all'estremità con il numero di riferimento più basso.

Così, per esempio, i punti intermedi di un elemento con le estremità 1 e 2 sono individuati con i numeri di riferimento 3, 4, 5 e così via.

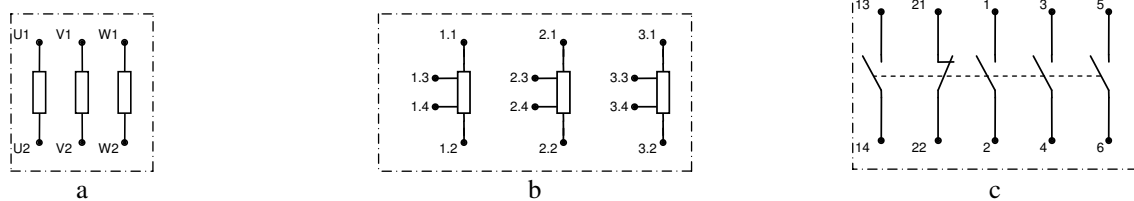


Fig. 1.44 - Esempi di numerazione trifase: a) Apparecchio a 6 morsetti - b) Apparecchio con 3 elementi e 12 morsetti - c) Apparecchio di connessione.

Se più elementi simili sono combinati in un gruppo, per la marcatura deve essere usato uno dei seguenti metodi:

- le estremità e i punti intermedi, se esistono, sono individuati dalle lettere che precedono i numeri di riferimento indicati precedentemente; per esempio: U, V, W indicano le fasi di un sistema trifase in corrente alternata (fig. 1.44a);
- le estremità e i punti intermedi, se esistono, sono individuati dai numeri che precedono i numeri di riferimento come indicato precedentemente, quando l'individuazione della fase non è necessaria o non è possibile. Per esempio, le estremità di un elemento possono essere marcate con 1.1 e 1.2, quelle dell'altro elemento con 2.1 e 2.2 (fig. 1.44b);
- le estremità di ciascun elemento sono distinte da numeri differenti consecutivi; il numero dispari di ogni elemento è inferiore al numero pari dello stesso elemento (fig. 1.44c).

Gruppi simili di elementi che hanno le stesse lettere di riferimento sono individuati da un prefisso numerico posto davanti alle lettere di riferimento.

2) Marcatura dei morsetti di apparecchi destinati ai conduttori designati e identificazione delle estremità dei conduttori designati

I morsetti di apparecchi destinati ad essere collegati direttamente o indirettamente ai conduttori designati devono essere marcati con le lettere di riferimento conformi alle tab. 1.7 e tab. 1.8.

Analogamente, l'identificazione alfanumerica delle estremità dei conduttori designati deve essere conforme alla tab. 1.9.

Di seguito sono mostrati tabelle ed esempi di marcatura che sintetizzano la normativa.

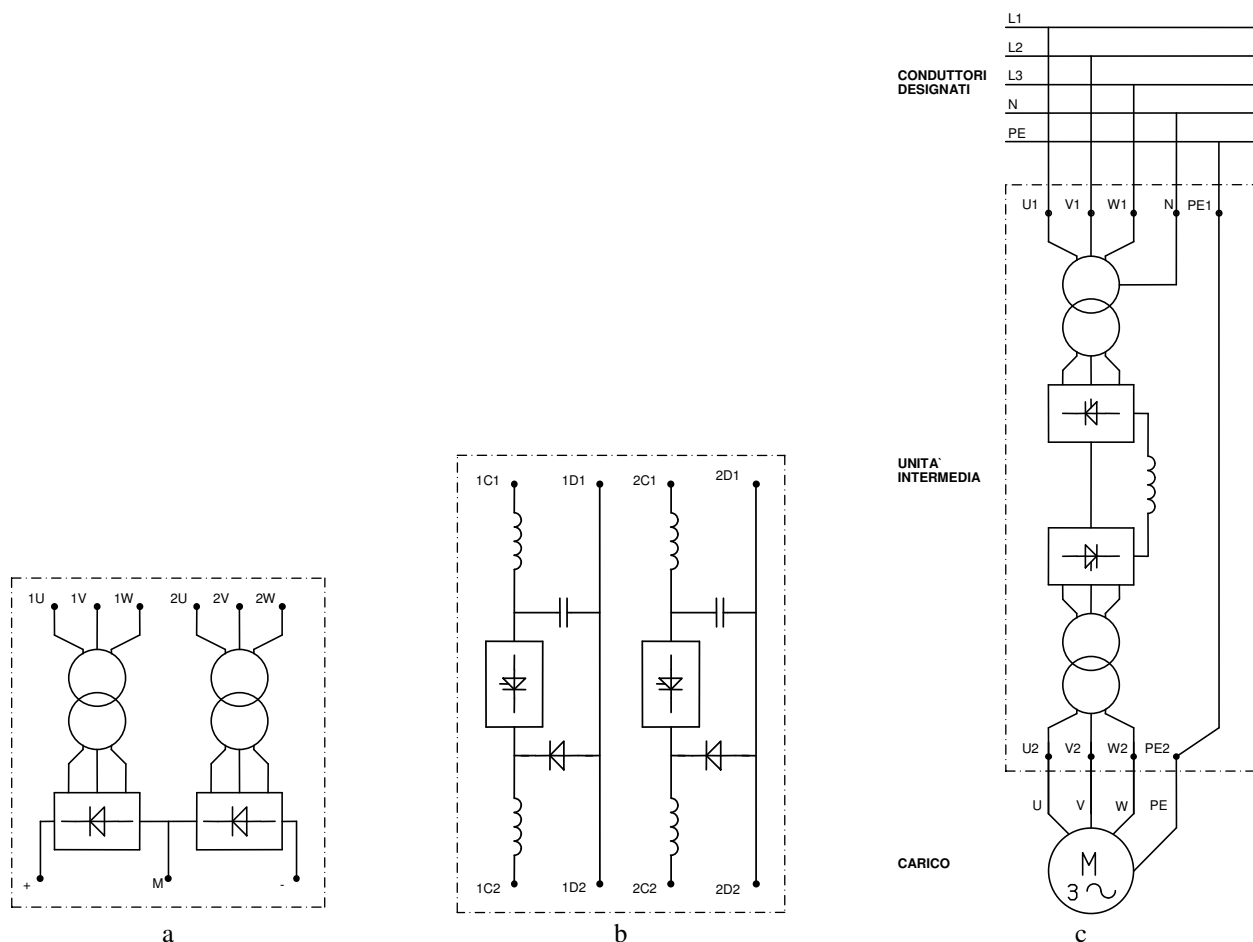


Fig. 1.45 - Esempi: a) Apparecchi con 2 gruppi di elementi - b) Apparecchi con 2 gruppi di elementi - c) Interconnessione di morsetti di apparecchi e di conduttori designati.

Designazione del morsetto		Notazione alfanumerica
Sistema di alimentazione in corrente alternata (AC)	fase 1	U
	fase 2	V
	fase 3	W
	neutro	N
	punto mediano	M
Sistema di alimentazione in corrente continua (DC)	positivo	+
	negativo	-
	punto mediano	M
Conduttore di protezione		PE
Conduttore di protezione e conduttore neutro combinati		PEN
Collegamento al conduttore di protezione		PB
Collegamento al conduttore di protezione messo a terra		PBE
Collegamento al conduttore di protezione non messo a terra		PBU
Conduttore per la messa a terra funzionale		FE
Conduttore per il collegamento equipotenziale funzionale		FB

Tab. 1.7 - Marcatura per morsetti di apparecchi secondo la norma CEI 16-2.

Identificazione	Designazione dei morsetti delle apparecchiature
U, V, W	Morsetti statorici dei motori trifase
K, L, M	Morsetti rotorici dei motori asincroni trifase ad anelli
U1, V1, W1 U2, V2, W2 U3, V3, W3 U4, V4, W4	Morsetti terminali delle resistenze rotoriche nel caso di motore asincrono trifase con rotore ad anelli e avviamento reostatico
U1, V1, W1 U2, V2, W2	Morsetti statorici dei motori trifase nel caso di esecuzione a fasi aperte (per esempio, avviamento stella-triangolo)
1U, 1V, 1W 2U, 2V, 2W	Morsetti statorici dei motori trifase nel caso di esecuzione per il cambiamento del numero dei poli per la variazione della velocità
1U, 1V, 1W	Morsetti terminali degli avvolgimenti primari di un trasformatore trifase
2U, 2V, 2W	Morsetti terminali degli avvolgimenti secondari di un trasformatore trifase
1U1, 1V1, 1W1 1U2, 1V2, 1W2	Morsetti terminali degli avvolgimenti primari di un trasformatore trifase nel caso di fasi aperte
2U1, 2V1, 2W1 2U2, 2V2, 2W2	Morsetti terminali degli avvolgimenti secondari di un trasformatore trifase nel caso di fasi aperte
1U3, 1V3, 1W3 1U4, 1V4, 1W4 1U5, 1V5, 1W5 1U6, 1V6, 1W6	Morsetti terminali delle prese intermedie sugli avvolgimenti primari di un trasformatore trifase con 4 prese intermedie

Tab. 1.8 - Marcatura dei morsetti delle apparecchiature secondo la norma CEI 16-2.

Designazione del conduttore		Notazione alfanumerica	Simbolo grafico
Sistema di alimentazione in corrente alternata (AC)	fase 1 fase 2 fase 3 neutro punto mediano	L1 L2 L3 N M	
Sistema di alimentazione in corrente continua (DC)	positivo negativo punto mediano	L+ L- M	
Conduttore di protezione		PE	
Conduttore di protezione e conduttore neutro combinati		PEN	
Collegamento al conduttore di protezione		PB	
Collegamento al conduttore di protezione messo a terra		PBE	
Collegamento al conduttore di protezione non messo a terra		PBU	
Conduttore per la messa a terra funzionale		FE	
Conduttore per il collegamento equipotenziale funzionale		FB	

Tab. 1.9 - Marcatura per conduttori particolari secondo la norma CEI 16-2.

1.10 Individuazione dei morsetti negli apparecchi industriali a bassa tensione

La norma CEI 17-17 fornisce le regole di individuazione dei morsetti relativi ad apparecchi industriali a bassa tensione (minore di 1000 V).

La norma CEI 17-28 completa la norma 17-17 per quanto riguarda i componenti elettronici e i contatti esterni associati.

La marcatura dei morsetti di bobine e di elementi analoghi è riassunta nella tab. 1.10.

Nei contattori, la marcatura dei contatti principali avviene utilizzando i numeri dispari per i morsetti di entrata e i numeri pari immediatamente seguenti per quelli di uscita, come indicato nella fig. 1.46.

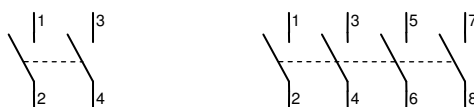
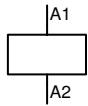
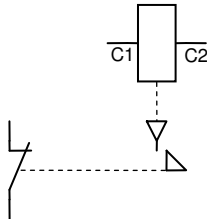
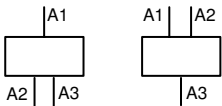
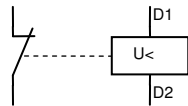
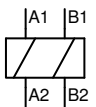
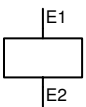
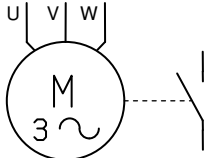
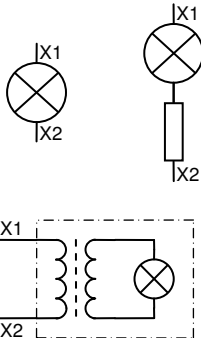


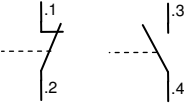
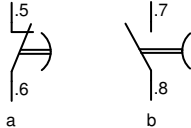
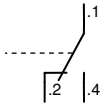
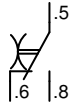
Fig. 1.46 - Numerazione dei contatti principali secondo la norma CEI 17-17.

Segno grafico	Descrizione	Segno grafico	Descrizione
	I morsetti della bobina di un organo di manovra elettromagnetico devono essere marcati A1 e A2		Sganciatori elettromagnetici Sganciatori di tensione I due morsetti di uno sganciatore di tensione devono essere marcati C1 e C2
	Nel caso di una bobina con prese, i morsetti delle prese devono essere marcati in ordine di successione A3, A4, ecc.		I due morsetti di uno sganciatore di minima tensione devono essere marcati D1 e D2
	Nel caso di una bobina con due avvolgimenti, i morsetti del primo avvolgimento devono essere marcati A1 e A2 e quelli del secondo avvolgimento B1 e B2		I morsetti di un elettromagnete di interblocco devono essere marcati E1 e E2
	I morsetti di un organo di comando costituito da un motore elettrico devono essere marcati U1 e U2 se in corrente alternata monofase, U, V, W se in corrente alternata trifase, C e D se in corrente continua		I due morsetti di un indicatore luminoso devono essere marcati X1 e X2

Tab. 1.10 - Identificazione dei morsetti delle bobine ed elementi analoghi secondo la norma CEI 17-17.

Per i morsetti dei contatti ausiliari, il contrassegno è determinato dalla combinazione di due numeri:

- numero di funzione;
 - numero di sequenza;
- come risulta dalla tab. 1.11.

Segno grafico	Descrizione	Segno grafico	Descrizione
	I numeri di funzione 1 e 2 sono assegnati ai contatti di apertura e i numeri 3 e 4 ai contatti di chiusura		I contatti con funzioni speciali (per esempio contatti ausiliari ritardati) sono marcati con i numeri di funzione 5 e 6 per i contatti di apertura e 7 e 8 per i contatti di chiusura a) Contatto di apertura ritardato alla sua chiusura b) Contatto di chiusura ritardato alla sua chiusura
	I morsetti dei contatti di commutazione devono essere marcati con i numeri di funzione 1, 2 e 4		I morsetti dei contatti di commutazione con funzione speciale sono marcati con i numeri di funzione 5, 6 e 8 Contatto di commutazione ritardato sia in chiusura sia in apertura

Tab. 1.11 - Identificazione dei morsetti dei contatti ausiliari secondo la norma CEI 17-17.

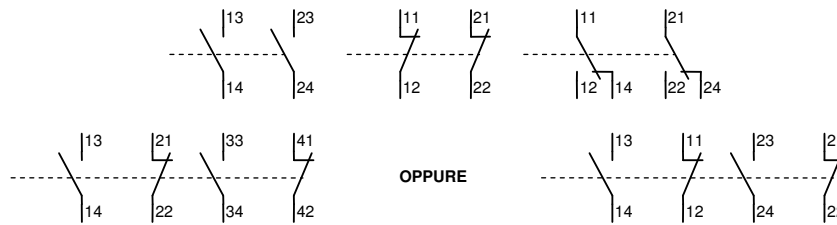


Fig. 1.47 - Esempi di numeri di sequenza secondo la norma CEI 17-17: i morsetti appartenenti allo stesso contatto sono marcati con lo stesso numero di sequenza, mentre tutti i contatti aventi la stessa funzione devono avere differente numero di sequenza.

Per quanto riguarda i relè termici, la marcatura avviene per il circuito principale con la stessa modalità dei contatti principali mentre per i contatti ausiliari, si usano i numeri di funzione dei contatti con funzioni speciali (5, 6, 8) e come numero di sequenza si utilizza il 9 e, se è necessario, un secondo numero: lo 0.

La fig. 1.48 indica alcuni esempi di numerazione dei morsetti dei relè termici.

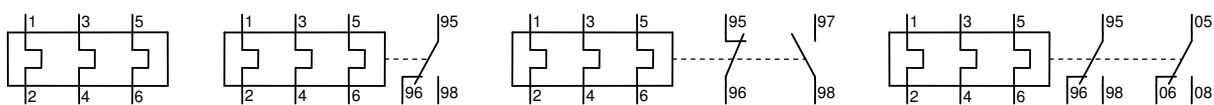


Fig. 1.48 - Numerazione dei morsetti relativi a relè termici secondo la norma CEI 17-17.

A	B	C	D	C	D	C	D
		10				01	
		11					
		21		12			
		31		22		13	
		41		32		23	

Fig. 1.49 - Composizione dei contatti ausiliari su un contattore di potenza: A) Bobina - B) Contatti di potenza - C) Numero di identificazione - D) Contatti ausiliari.

Per i contattori ausiliari valgono convenzioni analoghe a quelle dei contatti ausiliari dei contattori di potenza; inoltre, il contattore ausiliario è contraddistinto da un numero a due cifre, la prima delle quali indica il numero dei contatti in chiusura, la seconda quello dei contatti in apertura.

Se la disposizione dei contatti corrisponde a quella indicata nelle fig. 1.50 e fig. 1.51, il numero che definisce il contattore è seguito dalla lettera E.

La norma CEI 17-28 completa le prescrizioni per quanto riguarda i componenti elettronici (la norma in realtà non tratta il singolo componente, bensì la piastra contenente il circuito elettronico). Precisa, infatti, che:

- i terminali relativi a collegamenti con impedenze esterne (resistori, induttori, condensatori) devono essere contraddistinti con la lettera Z seguita dai numeri 1 e 2 per i terminali e dai numeri 3, 4 e così via per eventuali prese intermedie. Se vi è più di un'impedenza, si usano gruppi di due cifre, delle quali la prima indica il numero progressivo dell'impedenza;
- i terminali relativi a collegamenti con contatti di relè esterni devono essere contraddistinti con la lettera Y seguita dai numeri 1 e 2 (indipendentemente dalla natura dei contatti e dalla possibilità di collegamenti in serie o in parallelo di più contatti); se vi sono più uscite, si usano anche in questo caso gruppi di due cifre, delle quali la prima indica il numero progressivo;
- per i morsetti di alimentazione, vale quanto indicato per le bobine e, di conseguenza, si usa la lettera A;
- per le uscite dei contatti di relè interni, vale quanto indicato sopra per i contatti ausiliari.

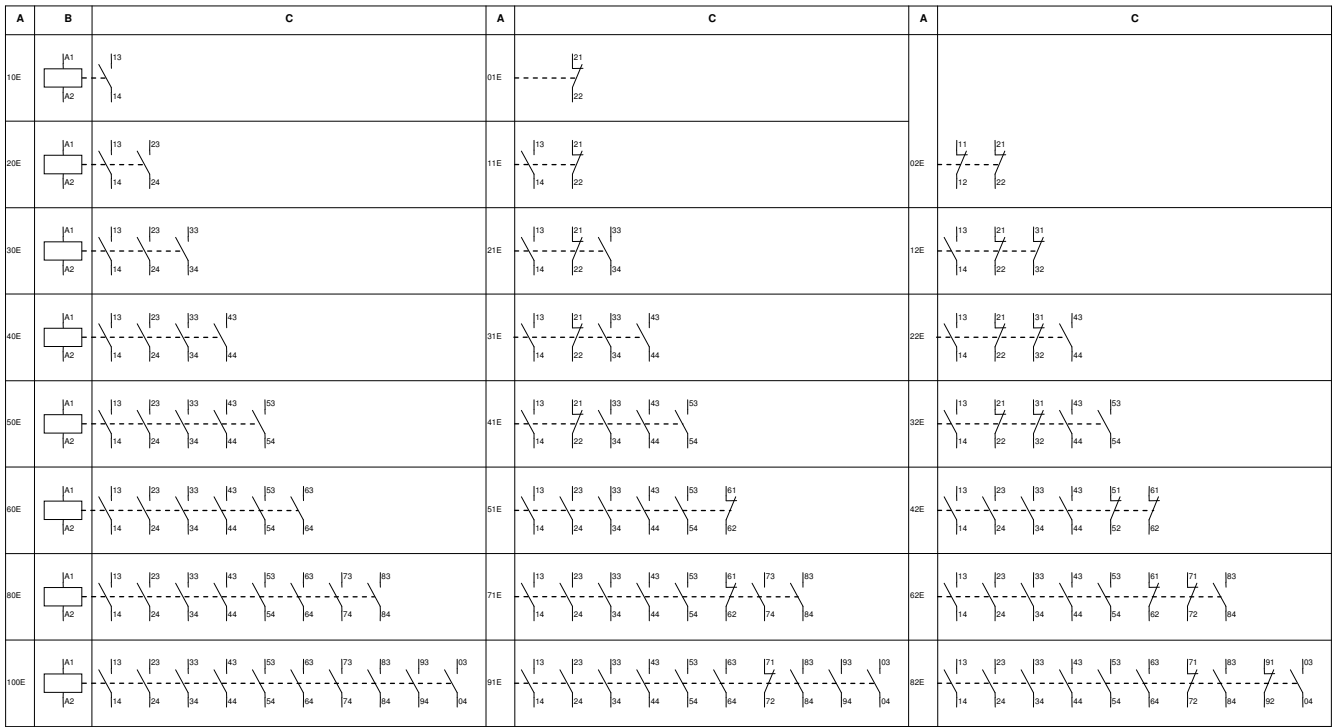


Fig. 1.50 - Schemi dei contattori ausiliari contraddistinti con la lettera E secondo la norma CEI 17-17:
 A) Identificazione - B) Bobina - C) Elementi di contatto.

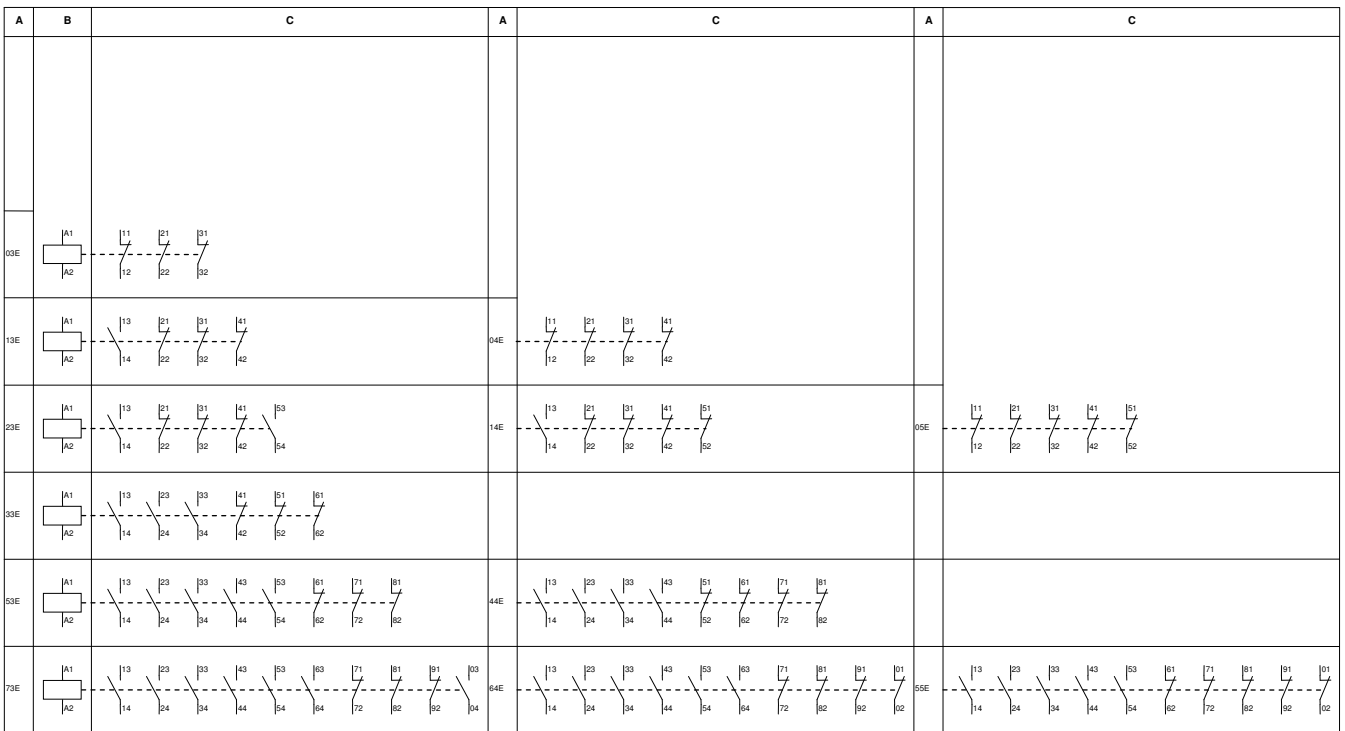


Fig. 1.51 - Schemi dei contattori ausiliari contraddistinti con la lettera E secondo la norma CEI 17-17:
 A) Identificazione - B) Bobina - C) Elementi di contatto.

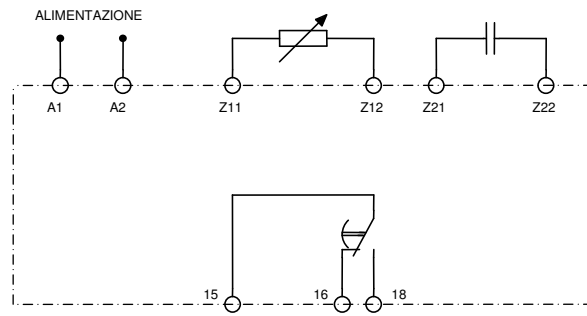


Fig. 1.52 - Esempio di identificazione dei morsetti in un apparecchio completo.

1.11 Marcatura dei terminali e senso di rotazione delle macchine rotanti

La norma CEI 2-8 è conforme alla pubblicazione IEC 34-8 e riguarda la marcatura dei terminali e il senso di rotazione delle macchine elettriche.

La norma, nel trattare la marcatura dei terminali, si basa sui seguenti principi:

- a) gli avvolgimenti sono designati da una lettera maiuscola (per esempio, U, V, W);
- b) le estremità e i punti intermedi di un avvolgimento sono designati mediante un suffisso numerico aggiunto alle lettere che designano l'avvolgimento (per esempio, U1, U2, U3);
- c) gli avvolgimenti simili di un gruppo di avvolgimenti designato con la stessa lettera si distinguono mediante un prefisso numerico aggiunto alla lettera che designa il gruppo di avvolgimenti (per esempio, 1U, 2U);
- d) le lettere che devono designare gli avvolgimenti a corrente continua sono scelte nella prima parte dell'alfabeto e quelle che devono designare gli avvolgimenti a corrente alternata sono scelte nella seconda parte.

Motori ad avvolgimento unico			
<p>Avvolgimento unico con 6 terminali d'uscita</p>	<p>Collegamento a stella con 4 terminali d'uscita</p>	<p>Collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita</p>	<p>Avvolgimento a prese con 12 terminali d'uscita</p>
Motori a due avvolgimenti			
<p>Avvolgimento in due metà per collegamento serie-parallelo, con 12 terminali d'uscita</p> <p>Nota: la sequenza interrotta 1, 2, 5, 6 è scelta per distinguere questo avvolgimento dall'avvolgimento a prese</p>	<p>Due avvolgimenti separati che non si prestano ad un collegamento serie-parallelo, con sei terminali d'uscita ciascuno</p> <p>Nota: nel caso di motori a poli commutabili con due avvolgimenti separati, corrispondenti a due velocità, il prefisso numerico più basso (più alto) deve indicare la velocità più bassa (più alta)</p>		
Motori a commutazione di poli			
<p>Bassa velocità: alimentazione in 1W, 1V, 1U Collegamento a stella in serie</p>	<p>Alta velocità: alimentazione in 2U, 2V, 2W; i terminali 1W, 1V, 1U sono riuniti in un punto comune esterno Collegamento a stella in parallelo</p>	<p>Bassa velocità: alimentazione in 1W, 1V, 1U Collegamento a triangolo in serie</p>	<p>Alta velocità: alimentazione in 2U, 2V, 2W; i terminali 1W, 1V, 1U sono riuniti in un punto comune esterno Collegamento a stella in parallelo</p>

Tab. 1.12 - Marcatura dei terminali dei motori asincroni trifase secondo la norma CEI 2-8.

La norma CEI 2-8 fornisce indicazioni precise sui terminali d'uscita **esterni**, cioè quelli che sono a disposizione dell'utilizzatore per i collegamenti della macchina alla sua alimentazione, ad altri apparecchi e per altri usi.

Tale raccomandazione può essere applicata anche ai terminali d'uscita interni.

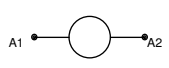

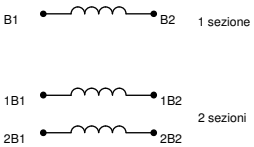

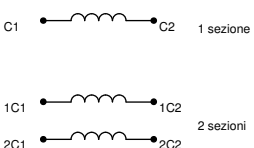
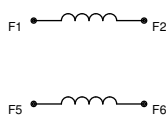




Per i motori a commutazione di poli, occorre tenere presente quanto segue:

- 1) il prefisso numerico più basso (più alto) deve indicare i terminali di alimentazione per la velocità più bassa (più alta);
- 2) la relazione fra il senso di rotazione e la sequenza alfabetica delle lettere è valida per entrambe le velocità.

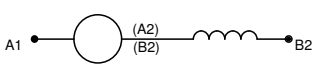
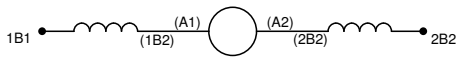
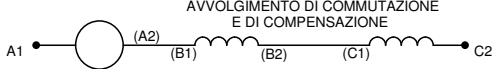
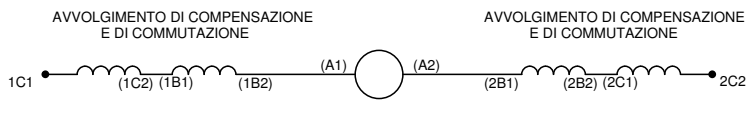
Per altri tipi di motori asincroni, valgono le seguenti indicazioni:

- le marcature dei terminali degli avvolgimenti trifase di rotore delle macchine asincrone a rotore avvolto devono essere derivate da quelle degli avvolgimenti dello statore, sostituendo le lettere U con K, V con L, W con M e N con Q;
- le marcature dei terminali degli avvolgimenti di statore o rotore bifasi devono essere derivate da quelle degli avvolgimenti trifase, sopprimendo le lettere W ed M;
- le marcature dei terminali degli avvolgimenti di statore dei motori monofase devono essere indicate con U1-U2: avvolgimento principale, Z1-Z2: avvolgimento ausiliario.

Per le macchine a corrente continua, i contrassegni dei terminali di armature, di eccitazione e degli avvolgimenti ausiliari sono riassunti nella tab. 1.13; i relativi collegamenti sono indicati nella tab. 1.14.

Macchine a corrente continua			
	Indotto		Eccitazione in derivazione
	Avvolgimento di commutazione		Eccitazione separata
	Avvolgimento di compensazione		Eccitazione separata in due parti (collegamento serie-parallelo)
	Eccitazione serie		Avvolgimento ausiliario sull'asse diretto
	Eccitazione serie con prese		Avvolgimento ausiliario sull'asse trasverso

Tab. 1.13 - Marcatura dei terminali delle macchine a corrente continua secondo la norma CEI 2-8.

	Collegamento in serie dell'avvolgimento d'indotto e dell'avvolgimento di commutazione, con due terminali
	Avvolgimento di commutazione in due sezioni da un lato e dall'altro dell'avvolgimento d'indotto, con due terminali
	Collegamento in serie dell'avvolgimento d'indotto, dell'avvolgimento di commutazione e di quello di compensazione, con due terminali
	Avvolgimento d'indotto collegato fra le due metà dell'avvolgimento di commutazione e dell'avvolgimento di compensazione, con due terminali

Tab. 1.14 - Collegamento fra gli avvolgimenti di indotto, commutazione e compensazione nelle macchine a corrente continua.

Il senso di rotazione (che è quello che si vede stando di fronte all'estremità d'albero unica o di fronte all'estremità d'albero più grande, se il motore ha più di un'estremità) è legato alla marcatura dei terminali dalle regole delineate nelle righe che seguono.

- **Motori asincroni trifase** – il senso di rotazione è orario quando l'ordine alfabetico dei morsetti corrisponde alla successione delle fasi nel tempo (si ha pertanto senso orario collegando nell'ordine le fasi L1, L2, L3 ai terminali U1, V1, W1; per invertire il senso di rotazione, è sufficiente scambiare due fasi).

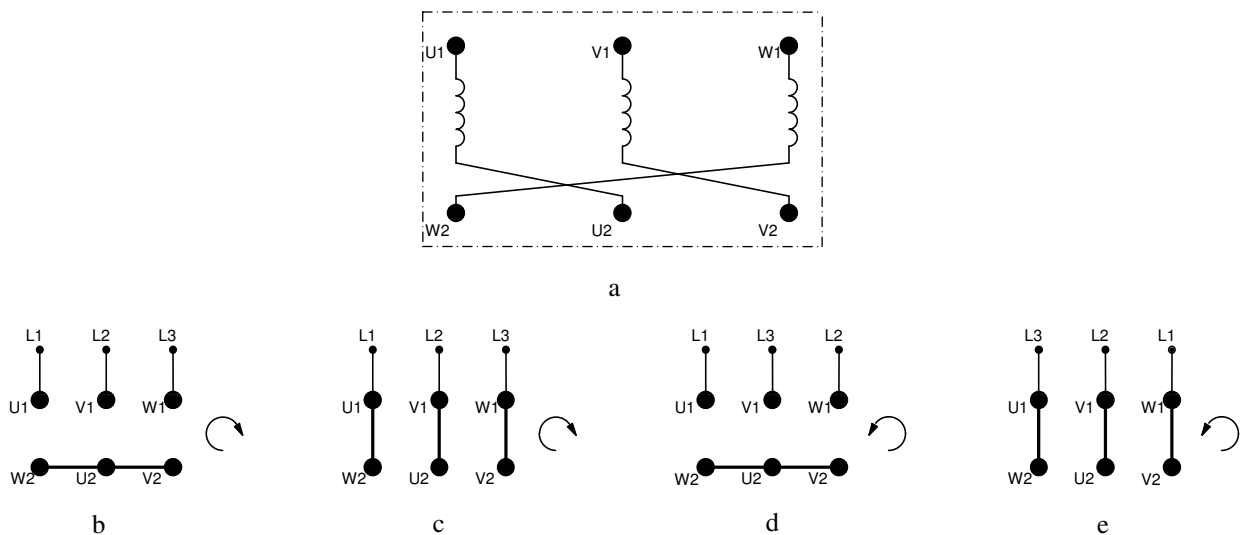


Fig. 1.53 - Motori asincroni trifase: a) Esempio di morsetti a 6 morsetti e collegamenti delle tre fasi - b) Collegamento delle fasi a stella, alimentazione delle fasi per senso di rotazione orario - c) Collegamento delle fasi a triangolo, alimentazione delle fasi per senso di rotazione orario - d) Collegamento delle fasi a stella, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L2 con L3) - e) Collegamento delle fasi a triangolo, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L1 con L3).

- **Motori asincroni monofase ad induzione** – il senso di rotazione, è orario se il collegamento è effettuato secondo quanto indicato nella fig. 1.54; per invertire il senso di rotazione, occorre scambiare i collegamenti dell'avvolgimento ausiliario oppure, se i due avvolgimenti sono equivalenti, portare l'alimentazione su Z2 anziché su U2.

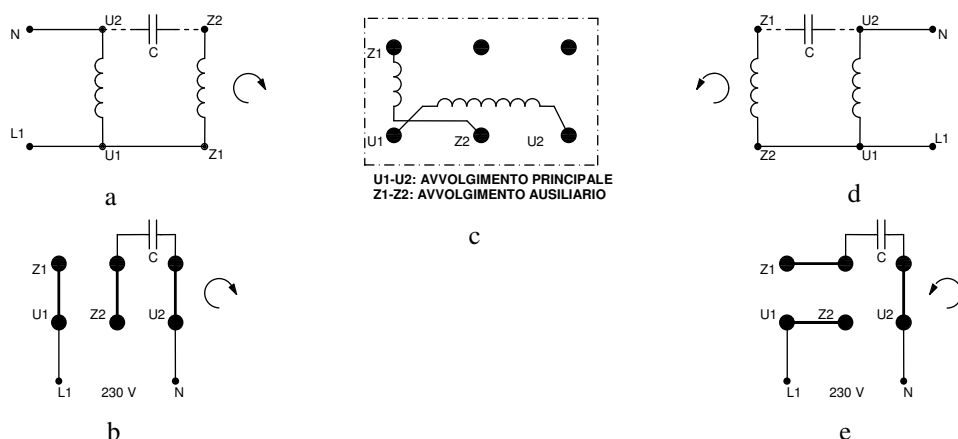


Fig. 1.54 - Motori asincroni monofase ad induzione con condensatore di avviamento sempre inserito: a) Collegamento degli avvolgimenti corrispondente al senso di rotazione orario - b) Collegamento in morsetti degli avvolgimenti per senso di rotazione orario - c) Esempio di morsetti a 6 morsetti e collegamento degli avvolgimenti - d) Collegamento degli avvolgimenti corrispondente al senso di rotazione antiorario - e) Collegamento in morsetti degli avvolgimenti per senso di rotazione antiorario.

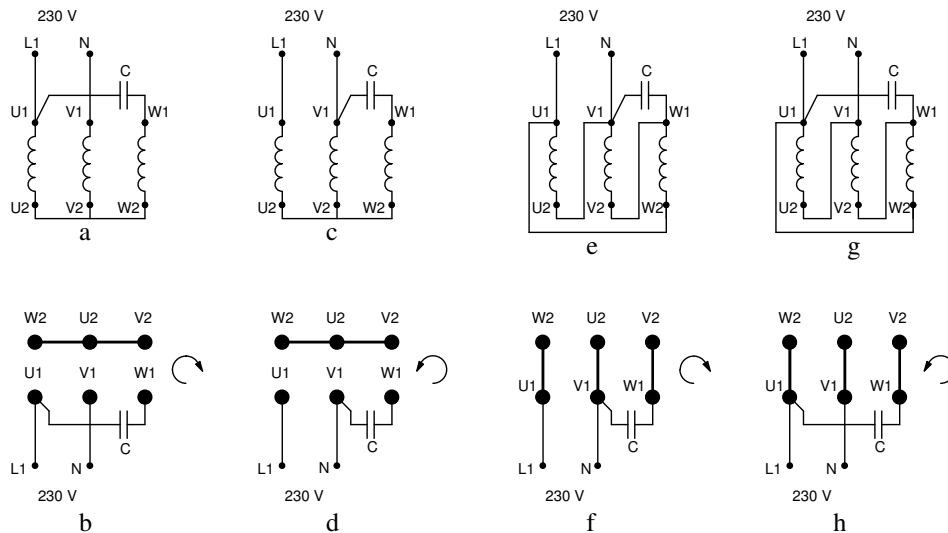


Fig. 1.55 - Esempi di collegamento per l'alimentazione monofase a 230 V di motori asincroni trifase. Motori 132 V/230 V: a) Collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario - b) Relativo schema di collegamento della morsettiera - c) Collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario - d) Relativo schema di collegamento della morsettiera. Motori 230 V/400 V: e) Collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario - f) Relativo schema di collegamento della morsettiera - g) Collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario - h) Relativo schema di collegamento della morsettiera.

- **Motori a corrente continua** – il senso di rotazione è orario se la corrente procede dal morsetto 1 al morsetto 2 o viceversa, sia nell'avvolgimento di armatura sia in quelli di eccitazione. Hanno dunque senso orario motori collegati come indica la fig. 1.56, indipendentemente dalla polarità di alimentazione. Pertanto, per invertire il senso di rotazione, occorre invertire o il circuito di armatura o il circuito di eccitazione. Particolare attenzione dovrà essere posta nel caso di motori con eccitazione composta, nei quali è necessario che il campo serie resti sempre concorde con quello derivato o indipendente. Si noti che, invece, i collegamenti fra gli avvolgimenti di commutazione e di compensazione e quello di armatura non devono mai essere invertiti, ma devono sempre corrispondere a quanto indicato nella tab. 1.14.



Fig. 1.56 - Esempi di collegamento nei motori a corrente continua, corrispondenti al senso di rotazione orario: a) Circuito di eccitazione in derivazione - b) Circuito di eccitazione in serie.

1.12 Codifica dei dispositivi indicatori e degli attuatori (norme CEI 16-3/16-6)

La norma CEI 16-3 è arrivata alla terza edizione: rispetto alle precedenti, che prendevano in considerazione solo i colori dei segnalatori e dei pulsanti, la nuova edizione considera più in generale anche altri mezzi di segnalazione, come i segnalatori acustici.

Gli stessi argomenti, limitatamente al colore dei pulsanti e degli indicatori luminosi, sono trattati anche dalla norma CEI 44-5: “Equipaggiamento elettrico delle macchine. Parte 1: Regole generali”.

Ai colori non è sempre stato attribuito lo stesso significato: in Europa, in passato, per i colori delle lampade di segnalazione si indicava “impianto in marcia” con il rosso, e “impianto fermo” con il verde.

Negli Stati Uniti, invece, i due colori avevano significato opposto: rosso per “arresto” e verde per “marcia”.

La logica americana, di tipo semaforico, è prevalsa, salvo alcune eccezioni, ed è stata normalizzata nella norma IEC 73, da cui deriva la norma CEI 16-3.

1) Codifica con colori

Il colore è uno dei mezzi più efficaci per attirare l’attenzione. Per questo motivo, significati specifici sono attribuiti a determinati colori.

Questi colori devono essere facilmente identificabili e distinguibili dal colore di fondo e da tutti gli altri colori attribuiti.

L’uso di determinati colori deve essere riservato ad applicazioni che implicano la sicurezza.

La norma si occupa dei dispositivi indicatori e degli attuatori utilizzando soltanto i seguenti colori: **rosso, giallo, verde, blu, nero, grigio, bianco**.

Da notare che il colore nero è utilizzato anche per i dispositivi indicatori, per esempio, per i video display o per gli indicatori meccanici.

I significati da attribuire ai vari colori sono indicati nella tab. 1.15.

Colore	Significato		
	Sicurezza delle persone o dell’ambiente	Condizioni di processo	Stato dell’apparecchiatura
ROSSO	Pericolo	Emergenza	Nessun significato particolare
GIALLO	Attenzione	Anormale	Nessun significato particolare
VERDE	Sicurezza	Normale	Nessun significato particolare
BLU	Significato obbligatorio		
BIANCO GRIGIO NERO	Non è attribuito alcun significato specifico		
Nota:			
<ul style="list-style-type: none"> • Se dispositivi indicatori connessi in parallelo sono montati in posti differenti oppure la stessa fonte d’informazione può avere differenti significati, per questi dispositivi indicatori possono essere utilizzati colori differenti. • Le lampade a scarica e i diodi LED gialli possono essere utilizzati al posto del BIANCO, se non c’è il rischio di confusione per l’operatore. • Non devono sorgere dubbi, per esempio, dall’uso di LED per BIANCO, GIALLO e VERDE, se almeno due di questi colori sono utilizzati. 			

Tab. 1.15 - Significato dei colori per la codifica. Principi generali secondo la norma CEI 16-3.

I significati elencati nella tab. 1.15 devono essere mantenuti anche quando l’informazione è effettuata mediante video display, touch screen; i segnali relativi alla sicurezza devono essere resi con colori brillanti, saturi e contrastanti; per gli altri possono essere usati anche colori tenui e non saturi.

Un’informazione ausiliaria può essere realizzata con l’intermittenza, secondo delle regole fissate dalla norma stessa.

L’intermittenza del segnale luminoso ha lo scopo di attirare maggiormente l’attenzione delle persone.

La maggior frequenza del lampeggio deve essere correlata a messaggi di priorità maggiore.

Una forma particolare di intermittenza, destinata ad inviare messaggi generali ad ampio raggio, è ottenuta mediante lampade rotanti.

2) Dispositivi indicatori

I dispositivi indicatori possono essere impiegati per fornire un’informazione dello stato dei vari elementi in un sistema, per confermare il risultato di un comando, per attirare l’attenzione dell’operatore, segnalando eventuali condizioni anormali o indicando come eseguire una determinata operazione.

Di seguito sono riportate tre tabelle che indicano il significato dei colori nel caso di dispositivi riguardanti, rispettivamente, la sicurezza (tab. 1.16), le condizioni del processo (tab. 1.17) e lo stato delle apparecchiature (tab. 1.18).

1	2	3	4	5	6
Colore	Significato	Spiegazione	Azione da compiere		Esempi di applicazione
			Dall'operatore	Da altre persone (*)	
ROSSO	Pericolo	<ul style="list-style-type: none"> Situazione pericolosa o ordine imperativo 	Risposta immediata a una situazione pericolosa	Fuga o arresto	<ul style="list-style-type: none"> Vietata l'entrata
GIALLO	Attenzione	<ul style="list-style-type: none"> Fuori servizio Situazione di guasto Rischio permanente o temporaneo (per esempio, accessibilità alle parti attive o mobili) 	Intervento per prevenire una situazione pericolosa	Evacuazione o accesso limitato	<ul style="list-style-type: none"> Accesso limitato
VERDE	Sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> Indicazione di una situazione di sicurezza Si può procedere in sicurezza Via libera 	Nessuna azione è richiesta	Non è richiesta alcuna azione	<ul style="list-style-type: none"> Percorso di fuga
BLU	Obbligatorio	<ul style="list-style-type: none"> Indicazione di una necessità per un'azione obbligatoria 	Azione obbligatoria	Azione obbligatoria	<ul style="list-style-type: none"> Senso unico
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato specifico attribuito	<ul style="list-style-type: none"> Informazione generale 	Nessuna azione è richiesta	Non è richiesta alcuna azione	<ul style="list-style-type: none"> Informazione sul percorso

(*) Persone che sono in prossimità di un impianto o di un processo, ma che non sono gli operatori.

Tab. 1.16 - Significato dei colori dei dispositivi indicatori relativi alla sicurezza delle persone, dei beni e/o dell'ambiente.

Ai colori normalizzati sono conferiti significati di genere; la puntualizzazione del messaggio (per esempio, il perché di un allarme, l'identificazione di un attuatore o del punto in cui si è verificata una situazione anormale) è demandata, invece, alla targhetta che è abbinata all'indicatore o al segno grafico stampigliato a fianco o sulla stessa gemma dell'indicatore.

1	2	3	4	5
Colore	Significato	Spiegazione	Azione dell'operatore	Esempi di applicazione
ROSSO	Emergenza	Condizioni pericolose	Risposta immediata a una situazione pericolosa, per esempio: <ul style="list-style-type: none"> azionando il pulsante dell'arresto di emergenza avviando la pompa di raffreddamento aprendo la valvola di sicurezza 	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura fuori dai limiti di sicurezza (per esempio, 20 bar) Caduta di tensione Guasto di un'unità principale Arresto di macchine indispensabili, sistemi ausiliari Temperatura di congelamento troppo alta Superamento della posizione di STOP per un apparecchio di sollevamento
GIALLO	Anormale	<ul style="list-style-type: none"> Condizioni anormali Condizione critica imminente 	Sorveglianza e/o intervento (per esempio, per ristabilire la funzione prevista)	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura al di fuori del normale livello (per esempio, 18 bar) Scatto di un dispositivo di protezione o di un'unità ausiliaria Trasportatore sovraccarico Superamento della fine corsa di un interruttore Cambio di posizione di una valvola o di un nastro trasportatore Temperatura di congelamento troppo bassa
VERDE	Normale	Condizioni normali	Facoltativa	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura entro i limiti normali (per esempio, 15 bar) Autorizzazione a procedere Indicazione dell'area di lavoro normale
BLU	Obbligatorio	Indica una condizione che necessita di un'azione	Azione obbligatoria	<ul style="list-style-type: none"> Istruzioni all'operatore per ottenere valori preselezionati
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato specifico attribuito	Ogni significato può essere usato se sussiste un dubbio per l'uso di ROSSO, GIALLO, VERDE, BLU	Sorveglianza	<ul style="list-style-type: none"> Informazioni generali (per esempio, conferma di un comando, come la messa in marcia di un motore, indicazione di valori misurati)

Tab. 1.17 - Significato dei colori dei dispositivi indicatori relativi alla condizione di un processo.

1	2	3
Colore	Significato	Esempi di applicazione
BLU	Obbligatorio	Indicazioni necessarie per ottenere: <ul style="list-style-type: none"> • valori preselezionati • altri modi di controllo
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato particolare attribuito	Indicazioni di stato, per esempio: <ul style="list-style-type: none"> • interruttore APERTO/CHIUSO • valvola CHIUSA/APERTA • motore FERMO/IN MARCIA

Tab. 1.18 - Significato dei colori preferenziali per dispositivi indicatori relativi allo stato dell'apparecchiatura.

3) Attuatori non luminosi

Per gli attuatori (pulsanti, selettori, interruttori, ecc.) i significati dei colori sono indicati nella tab. 1.19.

4) Attuatori per emergenze

Il colore utilizzato per gli attuatori ARRESTO/DISINSERZIONE di emergenza deve essere rosso.

5) Attuatori di ARRESTO/DISINSERZIONE (STOP/OFF)

BIANCO, GRIGIO e NERO sono i colori indicati per gli attuatori di ARRESTO/DISINSERZIONE con una preferenza per il NERO; anche il ROSSO è ammesso. Il VERDE non deve essere utilizzato.

Nel caso in cui lo stesso attuatore sia utilizzato per l'arresto di emergenza e per la normale operazione ARRESTO/DISINSERZIONE, il colore deve essere il ROSSO.

6) Attuatori di AVVIAMENTO/INSERZIONE (START/ON)

BIANCO, GRIGIO e NERO sono i colori preferiti per gli attuatori di AVVIAMENTO/INSERZIONE, che provocano la chiusura dell'interruttore e la messa in moto dell'apparecchiatura, con una preferenza per il BIANCO. È ammesso anche il VERDE. Non si deve utilizzare il ROSSO.

7) Uso dei colori BIANCO e NERO per significati particolari

Quando i colori BIANCO e NERO sono utilizzati per distinguere gli attuatori di AVVIAMENTO/INSERZIONE e ARRESTO/DISINSERZIONE, allora il BIANCO deve essere utilizzato per gli attuatori di AVVIAMENTO/INSERZIONE e il colore NERO deve essere usato per gli attuatori di ARRESTO/DISINSERZIONE.

8) Stessi attuatori utilizzati per AVVIAMENTO e INSERZIONE oppure per INSERZIONE e DISINSERZIONE

- BIANCO, GRIGIO e NERO sono i colori preferiti per gli attuatori che, quando sono utilizzati di frequente, agiscono alternativamente come AVVIAMENTO/INSERZIONE e come ARRESTO/DISINSERZIONE. I colori GIALLO e VERDE non possono essere usati. Il colore ROSSO deve essere usato solo nel caso in cui lo stesso attuatore, oltre che come pulsante, sia utilizzato anche per ARRESTO/DISINSERZIONE di EMERGENZA e per operazioni normali.
- BIANCO, GRIGIO e NERO sono i colori preferiti per gli attuatori che provocano un movimento quando sono azionati e arrestano il movimento quando sono rilasciati (funzionamento per comando a pulsanti). È ammesso anche il VERDE. Il ROSSO non deve essere utilizzato.

9) Attuatore di RIPRISTINO

Gli attuatori di RIPRISTINO (utilizzati, per esempio, con i relè di protezione) devono essere BLU, BIANCO, GRIGIO o NERO, ad eccezione degli attuatori di RIPRISTINO, che agiscono come attuatori di ARRESTO/DISINSERZIONE. I colori di tali attuatori devono essere conformi con quanto detto per gli attuatori di ARRESTO/DISINSERZIONE (STOP/OFF).

1	2	3	4
Colore	Significato	Spiegazione	Esempi di applicazione
ROSSO	Emergenza	Azione in caso di pericolo o di emergenza	<ul style="list-style-type: none"> • Arresto di emergenza • Arresto o disinserzione con arresto di emergenza • Inizio di una funzione di emergenza • Attivazione dei sistemi antincendio
GIALLO	Anormale	Azione in caso di condizione anormale	<ul style="list-style-type: none"> • Intervento per sopprimere una condizione anormale • Intervento manuale per riavviare un ciclo automatico interrotto • Comando partenza pompa di raffreddamento surriscaldamento anomalo
VERDE	Sicurezza	Azione in caso di situazione di sicurezza o per preparare una condizione normale	(1) <ul style="list-style-type: none"> • Chiusura protezioni antinfortunistiche • Avviamento aspiratore di sicurezza • Riposizionamento cilindri pneumatici dopo un fermo macchina anomalo
BLU	Obbligatorio	Condizione che richiede un'azione (non coinvolgente la sicurezza)	<ul style="list-style-type: none"> • Funzione di ripristino come, per esempio, il reset manuale di un contaimpulsi • Ripristino relè di protezione • Ripristino segnalazione relè termico scattato
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato particolare attribuito	Avvio generale delle funzioni	<ul style="list-style-type: none"> • Può essere utilizzato in tutte le funzioni ad eccezione dell'arresto di emergenza, per esempio OFF/ON, STOP/START (2)

1. Per ARRESTO/DISINSERZIONE normale e AVVIAMENTO/INSERZIONE vedere il punto 8 paragrafo 1.12.
 2. Se mezzi supplementari di codifica (per esempio, forma e posizione) sono utilizzati per l'identificazione degli attuatori, lo stesso colore BIANCO o GRIGIO o NERO può essere utilizzato per differenti attuatori (per esempio, BIANCO per gli attuatori di AVVIAMENTO e BIANCO per gli attuatori di ARRESTO). Si preferisce utilizzare il colore BIANCO (può essere usato il VERDE) per gli attuatori di AVVIAMENTO e il NERO per gli attuatori di ARRESTO (si può usare il ROSSO se lontano dal dispositivo di emergenza).

Tab. 1.19 - Significato generale dei colori dei pulsanti e dei selettori.

Ogni pulsante deve essere dotato di una targhetta con l'indicazione letterale oppure di un segno grafico relativo alla funzione svolta.

I segni grafici di più frequente uso sono riportati nella tab. 1.20. È preferibile inciderli sugli attuatori.

Avviamento o inserzione (bianco)	Arresto o disinserzione (nero)	Pulsanti che provocano alternativamente avviamento e arresto o inserzione e disinserzione (grigio)	Pulsanti che provocano un movimento quando sono premuti e un arresto quando sono rilasciati (per esempio, ad azione mantenuta) (grigio)
	○	⊕	⊗

Tab. 1.20 - Segni grafici per la marcatura dei pulsanti.

Per quanto riguarda gli attuatori luminosi, in linea generale i colori devono rispondere sia alle prescrizioni relative agli attuatori sia a quelle relative ai segnalatori. In caso di difficoltà di scelta, si userà il colore bianco neutro. Il colore rosso, relativo alle funzioni di arresto, deve essere proprio dell'attuatore e non deve dipendere dall'accensione di una lampadina. Si rimanda al testo integrale della norma per informazioni più dettagliate.

Colore	Codice letterale	Colore	Codice letterale
Nero	BK	Grigio (ardesia)	GY
Marrone	BN	Bianco	WH
Rosso	RD	Rosa	PK
Arancione	OG	Oro	GD
Giallo	YE	Turchese	TQ
Verde	GN	Argento	SR
Blu (compreso azzurro)	BU	Verde - giallo	GNYE
Viola (porpora)	VT	--	--

Tab. 1.21 - Codifica dei colori per ausiliari di comando e segnalazione secondo la norma CEI 16-6.

1.13 Le unità di misura del Sistema Internazionale

Nell'elaborazione della documentazione elettrica per le apparecchiature e gli impianti, cioè gli schemi, le descrizioni, le istruzioni e così via, è frequente la necessità di indicare le grandezze elettriche considerate allo scopo di completare le informazioni dovute.

Per tali indicazioni, con i loro coefficienti di quantità, si impiegano le corrispondenti unità di misura del *Sistema Internazionale* (SI), oggetto della direttiva CEE n. 80/181 recepita dall'Italia nello stesso anno con il D.P.R. 12 agosto 1982, n. 802, che comprende sette unità fondamentali, due unità supplementari e una serie di unità derivate divenute di abituale impiego (tab. 1.22).

Nel testo saranno utilizzate solo le unità di misura e i relativi simboli del SI.

Le unità fondamentali sono: il metro per la lunghezza, il chilogrammo per la massa, il secondo per il tempo, l'ampere per la corrente, il grado kelvin per la temperatura, la candela per l'intensità luminosa e la mole per la quantità di sostanza.

Grandezza	Unità	Simbolo ed equivalenza
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Intensità di corrente	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Intensità luminosa	candela	cd
Quantità di materia	mole	mol

a

Grandezza	Unità	Simbolo ed equivalenza
Forza	newton	N $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Pressione	pascal	Pa $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$
Lavoro, energia, calore	joule	J $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
Potenza	watt	W $1 \text{ W} = 1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$
Frequenza	hertz	Hz $1 \text{ Hz} = \text{s}^{-1}$

b

Grandezza	Unità	Simbolo ed equivalenza
Tempo	minuto	min $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	ora	ora $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
	giorno	giorno $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
Volume	litro	litro $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$
Pressione	bar	bar $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

c

Tab. 1.22 - Sistema Internazionale: a) Unità fondamentali - b) Unità derivate - c) Altre unità.

La temperatura espressa in gradi kelvin è pari a quella in Celsius, o centigrada, più 273,15. Anche la temperatura centigrada è ammessa nel SI.

L'insieme dei simboli SI è unico e ben definito. Simboli delle unità fondamentali sono: **m** per il metro; **kg** per il chilogrammo; **K** per il kelvin; **s** per il secondo; **A** per l'ampere; **mol** per la mole e **cd** per la candela (il grado Celsius si indica con °C).

Quanto alla mole e alla candela, queste due unità non hanno molta importanza per l'analisi dei circuiti elettrici.

La novità particolarmente significativa, introdotta dal Sistema Internazionale, è che la massa di un corpo può essere definita come la quantità di materia contenuta in esso ed è sempre la stessa, indipendentemente dal luogo ove è effettuata la misura; infatti, l'unità di misura della massa è il chilogrammo.

Il peso P di un corpo è legato all'attrazione gravitazionale ed è la forza che è esercitata su di esso pari al prodotto della massa m per l'accelerazione di gravità g , ovvero $P = m \cdot g$.

Il peso perciò non risulta costante, ma cambia al variare dell'accelerazione di gravità, che dipende, a sua volta, dall'altitudine.

È per questo motivo che viene utilizzato come unità di peso e, quindi, della forza il newton (N), che è misurato in $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Per una completa informazione sulle unità di misura riguardanti l'elettricità e le sue applicazioni, i loro simboli, i monomi dimensionali e altre particolarità, si veda la norma CEI 24-1 VI edizione 1986: "Unità di misura e simboli letterali da usare in elettrotecnica", che ne indica oltre un centinaio.

Nella tab. 1.23 sono riportati il nome e il simbolo delle unità di misura ricorrenti nella pratica.

Vale la pena ricordare (successivamente saranno riportate le principali regole della grammatica tecnica) che il nome delle unità di misura deve essere generalmente scritto in minuscolo, compresa la lettera iniziale, e che, quando derivano da un nome proprio, sono invariabili al plurale.

Il simbolo dell'unità di misura non deve essere seguito dal punto finale, salvo al termine delle frasi. Si scrive 5 m e non 5 m. (con il punto finale).

Se l'indicazione dell'unità di misura accompagna l'indicazione della sua quantità, l'unità stessa deve essere espressa con il simbolo scritto dopo il valore numerico (per esempio, 230 V - 100 A e non V 200 e A 100).

Il prefisso k (kilo) deve essere minuscolo e non maiuscolo.

L'unità di misura non accompagnata da un numero in cifre si esprime con il nome e non con il simbolo, salvo nei disegni, nei prospetti e così via.

Nome della grandezza	Simbolo		Unità di misura	
	principale	di riserva	nome	simbolo
Accelerazione lineare	a		metro al secondo quadrato	m/s^2
Ammetenza	Y	Y_e	siemens	S
Angolo (piano)	$\alpha, \beta, \gamma, \delta$		radiante	rad
Area	A	S	metro quadrato	m^2
Capacità elettrica	C		farad	F
Capacità termica	C		joule al kelvin	J/K
Carica elettrica	Q		coulomb	C
Conducibilità	$\gamma \cdot \sigma$		siemens al metro	S/m
Corrente elettrica	i, I		ampere	A
Costante dielettrica	ϵ		farad al metro	F/m
Densità di corrente	J	S	ampere/metro quadrato	A/m^2
Diametro	d		metro	m
Differenza di fase	φ, Φ	ϑ, θ	radiante	rad
Differenza di potenziale (tensione)	U	V	volt	V
Energia	W, E		joule	J
Energia attiva	W, E		joule	J
Energia reattiva	Wq, Eq		var secondo	var s
Energia apparente	W_s, E_s		voltampere secondo	VA s
Fattore di potenza (f.d.p.)	λ			
F. d. p. con correnti e tensioni sin.	$\lambda = \cos \varphi$			
Flusso luminoso	Φ	Φ_v	lumen	lm
Flusso magnetico	Φ		weber	Wb
Forza	F		newton	N
Forza elettromotrice	E		volt	V
Forza magnetica	H		ampere al metro	A/m
Forza magnetomotrice	F, F_m	\mathcal{F}	ampere	A
Frequenza	F	ν	hertz	Hz
Illuminamento	E	E_v	lux	lx
Impedenza	Z	Z_c	ohm	Ω
Induttanza	L		henry	H
Induzione magnetica	B		tesla	T
Intensità luminosa	I	I_v	candela	cd
Lavoro	W	A	joule	J
Luminanza	L	L_v	candela al metro quadrato	cd/m^2
Lunghezza	l		metro	m
Massa	m		kilogrammo	kg
Momento di una forza	M		newton metro	N m
Momento di una coppia	T		newton metro	N m
Numero di spire	N			
Numero di fasi	m			
Numero di coppie di poli	p			
Permeabilità magnetica assoluta	$\mu \cdot \mu_0$		henry al metro	H/m
Permeabilità relativa	μ_r			
Peso	G	P, W	newton	N
Potenza	P		watt	W
Potenza attiva	P	P_e	watt	W
Potenza reattiva	Q	P_q	var	var
Potenza apparente	S	P_s	voltampere	VA
Pressione	P		pascal	Pa
Pulsazione	ω		radiante al secondo	rad/s
Rapporto fra numero di spire	N	Q		
Reattanza	X	X_e	ohm	Ω
Rendimento	η			
Resistenza	R	R_e	ohm	Ω
Resistività	ρ		ohm metro	Ωm
Riluttanza	R, R_m	\mathcal{R}	henry a meno 1	H^{-1}
Tempo	T		secondo	s
Temperatura assoluta	T	θ	kelvin	K
Temperatura (usuale)	T	ϑ, θ	grado Celsius	$^{\circ}C$
Velocità (angolare)	ω	Ω	radiante al secondo	rad/s
Velocità (lineare)	v, u, c, w		metri al secondo	m/s
Volume	V	v	metro cubo	m^3

Tab. 1.23 - Principali grandezze con rispettivi simbolo e unità di misura secondo le norme CEI 24-1.

Tra i multipli e i sottomultipli di ogni unità fondamentale esiste una relazione **decimale**, indicata con prefissi che si scrivono all'inizio del nome dell'unità SI interessata.

Per esempio, il prefisso che indica *mille volte* è *kilo*, la parola *kiloampere* indicherà, di conseguenza 1000 amper; analogamente, poiché *micro* è il prefisso SI per un *milionesimo*, un *microsecondo* sarà pari a 0,000001. I simboli di questi prefissi sono quelli indicati nella tab. 1.24, nella quale sono anche indicate le corrispondenti potenze di 10.

Nella tecnica si fa spesso ricorso ai prefissi mega, kilo, milli, micro, nano e pico.

I simboli dei prefissi devono essere senza spazio tra il prefisso e il simbolo dell'unità, come per esempio:

- 100 mA, 10 pF, 50 μ F;
- TW, TWh = (miliardi di kW e di kWh);
- MW, GWh = (migliaia di kW e milioni di kWh). Il prefisso k (kilo) deve essere minuscolo e non maiuscolo.

Abbreviazione	Prefisso	Valore numerico	Denominazione
E	exa	10^{18}	trilioni
P	peta	10^{15}	bilardi
T	tera	10^{12}	bilioni
G	giga	10^9	miliardi
M	mega	10^6	milioni
k	kilo	10^3	migliaia
h	etto	10^2	centinaia
da	deca	10^1	decine
		10^0	unità
d	deci	10^{-1}	decimi
c	centi	10^{-2}	centesimi
m	milli	10^{-3}	millesimi
μ	micro	10^{-6}	milionesimi
n	nano	10^{-9}	miliardesimi
p	pico	10^{-12}	bilionesimi
f	femto	10^{-15}	bilirdesimi
a	atto	10^{-18}	trilionesimi

Tab. 1.24 - Multipli e sottomultipli delle unità di misura.

Di seguito, sono presentati alcuni esempi che mostrano l'uso dei multipli e dei sottomultipli delle unità di misura.

Esprimere: (a) 0,03 s in millisecondi, (b) 156,5 mm in metri, (c) 0,0344 m in millimetri, (d) 0,0854 mA in microampere, (e) 0,0000458 km in millimetri, (f) 0,055 m² in centimetri quadrati, (g) 3,62 · 10⁸ cm³ in metri cubi.

a) $0,03 \text{ s} = 0,03 \cdot 1000 \text{ ms} = 30 \text{ ms}$

b) $156,5 \text{ mm} = 156,5 \cdot 0,001 \text{ m} = 0,1565 \text{ m}$

c) $0,0344 \text{ m} = 0,0344 \cdot 1000 \text{ mm} = 34,4 \text{ mm}$

d) $0,0854 \text{ mA} = 0,0854 \cdot 1000 \mu\text{A} = 85,4 \mu\text{A}$

e) $0,0000458 \text{ km} = 0,0000458 \cdot 10^6 \text{ mm} = 45,8 \text{ mm}$

f) $0,055 \text{ m}^2 = 0,055 \cdot (100 \text{ cm})^2 = 0,055 \cdot (10^2)^2 \text{ cm}^2 = 0,055 \cdot 10^2 \cdot 10^2 \text{ cm}^2 = 0,055 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 550 \text{ cm}^2$

g) $3,62 \cdot 10^8 \text{ cm}^3 = 3,62 \cdot 10^8 \cdot 0,01 \text{ m}^3 = 3,62 \cdot 10^8 \cdot (10^{-6})^3 \text{ m}^3 = 3,62 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 3,62 \cdot 10^2 \text{ m}^3 = 362 \text{ m}^3$

Di seguito sono riassunte le principali regole per la scrittura delle unità di misura e dei numeri (grammatica tecnica).

- 1) Il simbolo dell'unità di misura segue, e non precede, il numero, lasciando uno spazio tra il numero e il simbolo con lo stesso carattere del numero e del testo in cui è inserito. Per esempio, si scrive 10 m² e non m² 10. Nelle operazioni matematiche di somma o sottrazione, ogni numero è seguito dal simbolo dell'unità, oppure si fa uso di parentesi, per esempio 12 m – 2 m = 10 m oppure (10 – 2) m = 10 m e non 12 – 2 m = 10 m; in modo analogo si deve scrivere 35 °C ± 5 °C oppure (35 ± 5) °C e non 35 ± 5 °C.
- 2) Il simbolo dell'unità di misura non deve essere seguito dal punto finale, a meno che non sia al termine della frase; si scrive 20 m e non 20 m.
- 3) Il prefisso k (kilo) deve essere minuscolo e non maiuscolo, perciò si scrive 4,7 k Ω e non 4,7 K Ω ; inoltre, i prefissi devono essere attaccati all'unità di misura, cioè senza spazio: si scrive 20 kV e non 20 k V.
- 4) L'unità di misura accompagnata da un numero in lettere si scrive con il nome e non con il simbolo. Per esempio, si scrive sette metri e non sette m. Può essere fatta un'eccezione nei disegni, nei diagrammi, nelle formule quando l'unità di misura è comune a più valori numerici, negli elenchi di simboli, ecc.
- 5) I nomi delle unità di misura, dei loro multipli e sottomultipli devono essere scritti con caratteri minuscoli, compresa la lettera iniziale; quindi si deve scrivere dieci ohm e non dieci Ohm.

- 6) I nomi delle unità di misura sono invariabili al plurale; fanno eccezione il metro, il chilometro, il secondo, la candela, il radiante, lo steradiano e tutte le unità derivate in cui essi compaiono; analogo discorso vale per i multipli e i sottomultipli. Si scrive quindi sei volt e non sei volts.
 - 7) Il prodotto di due o più simboli di unità può essere scritto in uno dei seguenti modi: Ωm oppure $\Omega\cdot\text{m}$ o infine Ωm . Si può scrivere ohm per metro oppure ohm metro, ma non ohm al metro.
 - 8) Per quanto riguarda la divisione di due o più simboli di unità, si può scrivere: m/s oppure $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ o, infine, $\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Si scrive metri al secondo e non metri per secondo.
 - 9) La separazione tra la parte decimale di un numero e quella intera deve essere fatta con la virgola e non con il punto: si scrive 32,6 e non 32.6.
 - 10) Le cifre che indicano un valore numerico possono essere separate a gruppi di tre da uno spazio, non da un punto, ovvero 1234000 può essere scritto come 1 234 000, ma non 1.234.000.
- Si vedano anche gli esempi d'impiego riportati di seguito, nella tab. 1.25, dove sono riportati usi corretti ed errati di alcune unità di misura.

Esempi di scrittura di alcune unità di misura			
Corretto	Errato	Corretto	Errato
50 Hz cinquanta hertz	50 hertz/50 hz/Hz 50/hertz 50 cinquanta Hz/50 Hz./cinquanta hz	4 lm quattro lumen	4 lumen/lm 4/4 lm. quattro lm/quattro lumens
2 A due ampere	2 ampere/2 A./A 2/2 Amp./due a. 2 a/due amperes/2 Amp.	6 cd sei candele	6 Cd./6 candele/cd 6 sei cd/6 cd.
2 kA due kiloampere	2 KA/due kA./kA 2/2 ka due kiloampere/due kiloamperes	1 s un secondo	1 sec/1s./1 secondo/un sec un s./sec. 1/sec 1
6 kV sei kilovolt	6 KV/sei kV/kV 6/Kv. 6/6 Kvolts 6 kV./KV 6/kilovolts 6	2 min due minuti	2 min./due min./2 minuti min 2/min. 2
8 kW otto kilowatt	8 KW/8 Kw/8 kW./8 Kwatt otto kW/otto kiloWatt	5 h cinque ore	5 ore/5 H/5 h./h. 5 cinque h./ore 5
7 kVA sette kilovoltampere	7 KVA/kVA 7/sette KVA/KVA 7 7 kVA./sette kilovoltAmpere	4 °C quattro gradi Celsius	4°/4 gradi/°C 4/4 C quattro °C/4 gradi °C
7 kWh sette kilowattora	7 Kwh/7 kwh/7 KWH/Kwh. Sette 7 kilowattora/sette kiloWattora	5 m cinque metri	m 5/5 mt/5 ml./cinque m./mt. 5 5 metri/cinque metri lineari
3kΩ tre kilohm	3 KΩ/KΩ 3/kΩ 3/3 kiloΩ tre KΩ/3 kilohm	4 km ² quattro chilometri quadrati	4 Km ² /4 kmq/Kmq 4/Kmq. 4 km ² 4/4 km ² .
3 MΩ tre megaohm	3 Mohm/MΩ 3/3 MΩ. 3 megaohm/tre MΩ/tre megaOhm	6 m ³ sei metri cubi	6 mc/mc 6/6 mc./mc. 6 6 metri cubi/sei mc.
9 Ωm (Ω x m;Ω m) nove ohm metro	Ωm 9/9 Ω metro/9 ohm m nove Ωm/nove Ohm x metro	2 km/h due chilometri all'ora	2 Km/h - 2 km/H - 2 Km/H Km/h 2 - due km/h
6 S sei siemens	6 siemens/sei S/6 S./6 Siemens S 6/sei Siemens/6 s/sei S.	3 kg tre kilogrammi	3 kg/tre kili/Kg 3/kg 3/3 kg. tre Kili/peso di tre kilogrammi
3 μF tre microfarad	μF tre/3 microfarad/3 μF./tre μF. μF 3/tre microFarad/microfarads 3	3 N tre newton	3 Newton/N3/3 N./N. 3 massa di tre newton/5 newton
8 lx otto lux	8 lux/lx 8/lux 8/lux. otto otto lx/8 lx.	1 Pa un pascal	Pa 1/1 Pa./un Pascal/Pa. 1 un Pa./1 pascal

Tab. 1.25 - Esempi di scrittura di alcune unità di misura.

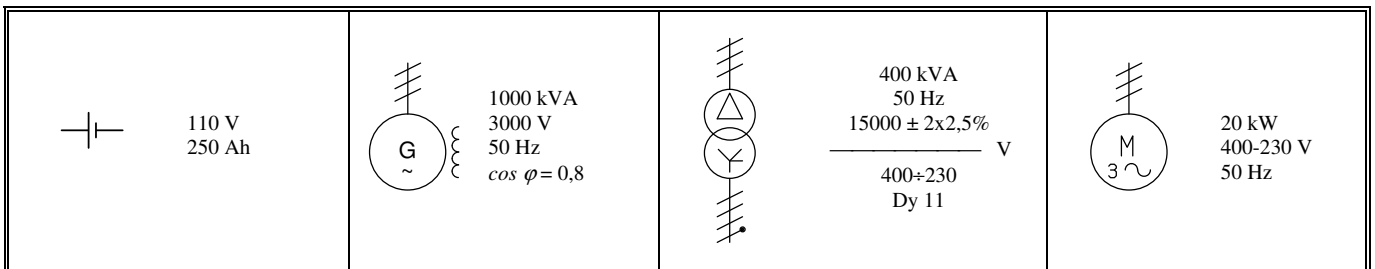


Fig. 1.57 - Esempi di impiego.

1.14 Schede per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici (nel CD-ROM allegato)

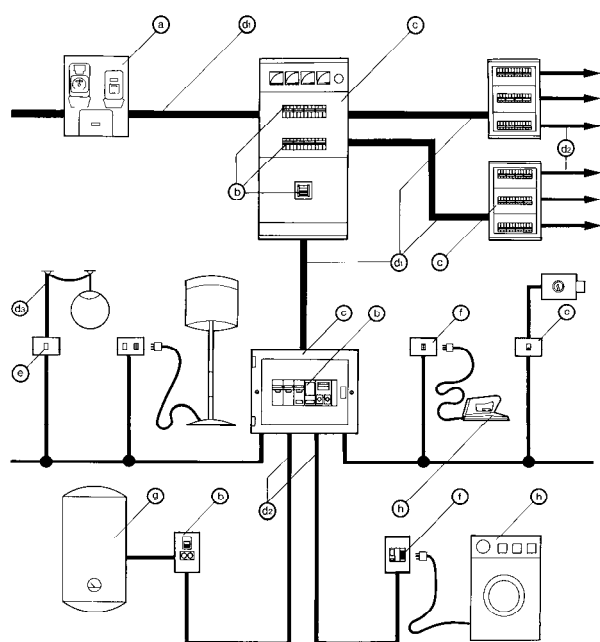
1.15 Documentazione prodotta con il personal computer (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 2

PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

2.1 Rassegna dei tipi fondamentali di impianti per ambienti ordinari

Un impianto per ambienti civili o industriali ha inizio immediatamente a valle del gruppo di consegna dell'energia (a) ed è composto dalle seguenti parti mostrate nella fig. 2.1. Fanno parte dell'impianto anche gli utilizzatori fissi (g), mentre sono da scorporare perché intercambiabili gli utilizzatori trasportabili o mobili (h).



Legenda.

- (a) Gruppo di consegna.
- (b) Interruttori di manovra.
- (c) Quadri o centralini.
- (d) Circuiti di distribuzione (d1), terminali (d2) e (d3).
- (e) Apparecchi di comando.
- (f) Prese a spina.
- (g) Utilizzatori fissi.
- (h) Utilizzatori trasportabili o mobili.

Fig. 2.1 - Componenti fondamentali degli impianti civili ed industriali.

La conformazione degli impianti ordinari varia in funzione del livello di elettrificazione, della struttura e del grado di finitura dei locali. Si distinguono, in base a queste caratteristiche, tre ambienti:

- **a finitura civile** (abitazione, scuola, ufficio, albergo e similari);
- **a finitura rustica** (cantina, solaio, magazzino, ecc.);
- **industriale** (officina, laboratorio, rimessa, ecc.).

L'**ambiente a finitura civile** richiede impianti debitamente armonizzati con l'arredamento e con l'architettura interna; le tecniche per ottenere tale armonizzazione possono consistere nel nascondere il più possibile le condutture (si veda, per esempio, l'impianto sotto traccia) oppure nell'adottare canalizzazioni in vista di opportuno design. I tracciati sono influenzati in modo determinante dalla struttura edile e dalle previsioni d'arredamento.

L'**ambiente a finitura rustica**, essendo privo di esigenze estetiche, consente di realizzare gli impianti secondo le tecniche più convenienti per funzionalità e rapidità d'installazione; in linea di massima, si adottano condutture in vista (impianti a giorno) costituite da cavi con guaina aggraffati alle pareti ed al soffitto oppure conduttori senza

guaina posati entro tubi, per esempio in plastica (si pensi agli impianti stagni dove le apparecchiature sono chiuse in cassette e ai porta frutti stagni).

L'**ambiente industriale** è caratterizzato da una intensa elettrificazione che richiede condutture dorsali di grande portata con frequenti punti di allacciamento. In questi casi la funzionalità, l'affidabilità, la rapidità di riparazione, la possibilità di modifiche ed ampliamenti sono preponderanti su ogni altra considerazione; l'impianto è inserito in strutture facilmente accessibili ed ispezionabili, generalmente in vista oppure mascherate da semplici coperture. I tracciati seguono in genere la via più breve o quella più razionale dal punto di vista delle esigenze tecnico-economiche.

Le figure che seguono schematizzano per ciascun caso le strutture caratteristiche ed il materiale tipico più comunemente adottato. La tipizzazione illustrata è, evidentemente, soltanto teorica essendo frequente nella pratica impiantistica la coesistenza in uno stesso ambiente di più strutture; per esempio, il sistema a pavimento è solitamente integrato sulle pareti da condutture sotto traccia o in canalette ed entrambi questi impianti possono coesistere con installazioni in controsoffitti.

Nei paragrafi successivi vengono presentate e descritte le caratteristiche tecniche dei principali componenti utilizzati negli impianti elettrici civili; alcuni di questi componenti (per esempio, cavi, interruttori automatici, fusibili), in realtà, vengono impiegati anche negli impianti di distribuzione industriali e per il comando dei motori elettrici.

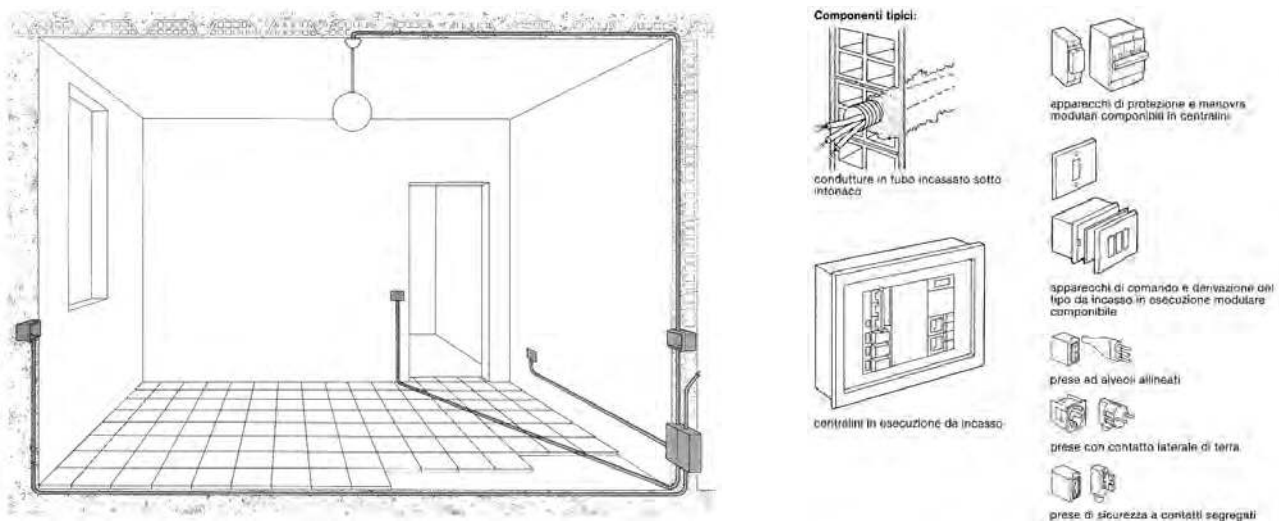


Fig. 2.2 - Esempio di impianto sotto traccia. Ambienti tipici: abitazioni, uffici, scuole, alberghi, negozi, con vani di piccole dimensioni e struttura edile tale da consentire il passaggio delle tubazioni sia nelle pareti perimetrali che nei soffitti e nei pavimenti.

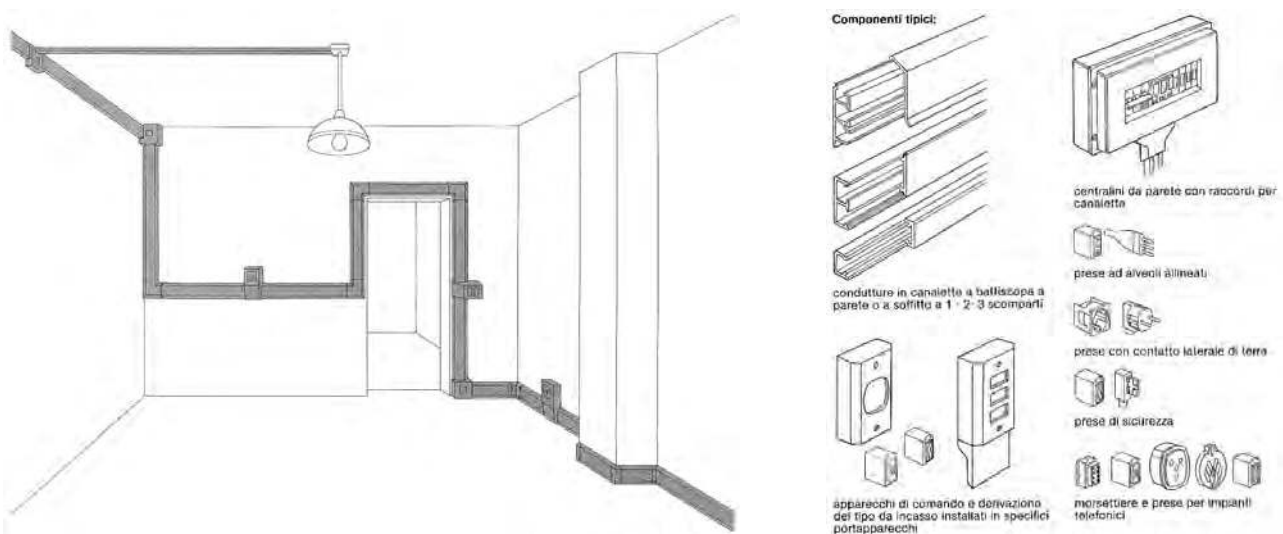
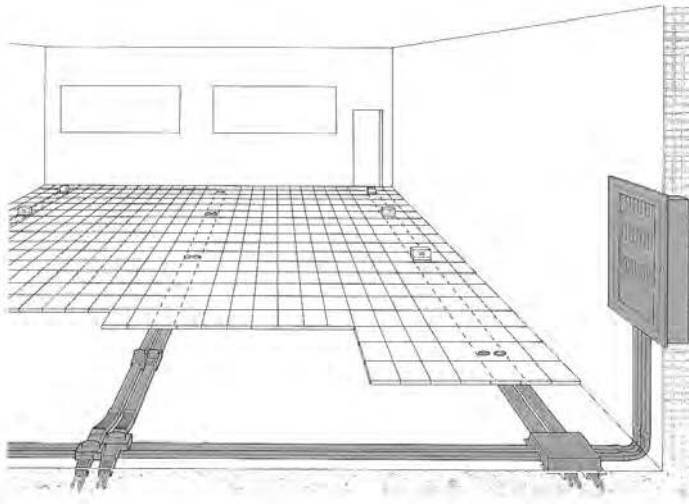


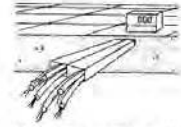
Fig. 2.3 - Esempio di impianto con canalette in vista. Ambienti tipici: scuole, uffici, laboratori, abitazioni prefabbricate, abitazioni ristrutturate e in genere come sostitutivo dell'impianto sotto traccia quando è necessario una grande flessibilità degli impianti elettrici.



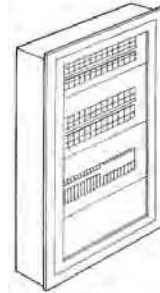
Componenti tipici:



apparecchi di protezione a manovra modulari componibili in quadri e centralini



condutture in canalette sotto pavimento con uscite su borette predisposte per l'installazione degli apparecchi sotto indicati



quadri di zona in esecuzione da incasso di tipo prefabbricato



prese ad alveoli allineati



prese con contatto laterale di terra

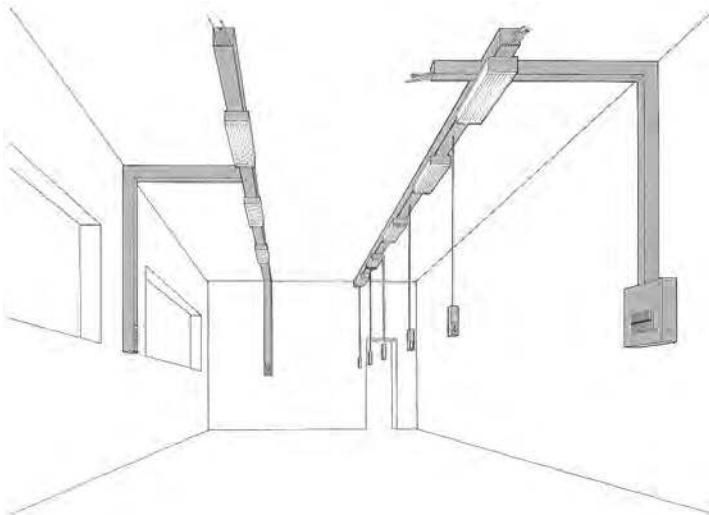


prese di sicurezza a contatti segregati

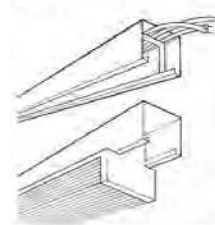


connettori ed uscite per impianti ausiliari morsaletta e prese per impianti telefonici

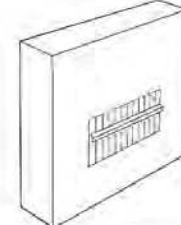
Fig. 2.4 - Esempio di impianto a pavimento. Ambienti tipici: uffici pubblici con vani di grandi dimensioni, strutture del tipo a piano aperto, ristrutturazione di vecchi edifici e, in genere, tutti i casi in cui le pareti perimetrali sono distanti dai punti di utilizzazione dei servizi elettrici e telefonici. Sulle pareti divisorie l'impianto può essere realizzato con canalette in vista.



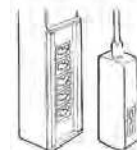
Componenti tipici:



condutture in canale predisposto per il sostegno di apparecchi illuminanti sia distanziali che in linea continua



quadri di zona in esecuzione da parete di tipo prefabbricato

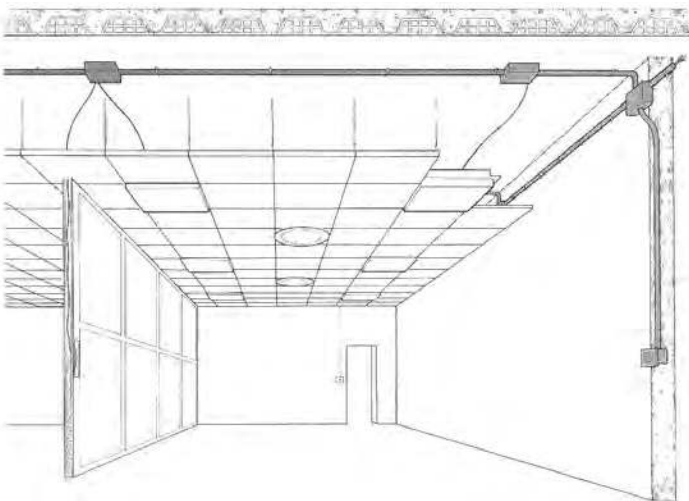


discese a parete o discese volanti con possibilità di installare apparecchi di comando e derivazione di tipo visto nei casi precedenti



apparecchi di protezione a manovra modulari componibili in quadri e centralini

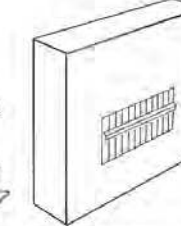
Fig. 2.5 - Esempio di impianto con canale a soffitto. Ambienti tipici: scuole uffici laboratori, magazzini, supermercati e, in genere, tutti gli ambienti che necessitano di consistenti impianti di illuminazione. Se è il caso, può essere integrato da impianti sotto traccia, da impianti a pavimento o da impianti in canalette.



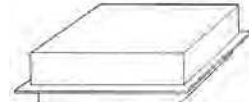
Componenti tipici:



condutture in tubo aggraffato a parete (per la parte mascherata dal controsoffitto)



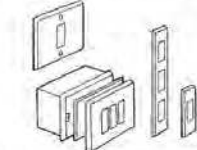
quadri di zona in esecuzione da parete o da incasso secondo i casi



apparecchi illuminanti da incasso e semi-incasso in controsoffitti

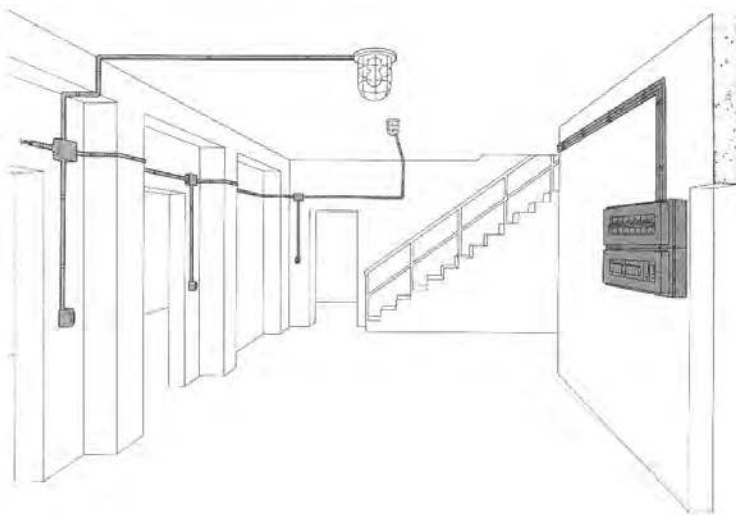


apparecchi di protezione e di manovra modulari componibili in quadri e centralini



apparecchi di comando e derivazione del tipo da incasso oppure del tipo da inserire in profilo di sostegno per tramezze prefabbricate

Fig. 2.6 - Esempio di impianto nel controsoffitto. Ambienti tipici: uffici pubblici e privati, saloni, ristoranti, locali di ritrovo e, in genere, tutti gli ambienti di medie e grandi dimensioni controsoffittati. Se è il caso, può essere integrato da impianti sotto traccia, a pavimento o da impianti in canalette.



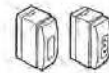
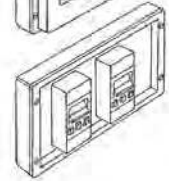
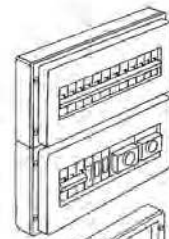
Componenti tipici:



condutture in cavo aggirato a parete oppure in tubo aggirato a parete

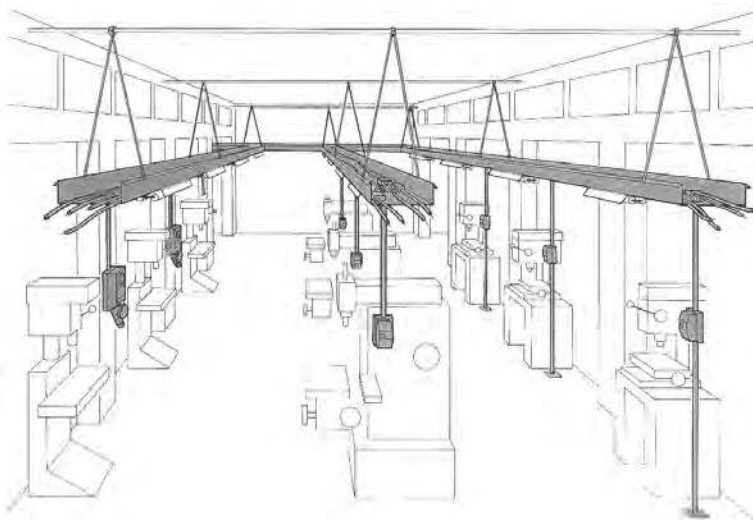


apparecchi di protezione o di manovra in esecuzione da parete o da incasso in quadri semplici

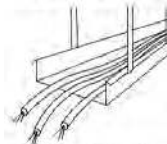


apparecchi di comando e derivazione in custodia da parete

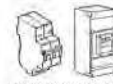
Fig. 2.7 - Esempio di impianto a vista. Ambienti tipici: seminterrati, magazzini, solai, cantine e, in genere, tutti i locali rustici con pareti in calcestruzzo o in mattoni pieni che presentano difficoltà per l'incasso dell'impianto.



Componenti tipici:



condutture in canale sospeso a parete di tipo attrezzato per discese lungo il tracciato o per il sostegno di apparecchi illuminanti



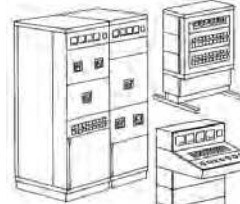
tutta la gamma degli apparecchi di protezione e manovra con correnti nominali da 10 a 1000A



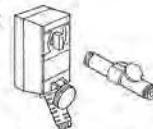
apparecchi di comando per usi industriali del tipo a parco e similari con correnti nominali da 2 a 200A



prese a spina tonda

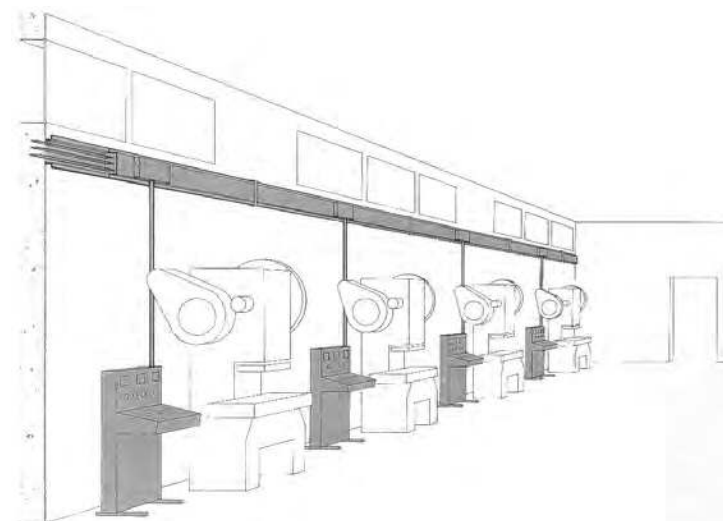


quadri del tipo ad armadio, a parete, a leggio, ecc. per distribuzione o per comando di macchine

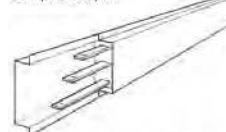


prese a spina protette e interbloccate

Fig. 2.8 - Esempio di impianto industriale con canali. Ambienti tipici: capannoni industriali per lavorazioni di qualsiasi tipo caratterizzate da molte macchine di piccola e media potenza e da consistenti impianti di illuminazione.



Componenti tipici:



condutture in sbarre protette da involucri e prefabbricate in spezzoni standard facilmente componibili



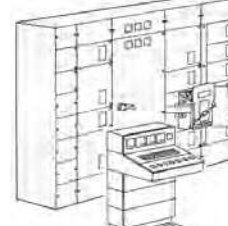
interruttori automatici anche del tipo per correnti superiori a 1000A



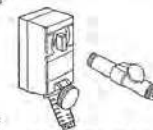
apparecchi di comando per usi industriali del tipo a parco e similari con correnti nominali da 2 a 200A



prese a spina tonda



armadi per grosse distribuzioni, anche del tipo power center e similari, quadri e banchi a leggio per comando di macchine



prese a spina protette e interbloccate

Fig. 2.9 - Esempio di impianto industriale in sbarre prefabbricate. Ambienti tipici: capannoni industriali per lavorazioni caratterizzate da elevati assorbimenti di corrente e da macchine di media e grande potenza unitaria. Per l'impianto di illuminazione bisogna predisporre condutture di altro tipo o sistemi di sbarre a bassa portata.

2.2 **Struttura delle cabine MT/BT**

Per attività con una potenza impegnata fino a 30+50 kW, l'energia viene consegnata in BT e distribuita con un sistema TT trifase; per attività che richiedono potenze superiori l'energia viene consegnata in MT e distribuita in sistema TN trifase ed è richiesta perciò una cabina di trasformazione MT/BT.

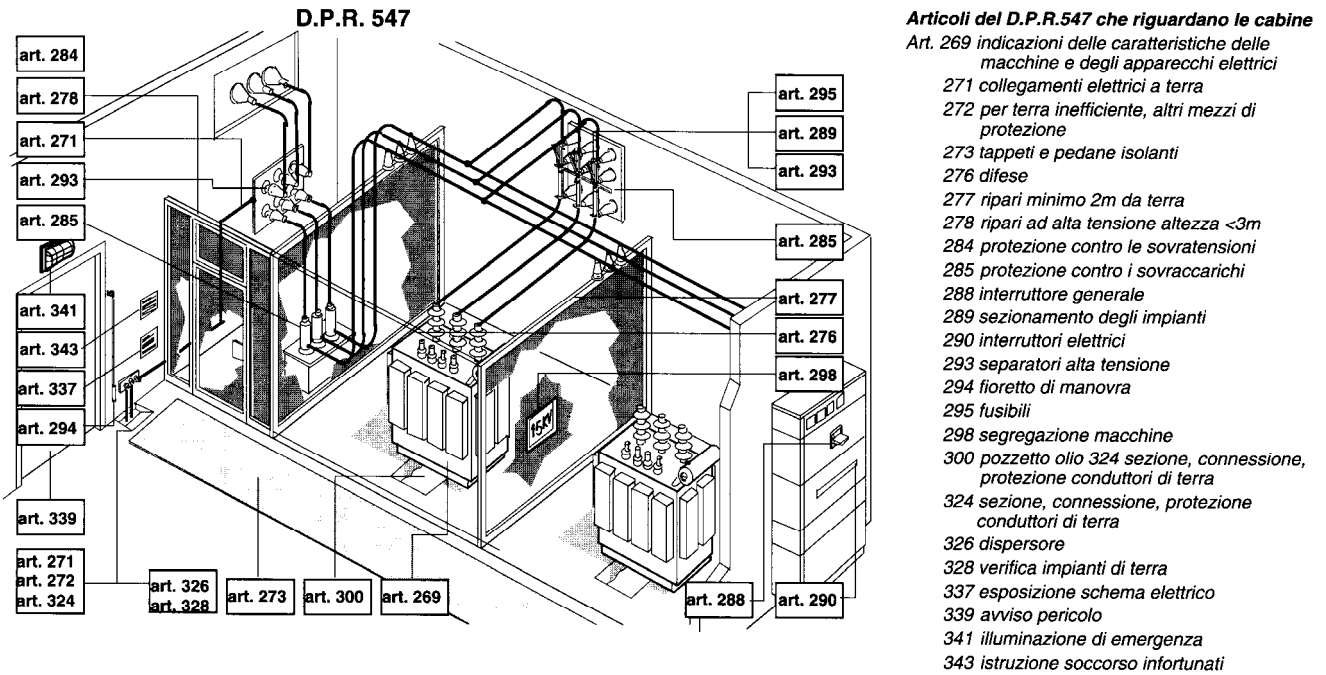


Fig. 2.10 - Articoli di legge del D.P.R. n. 547/1955 che riguardano le cabine (bticino).

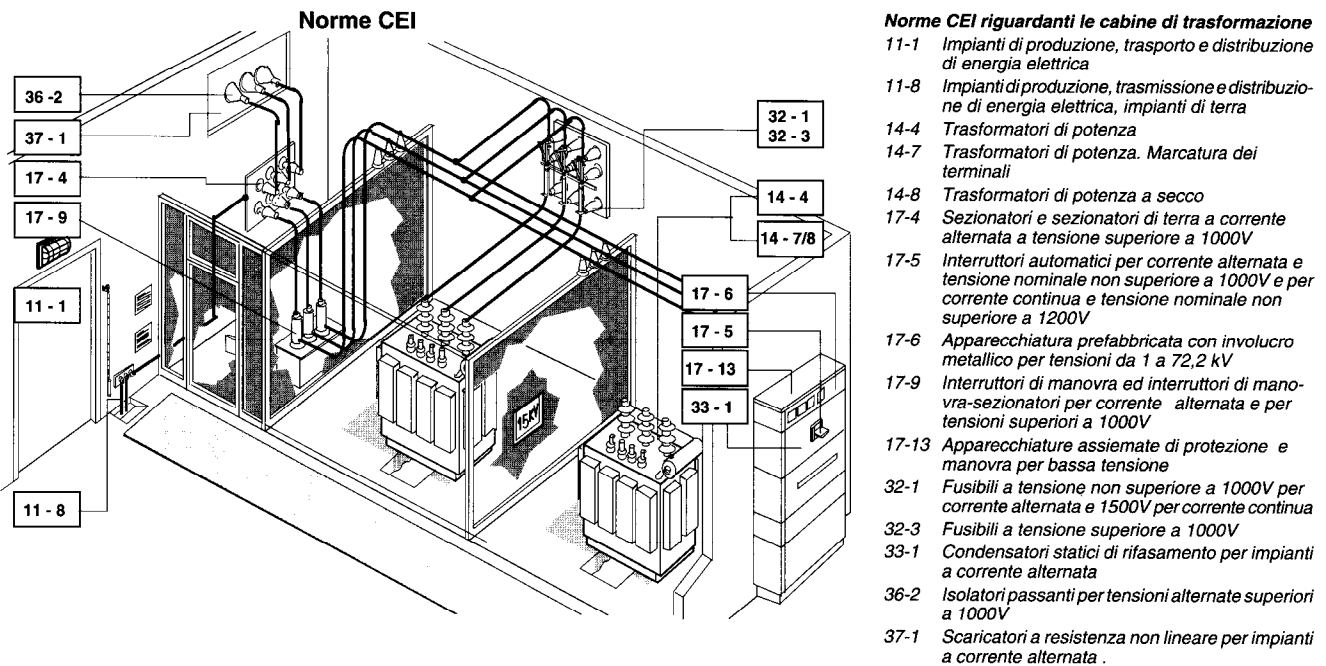


Fig. 2.11 - Norme CEI riguardanti le cabine di trasformazione (bticino).

Le cabine di consegna e trasformazione dell'energia di proprietà dell'utente devono rispondere a molteplici requisiti di legge nonché a particolari condizioni poste dagli enti distributori dell'energia elettrica riguardanti soprattutto le dimensioni minime e l'operabilità.

Nella fig. 2.10 sono elencati gli articoli di legge e le norme CEI, mentre nella fig. 2.11 sono indicate le dimensioni minime applicabili normalmente alle cabine MT/BT.

L'utente immediatamente a valle del punto di consegna deve installare una terna di lame di terra di sezionamento e disporre l'apparecchiatura di protezione generale prescritta dall'Ente distributore.

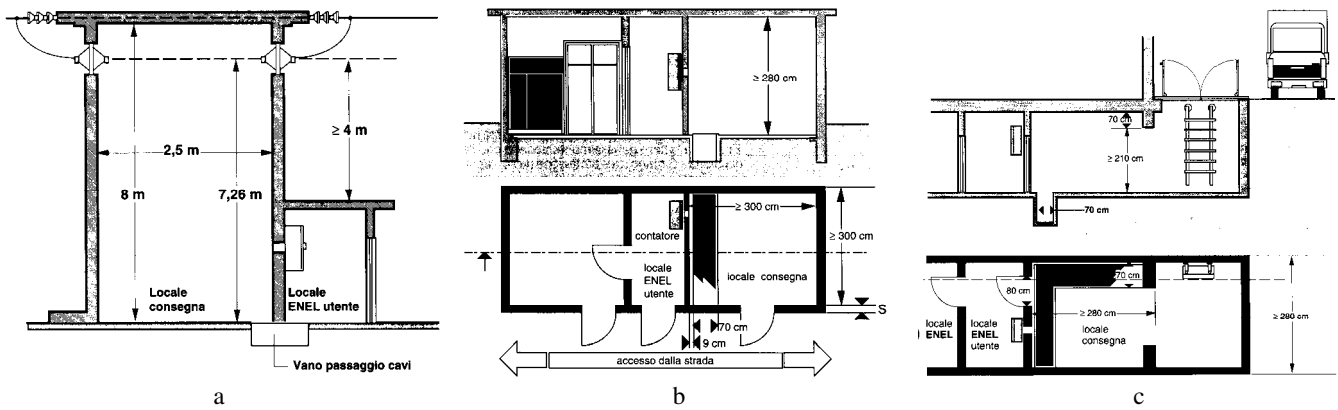


Fig. 2.12 - a) Cabina di consegna tipo alto - b) Cabina di consegna tipo basso - c) Cabina di consegna sotterranea con accesso a botola.

La protezione in media tensione, normalmente costituita da un interruttore automatico del tipo a olio ridotto o a esafluoruro di zolfo, deve intervenire sempre per sovracorrenti nell'ordine di $1,2 I_n$ dove I_n è la corrente nominale primaria del trasformatore.

Per piccole unità di trasformazione si utilizzano relè diretti, azionati da trasformatori amperometrici (TA) accoppiati all'interruttore.

Per impianti più complessi, con cabine di trasformazione, la tendenza è quella di usare relè di protezione indiretti, che più facilmente si prestano a realizzare selettività d'intervento in caso di guasto, e utilizzare interruttori del tipo estraibile, che facilitano i problemi di manutenzione.

Per guasti a terra deve essere prevista un'ideale protezione mediante relè di terra.

Fino alla potenza di trasformazione di 400 kVA, a cui corrisponde una potenza contrattuale di circa 300 kW, l'Ente distributore generalmente accetta che l'apparecchiatura di manovra e protezione da sovracorrenti sia realizzato da un interruttore di manovra accoppiato a fusibili, avente corrente nominale non superiore a 40 A e un potere di interruzione non inferiore a 40 kA. I trasformatori MT/BT installati dall'utente devono avere gli avvolgimenti triangolo-stella oppure triangolo zig-zag.

Il trasformatore costituisce la parte fondamentale delle cabine di trasformazione; la sua scelta, quindi, condiziona in maniera determinante la configurazione impiantistica.

Vale la pena ricordare quanto segue:

- il costo per kVA del trasformatore diminuisce all'aumentare della potenza: per esempio, dovendo installare una potenza di 800 kVA, costa meno un solo trasformatore che copra tutta la potenza piuttosto di due da 400 kVA;
- se si aumenta il numero dei trasformatori si deve anche aumentare il numero degli apparecchi di manovra (sezionatori, interruttori, ecc.): l'impianto diventa più complesso con un aumento del costo d'installazione;
- d'altra parte, però, la continuità del servizio viene meglio assicurata se si suddivide la potenza in due unità anziché una sola; se il diagramma di carico prevede anche una potenza minima per diverse ore al giorno (impianto industriale), talvolta conviene installare un trasformatore di piccola potenza che alimenti i servizi in modo continuativo ed un trasformatore di grossa taglia per alimentare la forza motrice. Si evita in questo modo di far lavorare il grosso trasformatore a basso carico con la conseguenza di avere un basso rendimento e un basso fattore di potenza (il rendimento massimo di un trasformatore lo si ottiene facendolo funzionare a circa il 75% della potenza massima).

In generale, volendo dare delle indicazioni di massima si può dire che per piccole utenze (100÷200 kVA) si installa un solo trasformatore, mentre per potenze più elevate (1000÷1500 kVA) si suddivide in più unità.

Nella fascia intermedia, invece, si deve valutare cosa privilegiare: la continuità di servizio oppure l'economicità della cabina.

Per determinare la potenza da installare, si considera la potenza convenzionale mediante i fattori di utilizzazione e contemporaneità.

Qualora non siano disponibili i dati di potenza nominale degli utilizzatori, come spesso si verifica nel settore terziario, si possono applicare parametri sperimentati di consumo specifico, che variano a seconda del tipo di destinazione d'uso:

- 15÷30 W/m² per magazzini;
- 40÷70 W/m² per uffici;
- 120÷150 W/m² per centri di calcolo e terziari avanzati.

Occorre inoltre, in taluni casi, valutare l'incidenza della potenza concentrata delle centrali tecnologiche e, in particolare, di quelle frigorifere che solitamente rappresentano l'impegno maggiore.

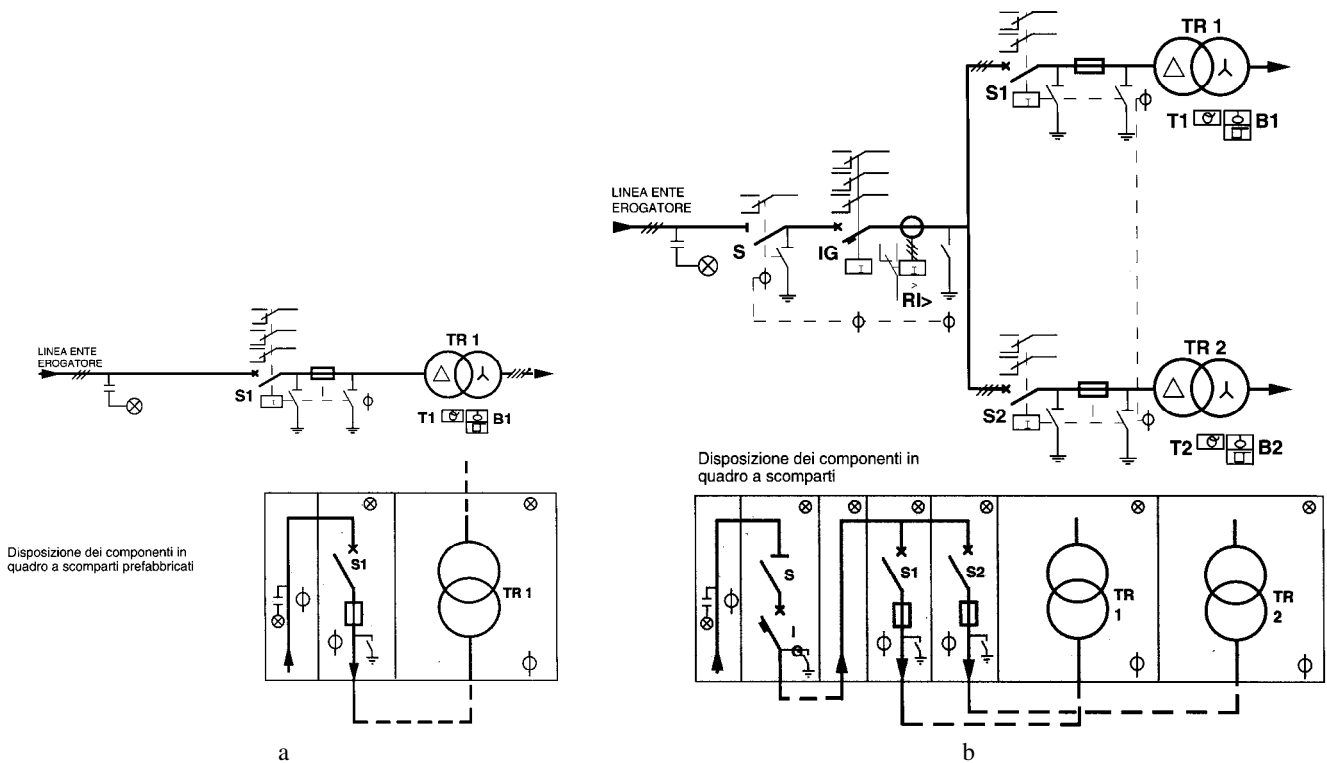
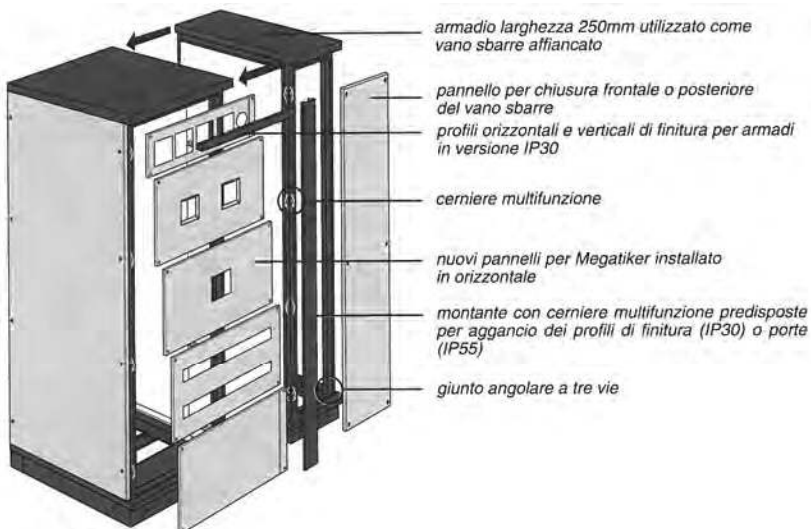


Fig. 2.13 - a) Schema tipico per una cabina con un trasformatore con potenza inferiore a 400 kVA - b) Schema tipico per una cabina con due trasformatori con protezione generale mediante un interruttore a volume d'olio ridotto.

Le norme CEI 11-1 e 11-18 stabiliscono i criteri di dimensionamento e di distanziamento delle parti in aria con tensione fino a 30 kV.

In particolare, si ricorda che le sezioni dei conduttori non devono essere inferiori a 20 mm² e devono avere complessivamente un carico di rottura non inferiore a 2500 N; ne consegue che per il rame la sezione minima impiegabile è 35 mm². Gli isolatori devono essere dimensionati per sopportare gli sforzi elettrodinamici in funzione della corrente di cortocircuito presunta I_{cc} (vedere norma CEI 11-1).

Nel dimensionamento della cabina, si devono distinguere le distanze di isolamento in aria, che sono quelle minime indispensabili per garantire che non si verifichino archi tra fase e fase e tra fase e terra, e le distanze di sicurezza atte a garantire le persone contro il pericolo di contatto o di avvicinamento a parti a media tensione (vedere norma CEI 11-18).



In genere, i grandi complessi richiedono, oltre alla cabina MT/BT, uno o più gruppi elettrogeni di riserva ad inserimento automatico al mancare della tensione di rete con assunzione del carico in tempi lunghi (5÷15 s) e gruppi statici di continuità (UPS) che garantiscono anche contro le microinterruzioni il funzionamento di centri di calcolo o utenze di sicurezza.

Le tre alimentazioni possono far capo al quadro generale di protezione e distribuzione dal quale si dipartono i circuiti di distribuzione principali (1° livello) che terminano a quadri di reparto (sottoquadri).

Eventualmente, può esistere un secondo livello di distribuzione (quadri di zona) che riguarda i circuiti terminali facenti capo ai singoli utilizzatori.

Fig. 2.14 - Parti fondamentali di un quadro generale (bticino).

L'impianto di terra per cabine MT/BT di proprietà dell'utente è in genere unico per le cabine e per gli utilizzatori (sistema TN). Esso deve essere eseguito secondo quanto indicato dalla norma CEI 11-8.

Il quadro generale di cabina ospita gli interruttori automatici in aria per la protezione dei trasformatori e gli interruttori automatici scatolati per la protezione delle linee dorsali principali che da esso si dipartono. È di solito costituito da uno o più armadi prefabbricati affiancati.

Quando l'impianto prevede l'alimentazione di riserva da gruppo elettrogeno, occorre predisporre la commutazione automatica rete-riserva che interessa le utenze privilegiate e che può attuarsi con interruttori automatici interbloccati comandati a motore o a solenoide oppure mediante contattori.

Il quadro generale, come tutti gli altri quadri, deve essere realizzato conformemente alla norma CEI 17-13/1 ed è in genere di tipo ANS (vedere fig. 2.14).

In particolare, l'accessibilità al resto del quadro deve essere interdetta a persone non specificatamente addestrate se non si predispongono opportuni ostacoli o barriere che realizzino almeno il grado di protezione IP20 (oppure IPXXB).

I quadri secondari, normalmente realizzati con interruttori modulari, completi di relè magnetotermici e differenziali, sono legati al tipo di selettività prevista ed alle esigenze di continuità di servizio.

L'ubicazione, per la distribuzione in strutture di mole notevole, può essere in appositi vani di disimpegno all'ingresso dei reparti, padiglioni, piani, zone.

In tal caso, possono essere utilizzati strutture ad armadio come quelle del quadro generale di cabina oppure involucri di più modeste dimensioni installabili a parete.

Per la distribuzione dei circuiti terminali in ambienti a finitura civile, sono indispensabili quadri del tipo da incasso che, se accessibili a persone non addestrate, devono essere muniti di portello.

Il sistema di distribuzione più utilizzato prevede le colonne montanti dorsali in quanto presenta il vantaggio di un minor costo impiantistico, sia a livello di quadro, sia a livello installativo, ed una maggiore flessibilità in caso di un incremento dei carichi; i limiti sono costituiti dalle cadute di tensione dovute ai carichi convogliati sulla stessa dorsale.

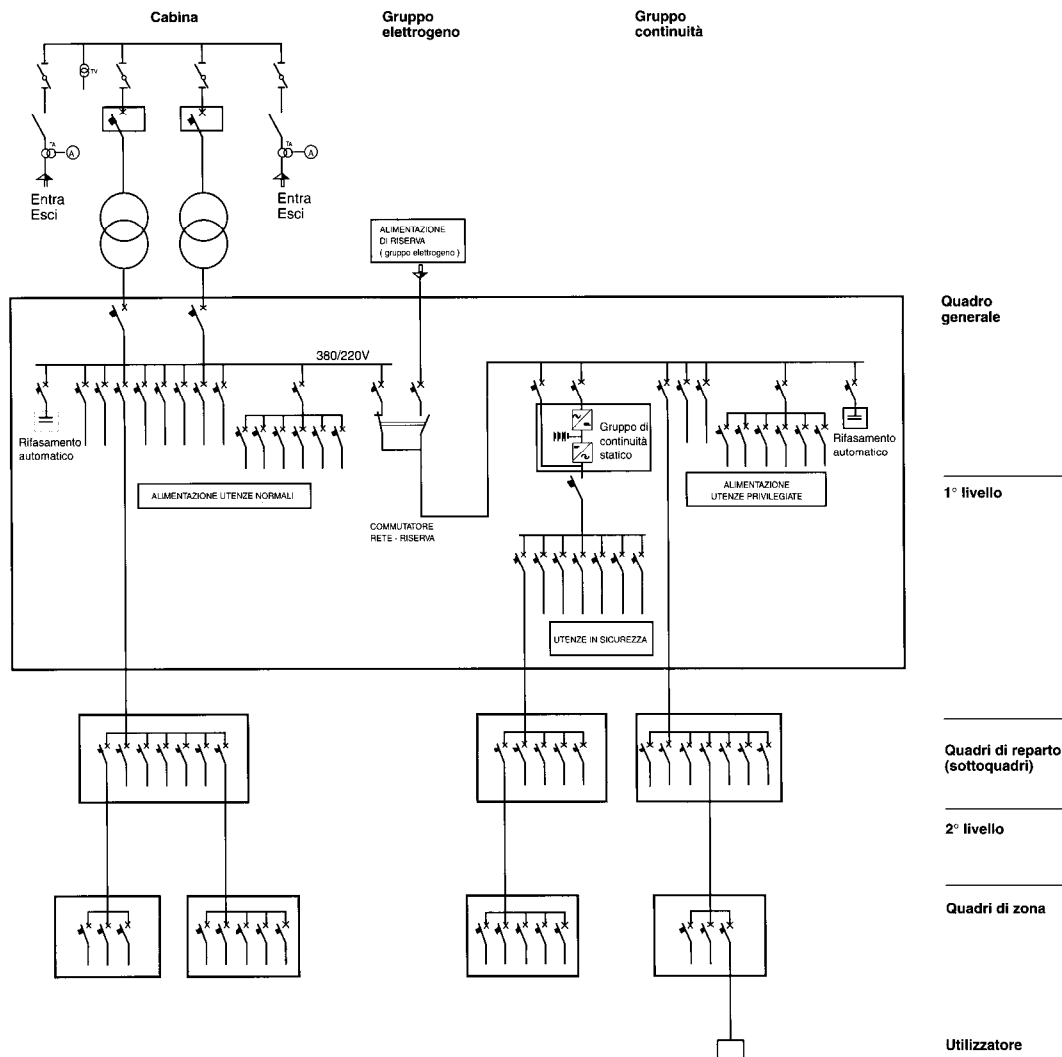


Fig. 2.15 - Schema di distribuzione su diversi livelli con quadro generale.

2.3 Sistemi di distribuzione

I sistemi di distribuzione in bassa tensione vengono definiti in base al loro modo di collegamento a terra.

La norma CEI 64-8/3 prevede tre possibili modalità di collegamento a terra, identificate con le sigle TT, TN, IT (fig. 2.16).

La **prima lettera** di ogni sigla designa la situazione in cui si trovano gli avvolgimenti del sistema di alimentazione (trasformatore della cabina MT/BT) rispetto alla terra.

La **seconda lettera** designa la situazione in cui si trovano le masse dell'impianto elettrico rispetto a terra.

Nel sistema **TT** un punto del sistema di alimentazione, generalmente il centro stella degli avvolgimenti, è collegato direttamente a terra; così come lo sono le masse dell'impianto elettrico.

Ma i due impianti di terra risultano fra loro indipendenti. I collegamenti a terra vengono realizzati mediante conduttori di protezione PE (fig. 2.16a).

Nel sistema **TN** un punto del sistema di alimentazione, generalmente il centro stella degli avvolgimenti, è collegato a terra ed anche le masse dell'impianto elettrico sono collegate al medesimo impianto di terra.

Il sistema TN può essere di tre tipi che si differenziano fra loro in base alla disposizione dei conduttori di neutro e di protezione.

Il tipo di gran lunga più diffuso è il TN-S (fig. 2.16b), dove il conduttore di neutro (N) è decisamente separato da quello di protezione (PE), pertanto la rete di distribuzione è del tipo a cinque conduttori (L1, L2, L3, N, PE) dove l'unico conduttore che non viene interrotto è il conduttore PE.

Il secondo tipo è il TN-C (fig. 2.17a), dove le funzioni di neutro e di protezione sono combinate in uno stesso conduttore (PEN), la distribuzione è del tipo a quattro conduttori (L1, L2, L3, PEN) e l'unico conduttore non interrotto è il PEN.

Il terzo tipo, infine è il TN-C-S, dove a monte, per un certo tratto dell'impianto, la configurazione è TN-C, fino a che i due conduttori (PE ed N) vengono separati ed il sistema diviene TN-S (fig. 2.17b). Il conduttore PEN deve possedere spiccate caratteristiche di non interrompibilità, neanche accidentale.

Per questo, le norme, oltre a prescrivere che su di esso non devono essere posti interruttori, sezionatori o fusibili, ne richiedono un valore minimo di sezione, soprattutto allo scopo di garantirne la resistenza meccanica. Nel sistema TN-C-S è possibile passare alla configurazione TN-C alla TN-S, ma non viceversa.

Nel sistema **IT**, il centro stella del sistema d'alimentazione è isolato da terra (o vi è collegato tramite un'impedenza di valore elevato), mentre le masse dell'impianto elettrico sono collegate ad un proprio impianto di terra (fig. 2.16c).

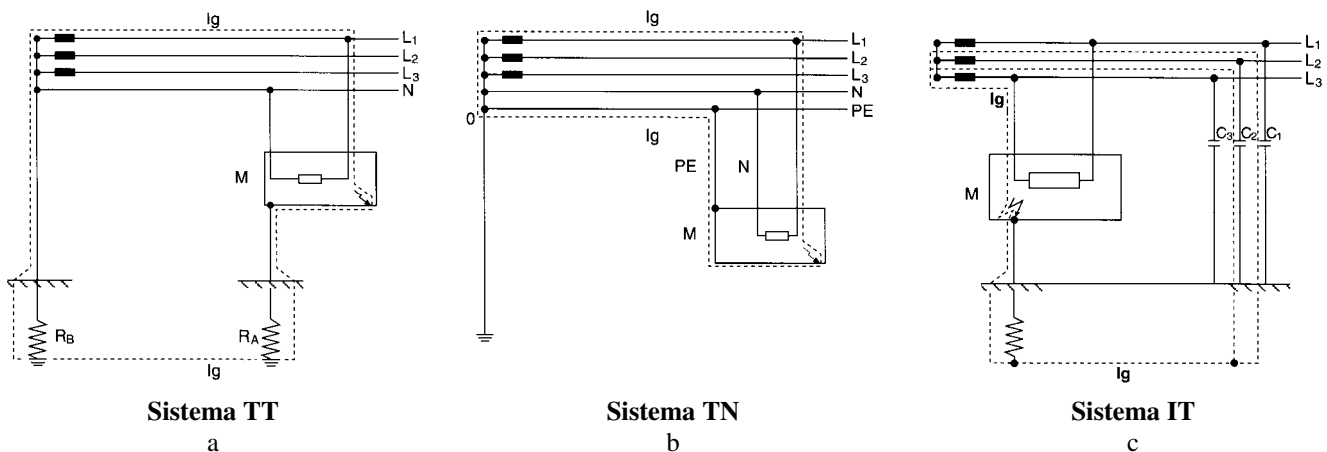


Fig. 2.16 - Schematizzazione di tre differenti sistemi di distribuzione (TT, TN, IT). La linea tratteggiata indica il percorso di un'eventuale corrente di guasto a massa (I_g) su una fase.

Per quanto riguarda le applicazioni tipiche, è possibile fare le seguenti considerazioni.

I **sistemi TT** sono tipici della distribuzione pubblica in bassa tensione, dove l'Ente fornitore di energia elettrica dispone di proprie cabine elettriche di trasformazione MT/BT e l'utente riceve l'energia con la tensione pari 230/400 V. La corrente totale di dispersione captata dal dispersore è determinata dalla situazione di dispersione di tutte le utenze.

Tutti i conduttori neutri si trovano (a meno della caduta di tensione in linea) alla tensione totale di terra della cabina U_c data da $R_{tc} \cdot (I_{ga} + I_{gb} + \dots + I_{gn})$, dove a, b, ..., n sono gli utenti allacciati con le relative correnti (I_{gn}) di guasto.

I singoli conduttori di protezione (PE) si trovano alla tensione totale di terra dell'utenza U_T data da $R_U \cdot I_{gUT}$.

Ne consegue che il neutro deve essere considerato un conduttore attivo da isolare e separare come se fosse un conduttore di fase per due motivi:

- 1) per effetto delle dispersioni ininterrotte, tra le masse e il neutro potrebbe rimanere una tensione data da $U_c + U_T$ che potrebbe anche superare i 50 V;
- 2) per effetto di guasti sulle masse in media tensione (MT), il neutro potrebbe importare una tensione totale di terra fino a 250 V.

Ogni singolo utente è obbligato ad installare un dispositivo atto ad interrompere l'alimentazione elettrica quando la tensione totale di terra U_T , in seguito ad un guasto, supera i 50 V per gli ambienti ordinari e i 25 V per utenze particolari (locali per uso medico, cantieri, ecc.).

In base al D.M. n. 37/2008 (presente nel CD-ROM allegato), è preferibile installare un interruttore automatico differenziale con la massima sensibilità compatibile con le dispersioni dell'impianto.

I **sistemi TN** sono adottati dagli utenti con una propria cabina elettrica MT/BT, oppure con una sottostazione AT/MT e varie cabine MT/BT. Questo tipo di sistema prevede che:

- 1) le correnti di guasto (I_g) a terra dell'impianto in BT si chiudono interamente su un circuito metallico con un'intensità dello stesso ordine di grandezza delle correnti di cortocircuito;
- 2) il dispersore non è interessato dalle suddette correnti di guasto per cui, per qualsiasi guasto in BT, la tensione totale di terra in cabina è nulla;
- 3) il conduttore neutro si trova alla stessa tensione del conduttore di protezione (salvo lievi cadute di tensione, dovute alla corrente di neutro e di dispersione).

Il neutro perciò può considerarsi un conduttore non attivo e non occorre che sia sezionato; può essere usato, a determinate condizioni, come conduttore di protezione (vedere sistema TN-C).

Non è indispensabile utilizzare interruttori differenziali per interrompere i guasti verso massa. Siccome l'impedenza di guasto Z_s ha valori molto piccoli, le correnti di guasto risultano alte. Pertanto, gli interruttori automatici magnetotermici ed i fusibili con una corrente nominale nell'ordine di diverse centinaia di ampere possono garantire ordinariamente l'interruzione di guasti a terra.

Come è stato riportato precedentemente, il sistema TN si divide in due sottosistemi: TN-S e TN-C.

Il sistema di tipo TN-C è sconsigliabile perché può porre dei problemi sia in relazione alla selettività di intervento delle protezioni, in particolare contro i guasti a massa, sia in relazione ai problemi attinenti ai disturbi (deformazione della forma d'onda della tensione di fase) dovute al contenuto armonico delle correnti che circolano sul conduttore PEN (quando nell'impianto si utilizzano apparecchiature elettroniche come azionamenti elettronici, alimentatori, ecc.); è inoltre vietato in alcuni particolari luoghi, come quelli classificati a maggiore rischio in caso di incendio.

I sistemi IT vengono realizzati per utenze industriali con produzione a ciclo continuo. Questo perché, come si vedrà in seguito, la tecnica di protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT può essere realizzata con dispositivi che non richiedono l'interruzione automatica dell'alimentazione al manifestarsi del primo guasto a terra.

Per lo stesso motivo, vengono realizzati impianti a separazione elettrica (fig. 2.17c) nell'ambito di sistemi TT e TN, per esempio quando si intende garantire la continuità di esercizio ad utilizzatori come computer, apparecchiature mediche e circuiti di sicurezza.

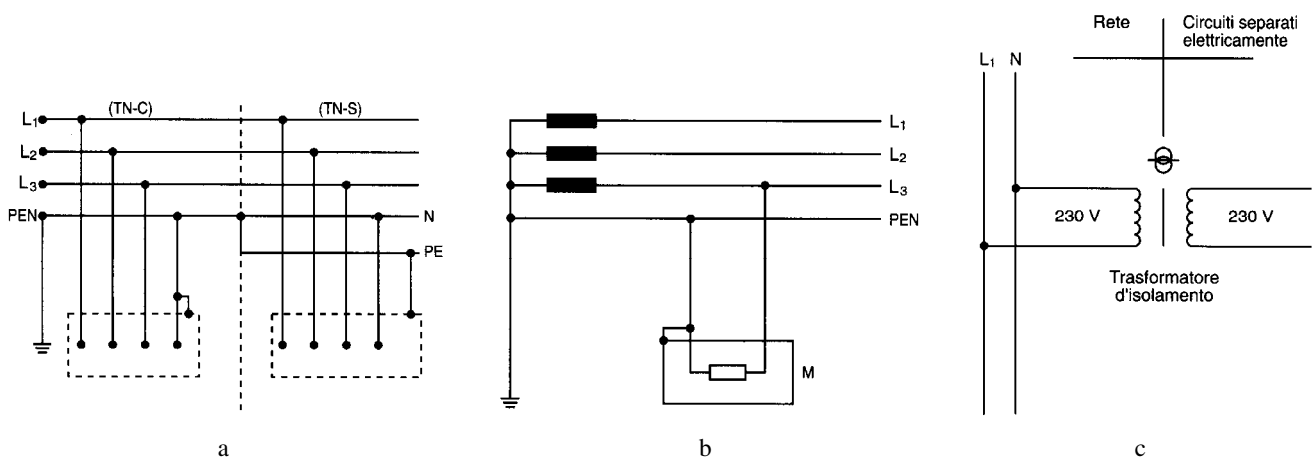


Fig. 2.17 - a) Sistema di distribuzione TN-C e TN-S (da notare la rete di distribuzione a cinque conduttori per il tipo TN-S e a quattro conduttori per il tipo TN-C) - b) Trasformazione da un sistema di distribuzione TN-C ad uno TN-S. Un sistema di questo tipo viene denominato TN-C-S (da notare che la riconversione da TN-S in TN-C è vietata) - c) Separazione elettrica dalla rete mediante un trasformatore di isolamento.

2.4 I cavi

La norma CEI 64-8 definisce “impianto utilizzatore” quello costituito dai circuiti di alimentazione degli apparecchi utilizzatori fissi e delle prese a spina, comprese le relative apparecchiature di manovra, sezionamento, interruzione, protezione, ecc. Nel caso specifico degli impianti civili, l'alimentazione delle linee predisposte dall'installatore è limitata alle sorgenti di illuminazione (punti luce), allo scaldabagno, alle cappe di aspirazione poste sopra gli apparecchi di cottura, ecc.

Tutti gli altri apparecchi utilizzatori, con particolare riferimento agli elettrodomestici, ai personal computer, ecc., sono alimentati per mezzo di prese a spina e vengono fornite dai costruttori completi di cavo di alimentazione per il collegamento alle prese a spina.

La normativa riguardante i cavi elettrici relativa ai cavi per tensioni nominali inferiori a 1 kV è definita da diversi fascicoli delle norme CEI (20-11 ... 20-42) e dalle tabelle CEI-UNEL riguardanti i cavi (00722, 35011, 35023, 35024, 35025).

I cavi sono costituiti da:

- uno o più conduttori, in genere di rame o, più raramente, in alluminio, a filo unico o a corda rigida, semirigida o flessibile;
- uno strato di isolante che ricopre ciascun conduttore, in gomma oppure in PVC.

In alcuni casi è possibile che siano presenti anche:

- un'armatura metallica, se il cavo è sottoposto a sollecitazioni meccaniche o all'azione di roditori;
- una guaina esterna protettiva di gomma, PVC o neoprene;
- un riempitivo costituito da fibre tessili o da componenti plastici che servono per colmare gli spazi vuoti tra le anime.

Le guaine devono resistere all'aggressività ambientale cioè a tutte quelle situazioni sfavorevoli sia di origine atmosferica che industriale. In presenza di oli è necessario utilizzare una guaina in neoprene; nel caso di acidi è bene utilizzare una guaina in PVC. Se esiste una forte umidità, è preferibile una guaina in gomma etilpropilenica (EPR). In definitiva si possono avere:

- cavi unipolari nudi (solo conduttore);
- cavi unipolari isolati (conduttore più isolante);
- cavi multipli con una sola guaina;
- cavi multipli con doppia guaina, con o senza armatura metallica.

Viene definita **anima** di un cavo il conduttore con relativo isolante, in quanto parte costituente di un cavo.

Un cavo multipolare è costituito da due o più anime elettricamente distinte, ma meccanicamente solidali sotto il rivestimento protettivo; per esempio, un cavo con due anime si dice bipolare, uno con tre anime tripolare, ecc.

I cavi vengono definiti secondo due tensioni massime di esercizio:

- la tensione nominale tra il conduttore e la terra U_0 (in valore efficace);
- la tensione nominale tra due conduttori di fase U (in valore efficace), salvo il caso in cui il cavo sia unipolare.

I cavi vengono identificati con sigle comprendenti lettere e numeri. Le norme CEI-UNEL prevedono che vengano indicati nell'ordine il conduttore, l'isolamento, la guaina, la tensione di esercizio.

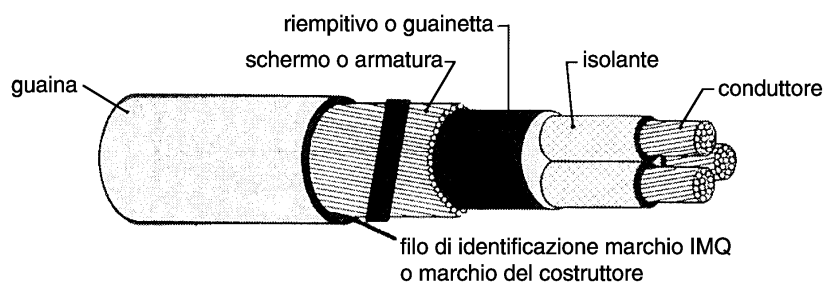


Fig. 2.18 - Parti costituenti un cavo (non sempre sono tutte presenti contemporaneamente).

Le sigle, secondo le indicazioni CENELEC (norma CEI 20-27), indicano prima la tensione di esercizio, poi l'isolamento, la guaina, il conduttore.

I cavi armonizzati hanno riconoscimento internazionale, recano il marchio di omologazione HAR e fanno riferimento al documento di armonizzazione CENELEC HD 361. Per alcuni tipi di cavi, non esistono ancora documenti di armonizzazione.

Infatti esistono ancora molti cavi, identificati con le sigle CEI-UNEL (cavi non armonizzati o cavi nazionali), che recano il marchio di omologazione IEMMEQU (marchio IMQ) sulla superficie esterna del cavo.

I cavi di buona qualità devono essere caratterizzati da un basso coefficiente di attrito, per essere scorrevoli durante la posa, devono avere un'alta resistenza all'abrasione e alla trazione, devono presentare una facile spellabilità.

Sequenza	Elementi da considerare	Sigle da adottare
1	Stato di armonizzazione	H = cavo armonizzato A = cavo di tipo nazionale autorizzato N = cavo di tipo nazionale
2/3	Tensione nominale in kV U_0/U	03 = 0,3/0,3 kV 05 = 0,3/0,5 kV 07 = 0,45/0,75 kV 1 = 0,6/1 kV
4	Tipo di isolante	B = gomma etilenpropilenica B3 = gomma butilica E = polietilene R = gomma naturale S = gomma siliconica V = cloruro di polivinile (PVC) V2 = PVC per temperature di esercizio di 90 °C V3 = PVC per cavi installati a basse temperature X = polietilene reticolato
5	Tipo di guaina (eventuale)	V = PVC V2 = PVC per temperature di esercizio di 90 °C V3 = PVC per cavi installati a basse temperature R = gomma naturale e/o sintetica N = policloroprene (PCP) J = treccia di fibra di vetro T = treccia tessile X = polietilene reticolato
6	Rivestimento metallico (eventuale)	A4 = alluminio sulle singole anime C2 = rame C4 = armatura a treccia
7	Tipo di armatura (eventuale)	Z2 = armatura a fili rotondi di acciaio
8	Materiale del conduttore	nessun simbolo = rame A = alluminio
9	Forma del conduttore (lettera separata da un trattino)	U = a filo unico R = a corda rigida K = a corda flessibile per posa fissa F = a corda flessibile per posa mobile H = a corda molto flessibile per posa mobile
10	Numero di anime	G = con anima giallo-verde x = senza conduttore di protezione
11	Sezione del cavo (in mm ²)	--

Tab. 2.1 - Principali sigle di designazione dei cavi armonizzati (norma CEI 20-27). Per esempio, la designazione H07RN-F 4 G1.5 corrisponde ad un cavo armonizzato flessibile, isolato in gomma, sotto guaina di policloroprene, con 3 conduttori più conduttore di protezione giallo-verde, tensione nominale 450/750 V e una sezione di 1,5 mm², mentre la designazione N07V-K 1x4 corrisponde ad un cavo armonizzato flessibile per posa fissa, isolato in PVC, con conduttore di rame, tensione nominale 450/750 V e una sezione di 4 mm². La temperatura massima di esercizio consentita dipende dal tipo di isolante utilizzato per la realizzazione del cavo.

Particolare cura deve essere posta nella scelta del materiale con cui è costituito l'isolante. Molti incendi sono attribuiti ai sovraccarichi ed ai cortocircuiti. In questi casi, i cavi non devono propagare l'incendio, anche se posati in fasci, secondo quanto indicato dalla norma CEI 20-22, e non devono sprigionare fumi tossici.

Per scongiurare questo pericolo, la tendenza è di abbandonare il PVC come isolante dei cavi e ricorrere a nuovi materiali che offrono una maggiore resistenza ai sovraccarichi.

In particolare sono utilizzati come isolanti i seguenti materiali:

- la gomma ordinaria che consente una temperatura massima di esercizio di 60 °C e una temperatura massima di 200 °C;
- la gomma siliconica che consente una temperatura massima di esercizio di 180 °C e una temperatura massima di 350 °C;
- la miscela a base di PVC che consente una temperatura massima di esercizio di 70 °C e una temperatura massima di 160 °C;
- la miscela a base di EPR (gomma etilenpropilenica) e la miscela XLPE (polietilene reticolato) che consentono una temperatura massima di esercizio rispettivamente di 90 e 85 °C, mentre la temperatura massima sale per entrambe le mescole a 250 °C.

Da notare che, a parità di sezione, i cavi isolati in EPR hanno in genere una portata del 15% superiore a quelli isolati in PVC.

La temperatura di esercizio di un isolante rappresenta la temperatura a cui l'isolante può essere sottoposto per garantire una vita compresa tra i 20 e i 30 anni.

Sequenza	Sigla	Materiali e caratteristiche costruttive
1	Numero dei conduttori	n = numero dei conduttori Quando uno dei conduttori è il conduttore di protezione (colore giallo-verde) il segno x è sostituito dalla lettera G. Quando il cavo comprende conduttori con caratteristiche particolari si usano le seguenti lettere: T per indicare il conduttore di terra e N se il conduttore ha una sezione inferiore a quella dei conduttori principali.
2	Sezione del conduttore	S = sezione del conduttore in mm ²
3	Materiale conduttore	nessun simbolo = rame A = alluminio
4	Forma del conduttore (flessibilità)	F = conduttore a corda flessibile rotonda FF = conduttore a corda flessibilissima rotonda U = conduttore a filo unico rotondo R = conduttore a corda rigida rotonda
5	Tipo di isolante	G = miscela a base di gomma naturale e/o sintetica G1 = gomma sintetica G2 = gomma butilica G3 = miscela a base di gomma naturale, qualità G3 G5 = miscela a base di etilenpropilene G7 = gomma etilpropilenica ad alto modulo (HEPR) G9 = gomma a basso sviluppo di fumi e di gas tossici e corrosivi G10 = gomma a basso sviluppo di fumi e di gas tossici e corrosivi M = isolante minerale K = policloroprene (PCP) R = PVC R2 = miscela a base di polivinilcloruro di qualità superiore R3 = PVC per temperature fino a 105 °C
6	Composizione e forma	O = anime riunite con o senza riempitivi formanti un insieme cilindrico D = anime affiancate parallele X = anime affiancate a cordoncino W = anime affiancate parallelamente con solco intermedio (cavetto piatto divisibile)
7	Tipo di schermatura	H1 = con nastro di rame H2 = a treccia di rame H = a nastri di alluminio/poliestere Q = guaina in rame
8	Tipo di armatura	A = a treccia metallica F = a fili di acciaio C = con conduttore centrale portante
9	Tipo di rivestimento protettivo (guaina)	E = guaina in polietilene G = guaina in gomma R = guaina a base di polivinilcloruro (PVC) A = guaina di alluminio K = guaina di policloroprene M1 = materiale termoplastico a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi
10	Tensione nominale in kV U_0/U	--

Tab. 2.2 - Principali sigle di designazione dei cavi non armonizzati (tabella CEI-UNEL 35011). Per esempio, la designazione 4G10+6NRR2OR-0,6/1 kV corrisponde ad un cavo con quattro conduttori in rame da 10 mm², di cui uno giallo-verde, con un conduttore di neutro da 6 mm², a corda rotonda rigida (R) isolato in PVC di qualità R2, anime riunite (O) con riempitivo formante un insieme cilindrico, sotto una guaina in PVC (R), tensione nominale 0,6/1 kV.

La temperatura massima di un isolante è la temperatura che l'isolante può sopportare per tempi molti brevi (come, per esempio, durante un cortocircuito) prima di subire danneggiamenti o lacerazioni.

La vita di un isolante, come di una qualsiasi sostanza organica, cambia al variare della temperatura di esercizio secondo la seguente regola:

- ogni 10 °C in più, la durata si dimezza;
- ogni 10 °C in meno, la durata si raddoppia.

L'isolante delle anime può essere di vari colori come indicato nella tab. 2.3 (per ulteriori chiarimenti, vedi la tabella CEI-UNEL 00722).

Le norme internazionali hanno però unificato il colore del conduttore di protezione (PE) in quanto ha l'isolante di colore giallo-verde.

Numero delle anime	Colori
1 (con guaina: solo nero)	nero, marrone, blu chiaro, blu, grigio, rosso, rosa, viola, bianco, giallo-verde (PE)
2	nero e marrone oppure nero e blu chiaro
3, 4, 5	nero (1, 2 o 3), marrone, blu chiaro, giallo-verde (PE)

Tab. 2.3 - Principali colori dell'isolante delle anime (tabella CEI-UNEL 00722).

I conduttori relativi alle tre fasi (L1, L2, L3) possono essere di colore nero, marrone, blu chiaro (o grigio); il neutro (N) deve essere blu chiaro, il PEN giallo-verde.

Per quanto riguarda il colore blu chiaro, è bene chiarire che nei cavi non comportanti il conduttore neutro o nei quali esso è identificabile per la sua forma (forma concentrica), l'anima di colore blu chiaro può essere utilizzata per altre funzioni, esclusa ovviamente quella di conduttore di protezione.

Negli edifici uso abitazione si impiega il marrone per la fase e il blu chiaro per il neutro; i conduttori intermedi possono essere distinti dalla fase mediante l'utilizzo di colori diversi oppure siglando con apposite fascette numerate i vari conduttori. Per i circuiti in corrente continua, si usa normalmente il colore rosso per il polo positivo e il bianco (o il nero) per il polo negativo.

Non si possono usare i singoli colori verde e giallo.

Il conduttore di ciascuna anima può essere tondo o a settori, a filo unico, a corda rigida o flessibile.

Per impianti realizzati con tubi protettivi incassati o in vista, si usano prevalentemente cavi unipolari a semplice isolamento, senza cioè la guaina esterna di protezione, con un conduttore unico rigido o a corda flessibile per posa fissa. I cavi flessibili rendono più agevole le operazioni di inserimento e sfilaggio dei cavi.

La soluzione con cavi rigidi va evitata in presenza di vibrazioni.

Utilizzando cavi flessibili, occorre assicurarsi che i morsetti delle apparecchiature siano previsti per questi tipi di cavi, ossia che tra l'estremità della vite di serraggio ed il cavo sia interposta una piastrina per distribuire uniformemente la pressione di bloccaggio.

La sezione di ciascun conduttore deve essere tale che la sua portata di corrente non sia inferiore alla corrente di impiego.

Tra i cavi utilizzati in bassa tensione ve ne sono alcuni per applicazioni particolari:

- cavi schermati multipolari, di sezione $0,5 \text{ mm}^2$, usati per il collegamento di apparecchiature elettroniche e per il trasferimento di segnali di comando (PLC, personal computer, ecc.). Questi cavi normalmente hanno uno schermo che deve essere collegato a massa, in genere da un lato;
 - cavi per suonerie e per citofoni, aventi il diametro dei conduttori da 0,25 a 1,5 mm;
 - cavi telefonici a coppie, fino a diverse centinaia di coppie, aventi un diametro delle anime fino a 0,9 mm;
- cavi coassiali, costituiti da una o più coppie di conduttori coassiali, disposti l'uno dentro l'altro (per esempio, cavo per la ricezione del segnale televisivo).

Negli edifici civili, i cavi possono essere installati con modalità diverse:

- sotto intonaco, cioè sotto traccia, entro la muratura di mattoni cavi, in tubi di diametro variabile da 9 a 50 mm, in materiale plastico, flessibili, rigidi, corazzati o in acciaio. Prima che le scanalature siano chiuse, devono essere incassate le scatole da frutto e di derivazione. Infine, devono essere infilati i cavi con l'apposita spirale di introduzione nelle tubazioni. La norma CEI 64-8 consente la posa diretta, cioè senza tubo, dei cavi con guaina, anche se in questo modo il cavo non è sfilabile; la sfilabilità permette di modificare l'impianto ed è perciò un pregio dell'impianto e non un fattore di sicurezza. La norma consiglia comunque l'impianto sfilabile;
- entro intonaco, normalmente, in tubo protettivo;
- sopra intonaco, se l'installazione dell'impianto utilizzatore viene fatta in un secondo momento, oppure dove non ha eccessiva importanza l'estetica, come in un magazzino, in un'officina o in una cantina; per le derivazioni e i frutti si usano scatole da parete, mentre i cavi possono essere contenuti in tubi. Negli uffici sono spesso usate canalette in vista a battiscopa, a parete o a soffitto, che permettono con una certa facilità modifiche dei percorsi; negli ambienti industriali la distribuzione con cunicoli a pavimento viene progressivamente sostituita con la distribuzione di tipo sospeso a canali porta conduttori o a blindosbarre;
- nei quadri di distribuzione e di comando, i cavi sono generalmente posati entro canaline aperte di plastica e devono essere disposti ordinatamente, paralleli tra loro e alle pareti. In prossimità delle morsettiere, i cavi devono essere tagliati abbastanza lunghi e spellati con apposite pinze in modo che le guaine arrivino al limite del morsetto; i morsetti non devono essere sovraccaricati, non devono avere più di due conduttori per ogni morsetto. Infine, è indispensabile, quando si è in presenza di numerosi terminali, prevedere i collarini per l'identificazione dei cavi.

CODICE 64-8	TIPO POSA	DESCRIZIONE	RIFERIMENTO PORTATA
1		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	A1
2		Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	B1
3		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	A2
3A		Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati o distanziati da pareti	B2
4		Cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti	A2
4A		Cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti	B2
5		Cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura	A2
5A		Cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura	B2
11		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti	A4 / B4
11A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su soffitti	A4 / B4
12		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate	B4
13		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate	A5 / B3
14		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole	A5 / A6 A7 / B3
15		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari	A5 / A6 A7 / B3
16		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini	A5 / A6 A7 / B3
17		Cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi o incorporati in fili o corde di supporto	A5 / B3
18		Conduttori nudi o cavi senza guaina su isolatori	A3
21		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture	A4 / B2
22		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	A2
22A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	B2

CODICE 64-8	TIPO POSA	DESCRIZIONE	RIFERIMENTO PORTATA
23		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture	A2
24		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	A2
24A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	B2
25		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	A4 / B2
31		Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizz.	A2 / B2
32		Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso vert.	A2 / B2
33		Cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento	A2
33A		Cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento	B2
34		Cavi senza guaina in canali sospesi	A2
34A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi	B2
41		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizz. o verticale	A2
42		Cavi senza guaina in tubi protettivi posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento	A2
43		Cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizz. o verticale	A4 / B2
51		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti	A1 / B1
52		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica addizionale	A4 / B4
53		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica addizionale	A4 / B4
71		Cavi senza guaina posati in elementi scanalati	A1
72		Cavi senza guaina posati in canali provvisti di elementi di separazione	A2
73		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte	A1 / B1
74		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre	A1 / B1

Tab. 2.4 - Tipo di posa dei cavi secondo la tabella 52.C della norma CEI 64-8 (Gewiss).

Di particolare importanza per l'uso dei cavi in bassa tensione, è la norma CEI 20-40 guida che vuole informare sulle proprietà e sui limiti di uso dei cavi, per una corretta scelta degli stessi e per evitare un loro uso improprio. Di seguito vengono riportati alcuni punti presentati nella guida.

I cavi non devono essere utilizzati per scopi diversi dalla trasmissione e dalla distribuzione dell'energia elettrica; devono essere scelti in modo da essere adatti per le tensioni e le correnti che si possono presentare in tutte le condizioni esistenti o prevedibili dell'impianto nel quale sono utilizzati.

Devono essere installati in modo protetto per evitare pericoli. Occorre prevedere che i cavi possano funzionare in modo sicuro per un certo numero di anni, tenendo conto del tipo di funzionamento cui il cavo è sottoposto.

In particolare, la vita di un cavo destinato a posa fissa sarà sicuramente superiore a quella di un cavo flessibile utilizzato per alimentare un'apparecchiatura mobile.

I cavi, perciò, devono essere scelti in modo da poter sopportare le condizioni di esercizio. Come esempi di condizioni di esercizio si può considerare la tensione, la corrente, il sistema di protezione, il raggruppamento dei cavi. I cavi, inoltre, devono essere scelti in modo da risultare adeguati a ogni possibile influenza esterna che possa verificarsi. Le influenze esterne possono essere:

- la temperatura ambiente;
- la presenza di piogge, neve o vapori, sostanze acide o chimiche in generale;
- le sollecitazioni meccaniche;
- la flora (muffe, muschi);
- la fauna (roditori);
- le radiazioni (luce solare, radiazioni ultraviolette).

I cavi, perciò, non devono essere installati in presenza delle precedenti condizioni, a meno che siano stati specificatamente dichiarati dal costruttore resistenti a quelle sollecitazioni.

I cavi per posa fissa non devono essere installati in contatto o in prossimità di superfici calde, a meno che non siano stati previsti per tali condizioni. I cavi devono essere sostenuti in maniera adeguata.

Occorre fare attenzione che i cavi rimasti in servizio per parecchio tempo possono essere danneggiati se spostati (per motivi di manutenzione o modifica dell'impianto); questo dipende dal decadimento naturale delle proprietà fisiche dei materiali, usati per l'isolamento e la guaina, che normalmente si traduce in un indurimento dei materiali stessi.

Per apparecchiature mobili devono essere utilizzati cavi flessibili per posa mobile (nella sigla, cioè, deve comparire il simbolo **-F**). Essi devono avere, per ridurre il rischio di danneggiamenti meccanici, la minima lunghezza possibile, senza tuttavia impedire il buon funzionamento dell'apparecchio.

I cavi flessibili non devono essere sottoposti a sforzi di tiro eccessivo, schiacciamenti, vibrazioni, torsioni e piegature ad angolo, in particolare all'entrata dell'apparecchio alimentato o nel punto di collegamento con l'impianto.

Bisogna fare attenzione che questi cavi non vengano danneggiati dai dispositivi di fissaggio; inoltre, non devono essere posati sotto tappeti o altre coperture del pavimento perché ciò può causare un eccessivo riscaldamento.

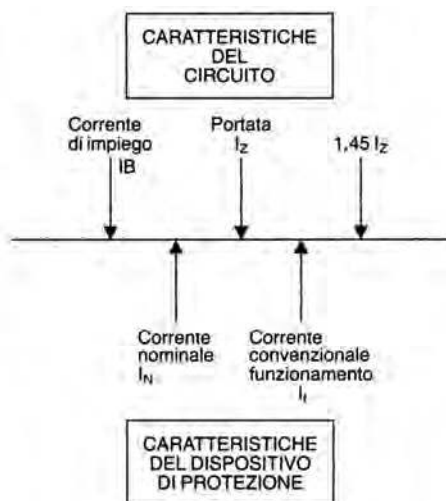
I cavi flessibili non devono passare sotto i mobili perché questo può generare schiacciamenti. Non devono poi essere impiegati in vicinanza di superfici calde, a meno che non siano predisposti per queste condizioni. I cavi flessibili in PVC non devono essere usati permanentemente all'aperto e non devono essere neppure usati temporaneamente all'esterno in condizioni ambientali avverse.

Per la scelta dei cavi e la relativa installazione, occorre considerare alcuni fattori a cui possono andare soggetti.

In primo luogo occorre considerare la **tensione nominale** che è la tensione di riferimento per la quale il cavo è stato progettato; si indica, come è già stato riportato, con la combinazione U_0/U , dove U_0 è la tensione tra un qualsiasi conduttore e la terra, mentre U è la tensione fra due conduttori qualsiasi.

In un sistema funzionante in corrente alternata, la tensione nominale del cavo non deve essere inferiore alla tensione del sistema elettrico mentre in un sistema funzionante in corrente continua, la tensione del sistema elettrico non deve essere superiore a 1,5 volte la tensione nominale del cavo.

La sezione di ciascun conduttore del cavo deve essere tale che la sua **portata di corrente** (I_z) non sia inferiore alla corrente che lo deve attraversare. Le portate dei cavi si possono determinare mediante le norme CEI-UNEL.



La norma CEI 64-8 detta le condizioni di coordinamento per la protezione delle condutture contro i sovraccarichi.

Indica cioè le caratteristiche che devono essere possedute dal dispositivo di protezione (fusibile, interruttore automatico magnetotermico).

In particolare, debbono essere assolte le seguenti condizioni: $I_B \leq I_N \leq I_z$ e $I_f \leq 1,45 \cdot I_z$.

Vale a dire che la corrente nominale (I_N) del dispositivo di protezione deve essere compresa fra la corrente d'impiego (I_B) che il circuito è destinato a trasportare per soddisfare le esigenze dei carichi e la portata a regime permanente (I_z) del tipo di conduttore (cavo) impiegato.

Inoltre, il valore di corrente (I_f), per cui il dispositivo di protezione interviene entro il tempo dettato dalla sua curva di funzionamento termico, non deve essere più di 1,45 volte superiore alla portata (I_z) del conduttore.

Fig. 2.19 - La norma CEI 64-8 detta le condizioni di coordinamento per la protezione delle condutture contro i sovraccarichi.

Le portate dei cavi si riferiscono alla condizione per cui la corrente che attraversa il cavo non spinga la temperatura oltre quella massima di esercizio del materiale isolante utilizzato.

I cavi in aria devono essere installati in modo che la **dissipazione del calore** non venga impedita; quando i cavi sono coperti o racchiusi all'interno di materiale isolante (per esempio, tubo o canaline), per motivi termici occorre utilizzare il cavo considerando una riduzione della sua portata di corrente.

La temperatura del cavo può essere più elevata della temperatura ambiente se i cavi sono esposti al sole.

Si deve tenere conto, inoltre, delle temperature che possono verificarsi all'interno di elettrodomestici e di apparecchiature di illuminazione.

L'esposizione dei cavi a temperature maggiori di quelle di esercizio, anche per brevi periodi, può deteriorare l'isolante.

Tutti i cavi hanno una temperatura minima al di sotto della quale diventano via via sempre più rigidi fino a diventare fragili; per esempio, il PVC ha una temperatura minima di posa e di installazione di 5 °C, mentre la gomma normale o siliconica ha una temperatura minima di -25 °C.

I cavi devono essere scelti, disposti ed installati in modo da non ostacolare la dissipazione del calore e da non costituire un pericolo di incendio per i materiali adiacenti.

Anche nel caso che un incendio non abbia origine nei cavi, i cavi stessi possono fornire una fonte di combustibile e propagare l'incendio lungo la loro lunghezza.

In queste circostanze i materiali dell'isolante e della guaina, bruciando, possono dare origine a fumi e gas tossici e corrosivi.

Al riguardo si possono distinguere i seguenti cavi:

- **non propaganti la fiamma**, ormai i cavi più diffusi, sono isolati in gomma, PVC o con guaina in neoprene, se bruciano non fanno l'effetto miccia, ma sviluppano gas tossici;
- **non propaganti l'incendio**, (si riconoscono per il marchio CEI 20-22) sono cavi con isolanti realizzati con particolari additivi, da impiegarsi quando i cavi sono raggruppati in quantità notevole o posti in ambienti speciali;
- **non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas tossici e nocivi**, (si riconoscono a seconda del tipo dal marchio CEI 20-37 e CEI 20-38), hanno la caratteristica di produrre durante la combustione fumi poco densi e non tossici e pertanto trovano impiego in locali sotterranei, gallerie e locali con presenza di pubblico;
- **resistenti al fuoco**, ne esistono di due tipi: (A) che resistono sino alla temperatura di 750 °C per un tempo di 3 ore (si riconoscono dal marchio CEI 30-36); (B) isolati in olio, con guaina esterna in tubo di rame, che resistono fino a 1000 °C; presentano, inoltre, una notevole resistenza meccanica, chimica e non producono assolutamente gas tossici né fumo (si riconoscono dal marchio CEI 20-39). Questi cavi vengono impiegati in ambienti in cui l'impianto elettrico deve poter funzionare anche in presenza di un incendio (per esempio, rilevazione di incendi, allarmi, linee di emergenza in metropolitane).

Quando la temperatura sulla superficie del cavo può superare i 50 °C, il cavo deve essere usato e protetto in modo da impedire il contatto con esso di persone o animali.

Si deve tenere conto degli effetti del calore generato dal passaggio della corrente elettrica nei conduttori anche nei materiali utilizzati per costruire giunti e terminali.

Durante la posa e l'utilizzo di un cavo è necessario valutare gli sforzi meccanici ai quali esso può andare sottoposto.

Se il cavo deve sopportare eccessivi sforzi, è necessario usare una struttura portante separata (cavo d'acciaio); inoltre, il raggio interno di ogni piegatura deve essere tale da non causare danneggiamenti, è necessario impedire che i cavi siano piegati in maniera significativa troppo vicino al punto di fissaggio.

Quando il cavo viene sottoposto ad uno sforzo di compressione, tale sforzo non deve danneggiare l'isolamento.

I cavi vengono normalmente forniti su bobine o in rotoli oppure tagliati e imballati separatamente senza aggraviamenti.

L'imballo deve riportare l'etichetta in modo tale da identificare il tipo e la sezione del cavo.

I cavi che non sono destinati ad essere installati all'esterno devono essere immagazzinati all'interno di ambienti asciutti; si ricorda che alcuni cavi sono soggetti a danneggiamento dovuto all'umidità.

Tutti i cavi destinati ad essere immagazzinati all'esterno devono avere le due estremità sigillate in modo tale da evitare la penetrazione di umidità.

Durante il magazzino, occorre impedire che la temperatura superi i 40 °C; si ricorda, inoltre, che se il cavo è esposto ai raggi solari, la sua temperatura può arrivare fino a 60 °C.

Durante la movimentazione e il trasporto, se la temperatura del cavo scende al di sotto di 5 °C per i cavi in PVC e di -25 °C per i cavi in gomma, deve essere evitato il più possibile qualsiasi sforzo meccanico, in particolare le vibrazioni, gli urti, le torsioni e le piegature.

I cavi flessibili possono essere raggruppati in **classi di servizio** a seconda dell'uso di un determinato cavo, in relazione al tipo di impiego e alle influenze esterne a cui sarà sottoposto.

Nella tab. 2.5 vengono riportati i tipi di servizio.

Servizio extra leggero	Quando il rischio di sollecitazioni o danneggiamenti meccanici è trascurabile, come nell'uso di apparecchi leggeri in ambienti domestici o in uffici, dove un cavo con maggiore protezione meccanica impedirebbe il movimento dell'apparecchio o ne limiterebbe il suo uso. Esempi sono i rasoi elettrici, gli orologi elettrici, le radio sveglie.
Servizio leggero	Quando il rischio di sollecitazioni o danneggiamenti meccanici è basso, come nel caso dell'uso normale di apparecchiature leggere portatili e facilmente trasportabili utilizzate in ambienti domestici, uffici e negozi. Esempi sono gli asciugacapelli, le lampade da tavolo e le piccole macchine da ufficio su tavolo (personal computer).
Servizio ordinario	Quando i cavi sono sottoposti a leggere sollecitazioni meccaniche e il rischio di danneggiamenti meccanici è piuttosto basso, come nell'impiego di piccoli e medi apparecchi in ambienti domestici, commerciali e nelle industrie leggere. Esempi sono i tostapane, i piccoli elettrodomestici da cucina, gli aspirapolvere, le lavatrici, le macchine da cucire e i frigoriferi.
Servizio pesante	Quando il rischio di sollecitazioni e danneggiamenti meccanici è di media entità, come può verificarsi nell'impiego corrente di apparecchi per l'industria media, per le attività agricole o per impiego temporaneo nei cantieri. Esempi sono grossi scaldacqua, motori di media grandezza o macchine per cantieri o per attività agricole, apparecchi di sollevamento e installazioni fisse in costruzioni temporanee.
Servizio pesante per cavi multipolari	Questi cavi vengono utilizzati per un servizio pesante, principalmente per il collegamento trifase di macchinari da costruzione, comprese le macchine utensili e gli apparecchi di manutenzione meccanica. Possono essere utilizzati all'interno e all'esterno di edifici dove la temperatura ambiente è compresa tra i -25 °C e i 50 °C con temperature di servizio permanente del conduttore non superiori ai 60 °C. Tale tipo di impiego può essere, per esempio, una connessione di un'unità di controllo di una macchina, una gru o un montacarichi.

Tab. 2.5 - Tipo di servizio dei cavi elettrici.

Nella tab. 2.6 vengono riportate le caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi flessibili.

Tipo	Caratteristiche
H 03 VH - Y	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/300 V; isolante del cavo in PVC; cavo piatto con anime divisibili; conduttore in similitudine; 2 anime; sezione commerciale 0,1 mm ² ; servizio extra leggero; presenza di acqua accettabile solo se in quantità trascurabile; non sopporta la presenza di sostanze corrosive, urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari; non può essere usato all'esterno; può sopportare frequenti flessioni; escluse le torsioni.
H 03 VV - F H 03 VV H2 - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/300 V; isolante del cavo in PVC; guaina del cavo in PVC; se è presente H2 nella sigla, il cavo è piatto ma con le anime non divisibili; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2 anime; sezioni commerciali 0,5 e 0,75 mm ² ; servizio extra leggero e leggero; presenza d'acqua accettabile solo se in quantità trascurabile; non sopporta la presenza di sostanze corrosive, urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari; non può essere usato all'esterno; può sopportare frequenti flessioni e torsioni.
H 05 VV - F H 05 VV H2 - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante del cavo in PVC; guaina del cavo in PVC; se è presente H2 nella sigla, il cavo è piatto ma con le anime non divisibili; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2, 3, 4, 5 anime; sezioni commerciali per il tipo rotondo 0,75/1/1,5/2,5/4 mm ² , per il tipo piatto esiste solo la sezione commerciale da 0,75 mm ² ; servizio extra leggero, leggero e ordinario; sopporta la possibile caduta di gocce d'acqua in verticale; sopporta la presenza occasionale di sostanze corrosive, non sopporta urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari; può essere usato all'esterno per periodi di breve durata; sopporta flessioni e torsioni frequenti.
H 03 RT - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/300 V; isolante in gomma naturale o artificiale; guaina del cavo in treccia tessile; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2, 3 anime; sezione commerciale 0,75/1/1,5 mm ² ; servizio extra leggero, leggero e ordinario; sopporta la caduta in verticale dell'acqua; non sopporta urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari e la presenza di sostanze corrosive; non può essere usato all'esterno; non sopporta flessioni e torsioni.
H 05 RR - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante in gomma naturale o artificiale; guaina in gomma naturale o artificiale; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2, 3, 4, 5 anime; sezione commerciale se il cavo ha 2 o 5 anime 0,75, 1, 1,5/2,5 mm ² ; se il cavo ha invece 3 o 4 anime la sezione commerciale è di 0,75/1/1,5/2,5/4 mm ² ; servizio extra leggero, leggero e ordinario; sopporta la caduta in verticale di gocce d'acqua; non sopporta la presenza di sostanze corrosive, urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari; può essere usato all'aperto ma solo per brevi periodi; sopporta flessioni e torsioni frequenti.
H 05 RN - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante del cavo in gomma naturale o artificiale; guaina del cavo in neoprene; conduttore a corda flessibile e per posa mobile; 2, 3 anime; sezione commerciale 0,75 e 1 mm ² ; servizio extra leggero, leggero e ordinario; sopporta la caduta dell'acqua in verticale; può sopportare la presenza di sostanze corrosive, non sopporta urti, vibrazioni, flora, fauna, radiazioni solari; può essere usato all'esterno solo per brevi periodi; può essere sottoposto a flessioni e torsioni frequenti.
H 07 RN - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in gomma naturale o artificiale; guaina del cavo in neoprene; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 1, 2, 3, 4, 5 anime; sezione commerciale: se si tratta di un cavo unipolare sotto guaina le sezioni vanno da 1,5 a 400 mm ² , se il numero delle anime è 2 o 5 le sezioni vanno da 1 a 25 mm ² , infine se il numero delle anime è 3 o 4 le sezioni commerciali vanno da 1 a 300 mm ² ; sopporta la presenza d'acqua anche sotto forma di ondate; servizio extra leggero, leggero, ordinario e pesante; sopporta la presenza di sostanze corrosive; sopporta urti, vibrazioni, flora; non sopporta la fauna e le radiazioni solari; può essere usato permanentemente all'aperto; può sopportare flessioni e torsioni frequenti.
A 07 VV - F	Cavo nazionale riconosciuto in altri Paesi; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in PVC; guaina del cavo in PVC; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2, 3, 4 anime; sezione commerciale da 4 o 6 mm ² ; servizio extra leggero, leggero e ordinario; sopporta la caduta di gocce d'acqua in verticale; sopporta la presenza di sostanze corrosive; non sopporta urti, vibrazioni, flora, fauna e radiazioni solari; può essere usato all'esterno ma solo temporaneamente; sopporta flessioni e torsioni frequenti.

Tab. 2.6 - Caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi flessibili.

Nella tab. 2.7 vengono riportate le caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi per installazione fissa o per cablaggio interno.

Tipo	Caratteristiche
H 05 V - U H 05 V - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante del cavo in PVC; il cavo non ha la guaina protettiva; conduttore a filo unico rigido, se è presente K il cavo è a corda flessibile per posa fissa; 1 anima, se si tratta di un cavo unipolare senza guaina; sezione commerciale 0,5 e 1 mm ² ; il tipo di servizio non esiste in quanto si tratta di un cavo per posa fissa; metodo di installazione in una canaletta solo per circuiti di controllo e di segnalazione, può essere usato per cablaggi interni in zone a temperatura normale.
H 07 V - U H 07 V - R H 07 V - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in PVC; conduttore a filo unico rigido, se è presente R il conduttore è rigido a corda, se è presente K il cavo è a corda flessibile per posa fissa; 1 anima, si tratta di un cavo unipolare senza guaina; sezione commerciale: per il tipo U va da 1,5 a 10 mm ² , per il tipo R va da 1,5 a 400 mm ² , per il tipo K va da 1,5 a 240 mm ² ; metodo di installazione in tubazione, in canalette, per cablaggio interno di apparecchiature in zone a temperatura normale.
H 07 V - U H 07 V - R H 07 V - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in PVC; conduttore a filo unico rigido, se è presente R il conduttore è rigido a corda, se è presente K il cavo è a corda flessibile per posa fissa; 1 anima senza guaina; sezione commerciale: per il tipo U va da 1,5 a 10 mm ² , per il tipo R va da 1,5 a 400 mm ² , per il tipo K va da 1,5 a 240 mm ² ; metodo di installazione in tubazione, in canalette, per cablaggio interno di apparecchiature in zone a temperatura normale.
H 07 V3 - U H 07 V3 - R H 07 V3 - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in PVC capace di sopportare basse temperature (temperatura minima di -25 °C); conduttore a filo unico rigido, se è presente R il conduttore è rigido a corda, se è presente K il cavo è flessibile per posa fissa; 1 anima senza guaina; sezione commerciale per il tipo U da 1,5 a 10 mm ² , per il tipo R da 1,5 a 400 mm ² , per il tipo K da 1,5 a 240 mm ² ; metodo di installazione a basse temperature all'interno di tubazioni e canalette.
H 05 SJ - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante del cavo in gomma siliconica (temperatura di esercizio massima di 180 °C); guaina del cavo in treccia di fibra di vetro; cavo flessibile per posa fissa; 1 anima; sezione commerciale: da 1,5 a 16 mm ² ; metodo di installazione in tubazioni, in canalette per sezioni superiori a 1,5 mm ² , per cablaggi interni in apparecchiature ad alta temperatura.
H 07 G - U H 07 G - R H 07 G - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; gomma artificiale destinata a sopportare alte temperature (temperatura massima d'esercizio 110 °C); se è presente U il conduttore è a filo unico rigido, se è presente R il cavo è rigido a corda, se è presente K il cavo è flessibile per posa fissa; 1 anima senza guaina; sezione commerciale: per il tipo U da 1,5 a 10 mm ² , per il tipo R da 16 a 95 mm ² , per il tipo K da 0,5 a 95 mm ² ; metodo di installazione in tubazione e in canalette; cablaggi interni in apparecchiature ad alta temperatura.
H 07 V - K H 07 V - R	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in PVC del tipo non propagante l'incendio; se è presente K il cavo è flessibile per posa fissa, se è presente R il cavo è rigido a corda; 1 anima senza guaina; sezione commerciale: per il tipo K da 1 a 240 mm ² , per il tipo R da 10 a 240 mm ² ; metodo di installazione in tubi e in canalette, in ambienti con pericolo di incendio, cablaggio interno di apparecchi con pericolo di incendio.
H 07 G 9 - K	Cavo armonizzato; tensione nominale 450/750 V; isolante del cavo in gomma artificiale non propagante incendi e fumi o gas tossici (a bassa emissione di fumi o gas tossici o corrosivi), (temperatura massima di esercizio 90 °C); la lettera K indica che il cavo è flessibile per posa fissa; 1 anima senza guaina; sezione commerciale da 1 a 95 mm ² ; metodo di installazione in canalette, per il cablaggio interno di apparecchiature ad alta temperatura e in ambienti in cui, in caso di incendio, è necessario limitare l'emissione di fumi, gas tossici e corrosivi.
H 05 R N H2 - F	Cavo armonizzato; tensione nominale 300/500 V; isolante in gomma naturale o artificiale; guaina del cavo in neoprene; cavo piatto ma con anime non separabili; conduttore a corda flessibile per posa mobile; 2 anime; sezione commerciale 1,5 mm ² ; tipo di servizio extra leggero, leggero e ordinario; è un cavo destinato alle decorazioni e agli addobbi per catene decorative.

Tab. 2.7 - Caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi per installazione fissa o per cablaggio interno.

Nella tab. 2.8 vengono riportate le pose consentite in relazione agli ambienti e ai cavi in uso più comuni.

		Tipo di cavo									
		H05V-K	N07V-K	N07G9-K	H05VV-F	H03VV-F	FROR-450/750 V	H07RN-F	NIVV-K	FG7(O)R-0,6/1kV	FG7(O)M1-0,6/1kV
Tipo posa	Fissa	Sì	Sì	Sì	Sì	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
	Mobile	No	No	No	Sì	Sì	Sì	Sì	No	No	No
	Esterna	No	No	No	No	No	No	Sì	Sì	Sì	Sì
	Sotto traccia	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
	Cunicolo interrato	No	No	No	No	No	No	No	Sì	Sì	Sì
Applicazioni	Direttamente interrato	No	No	No	No	No	No	No	Sì	Sì	Sì
	Residenziali	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
	Industria e artigianato	No	Sì	Sì	No	No	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
Ambienti	A rischio incendio	No	Sì	Sì	No	No	Sì	No	Sì	Sì	Sì
	Fiere	No	No	No	No	No	Sì	No	Sì	Sì	Sì
	Cantieri	No	No	No	No	No	No	Sì	Sì	Sì	No
	Cablaggio	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	---	---	---

Tab. 2.8 - Tipi di posa consentite in base al tipo di cavo.

Nelle fig. 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24 vengono riportati i disegni con le caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi per installazione fissa o mobile.

CE **N1VZ4V-K**

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. CAVI MULTIPOLARI E MULTIPLI PER POSA FISSA CON CONDUTTORI FLESSIBILI ARMATI A NASTRO DI ACCIAIO ZINCATO SOTTO GUAINA IN PVC.
CEI 20-22 II / 20-37 PT.1 / 20-14

Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico

CEI 20-22 II

Miscela PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Armatura a nastri intercalati di acciaio zincato

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

CE **N1VZ5V-K**

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. CAVI MULTIPOLARI E MULTIPLI PER POSA FISSA CON CONDUTTORI FLESSIBILI ARMATI A TRECCIA DI FILI DI ACCIAIO ZINCATO SOTTO GUAINA IN PVC.
CEI 20-22 II / 20-37 PT.1 / 20-14

Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico

CEI 20-22 II

Miscela PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Armatura a treccia di fili di acciaio zincato

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

Fig. 2.20 - Esempi di cavi (General cavi).

CE **FG10(O)M1**

RG10(O)M1 0,6/1KV

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI NON PROPAGANTI L'INCENDIO E A BASSO SVILUPPO DI GAS TOSSICI E CORROSIIVI. CAVI CON CONDUTTORI FLESSIBILI E RIGIDI PER POSA FISSA.
CEI 20-22 III / 20-35 / 20-37 / 20-38 TABELLA UNEL 35369-35370-35371

CEI 20-22 III 20-38 IEMMEQU

Guaina termoplastica speciale tipo M1
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Isolamento con miscela elastomerica qualità G10
Connettore a corda flessibile o rigida di rame stagnato

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +90°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +250°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

CE **FROR 450/750V**

CAVI PER ENERGIA ISOLATI IN POLIVINILCLORURO. CAVI FLESSIBILI SOTTO GUAINA DI POLIVINILCLORURO NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI
CEI 20-22 II / 20-20 / 20-29 / 20-34 / 20-35 / 20-37 pt.1

CEI 20-22 II IEMMEQU

Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Guaina miscela PVC qualità TM2
Isolamento in PVC qualità R2
Connettore a corda flessibile classe 5 di rame rosso ricotto

TENSIONE NOMINALE: 450/750 V
TENSIONE DI PROVA: 2500 V
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C
Resistente alle sollecitazioni meccaniche per 70.000 cicli
Resistente all'olio secondo CEI 20-46

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

Fig. 2.21 - Esempi di cavi (General cavi).

CE **N1VC4V-K**

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. CAVI MULTIPOLARI E MULTIPLI PER POSA FISSA CON CONDUTTORI FLESSIBILI E SCHERMO A TRECCIA DI FILI DI RAME SOTTO GUAINA IN PVC.
CEI 20-22 II / 20-37 PT.1 / 20-14

Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico

CEI 20-22 II

Miscela PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Schermo costituito da treccia di fili di rame rosso (Res. Elettr. < 5 Ohm/Km).

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

CE **FG7(O)R**

(U)RG7(O)R 0,6/1KV- RG7(O)R 0,6/1KV

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI ISOLATI IN GOMMA ETILENPROPILENICA ALTO MODULO DI QUALITA' E7, NON PROPAGANTI L'INCENDIO E A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. CAVI FLESSIBILI E RIGIDI PER POSA FISSA
CEI 20-22 II / 20-37 pt.1 / 20-13 TABELLA UNEL 35375-35376-35377

CEI 20-22 II IEMMEQU

Guaina in PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Isolamento in HEPR qualità G7
Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto o rigido di rame rosso e non

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +90°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +250°C FINO ALLA SEZ. 240 mmq
+220°C OLTRE LA SEZ. 240 mmq

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

Fig. 2.22 - Esempi di cavi (General cavi).

CE **N1VC7V-K**

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. CAVI MULTIPOLARI E MULTIPLI PER POSA FISSA CON CONDUTTORI FLESSIBILI E SCHERMO A NASTRO DI RAME SOTTO GUAINA IN PVC.
CEI 20-22 II / 20-37 PT.1 / 20-14 TABELLA UNEL 35755-35756

Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico

CEI 20-22 II IEMMEQU

Miscela PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Schermo costituito da due nastri di rame rosso (Res. Elettr. < 5 Ohm/Km).

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

CE **N1VV-K**

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSIIVI. PER POSA FISSA CON CONDUTTORI FLESSIBILI E RIGIDI
CEI 20-22 II / 20-37 PT.1 / 20-14 TABELLA UNEL 35755-35756-35757

CEI 20-22 II IEMMEQU

Miscela PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Isolamento in PVC qualità R2
Connettore a corda flessibile di rame rosso ricotto

TENSIONE NOMINALE: 0,6/1 KV
TENSIONE DI PROVA: 4000 V IN C.A.
TEMPERATURA MASSIMA DI ESERCIZIO: +70°C
TEMPERATURA MASSIMA DI CORTO CIRCUITO: +160°C

general
CAVI s.p.a. 6007-LEN

Fig. 2.23 - Esempi di cavi (General cavi).

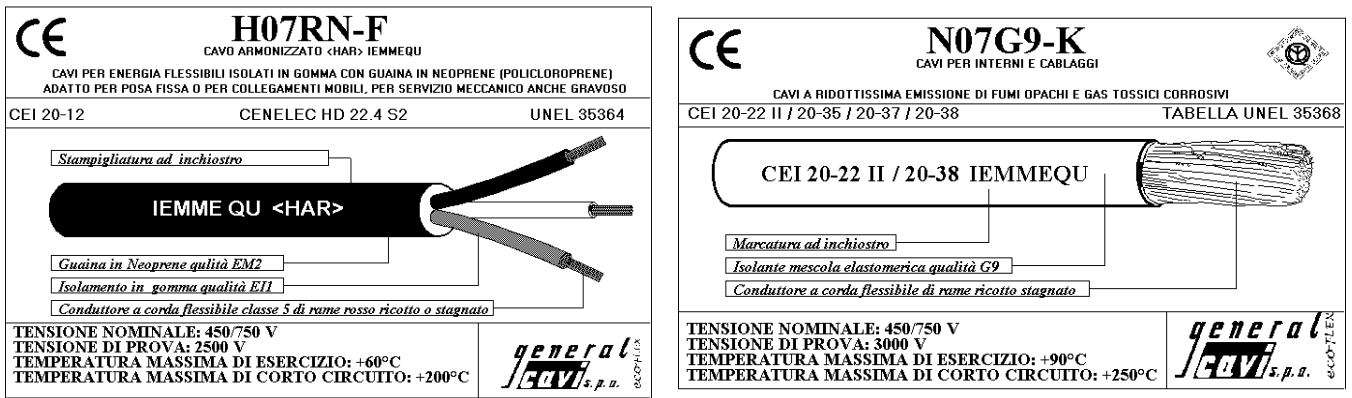


Fig. 2.24 - Esempi di cavi (General cavi).

La portata di un cavo dipende dalla sezione, dal tipo di conduttore e dall'isolante, ma anche dalla temperatura ambientale e dalle condizioni di posa.

Per determinare la portata, si utilizzano le tabelle CEI-UNEL in relazione al fatto che la posa sia in aria o interrata. Di seguito viene mostrato come è possibile determinare la portata di corrente in regime permanente per cavi con posa in aria, mentre per i cavi con posa interrata si rimanda alla norma.





Le norme, per i cavi posati in aria, prevedono che per determinare la portata di un cavo si utilizzi la seguente relazione: $I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2$.

Le variabili, riportate nella precedente relazione, sono definite nel seguente modo:

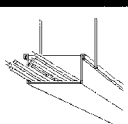
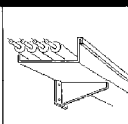

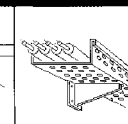
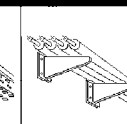
- I_z = portata del cavo;
- I_0 = valore di portata ricavato dalla tab. 2.9 per i cavi unipolari o dalla tab. 2.10 per i cavi multipolari;
- k_1 = fattore di correzione per temperature ambiente diverse da 30 °C;
- k_2 = fattore di correzione per più circuiti installati.

RIFERIMENTO PORTATA	TIPO POSA	TIPO DI ISOLAMENTO	NUMERO CONDUTTORI CARICATI	SEZIONE mm ²																
				1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
A1		PVC	2	14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320	-	-
			3	13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	296	-	-
A2		PVC	2	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-
			3	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-
A3		PVC	2	19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	-	-
			3	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369	-	-
A4		PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			3	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	656
A5		PVC	2	22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629	754
			3	19,5	26	35	46	63	85	114	143	174	225	275	321	372	427	507	587	689
A6		PVC	2	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	465	521	615	709	852
			3	-	-	-	-	-	-	-	146	181	219	281	341	396	465	521	615	709
A7		PVC	2	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	795
			3	-	-	-	-	-	-	-	130	162	197	254	311	362	419	480	569	659

Tab. 2.9 - Portate dei cavi unipolari per posa in aria I_z . Tabella di riferimenti A. Portate calcolate per temperature ambiente di 30 °C e un singolo circuito (Gewiss).

RIFERIMENTO PORTATA	TIPO POSA	TIPO DI ISOLAMENTO	NUMERO CONDUTTORI CARICATI	SEZIONE mm ²																
				1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	
B1	 Cavi in tubo incassato in parete isolante	PVC	2	14	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334	
			3	13	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298	
	EPR	2	18,5	25	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442		
		3	16,5	22	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396		
	B2	 Cavo in tubo in aria	PVC	2	16,5	23	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394
				3	15	20	27	34	46	62	80	99	118	149	179	206	225	255	297	339
EPR		2	22	30	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532		
		3	19,5	26	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455		
B3		 Cavi in aria libera distanziati da parete/soffitto o su passerella	PVC	2	22	30	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593
				3	18,5	25	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497
	EPR	2	26	36	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741		
		3	23	32	42	54	75	100	127	158	192	246	298	346	399	456	538	621		
	B4	 Cavi in aria fissati alla parete/soffitto	PVC	2	19,5	27	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530
				3	17,5	24	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464
EPR		2	24	33	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693		
		3	22	30	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576		

Tab. 2.10 - Portate dei cavi multipolari per posa in aria. Tabella di riferimenti B. Portate calcolate per temperature ambiente di 30 °C e un singolo circuito (Gewiss).

FATTORE K ₁			FATTORE K ₂					
TEMP. AMBIENTE	TIPO DI ISOLAMENTO		TIPO POSA					
	PVC	EPR						
10	1,22	1,15	1	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00
15	1,17	1,12	2	0,80	0,85	0,81	0,88	0,87
20	1,12	1,08	3	0,70	0,79	0,72	0,82	0,82
25	1,06	1,04	4	0,65	0,75	0,68	0,77	0,80
35	0,94	0,96	5	0,60	0,73	0,66	0,75	0,80
40	0,87	0,91	6	0,57	0,72	0,64	0,73	0,79
45	0,79	0,87	7	0,54	0,72	0,63	0,73	0,79
50	0,71	0,82	8	0,52	0,71	0,62	0,72	0,78
55	0,61	0,76	9	0,50	0,70	0,91	0,72	0,78
60	0,50	0,71	12	0,45	Non si applicano ulteriori riduzioni per più di 9 circuiti o cavi multipolari			
65	-	0,65	16	0,41				
70	-	0,58	20	0,38				
75	-	0,50						
80	-	0,41						

Tab. 2.11 - Fattori di correzione k₁ e k₂ (Gewiss).

Da notare che la portata non cambia per ciascun tipo di posa, ma per gruppi di tipi di posa (A2, B2, ecc.). Per esempio, i cavi unipolari installati nei tubi protettivi (A2) o in canali (A2) hanno, a parità di altre condizioni, la stessa portata per tutti i tipi di posa illustrati nella tab. 2.4. Nelle tabelle viene utilizzato l'aggettivo *caricato*, termine con il quale viene indicato un conduttore percorso da corrente in condizioni normali di esercizio; quindi, per esempio, il conduttore di protezione è sicuramente un conduttore non caricato e lo è anche il neutro in un sistema trifase simmetrico ed equilibrato.

Esempio 1. Determinare la portata di un cavo unipolare in rame avente una sezione di 16 mm² con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente 30 °C e con 3 conduttori caricati (circuito trifase) e 6 circuiti (6 motori elettrici trifase).

Dalla tab. 2.9 si ricava il valore di $I_0 = 68$ A; quindi, siccome la temperatura ambiente è di 30 °C, si pone il fattore $k_1 = 1$ (per altri valori di temperatura si veda il fattore di correzione nella tab. 2.11), mentre si pone il fattore $k_2 = 0,57$ visto che i circuiti sono sei e si considerano i cavi raggruppati in fascio.

Il valore della portata del cavo $I_z = 68 \cdot 1 \cdot 0,57 = 38,76$ A (valore arrotondato a 39 A).

Esempio 2. Determinare la portata di un cavo unipolare in rame avente una sezione di 2,5 mm² con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente 30 °C e con 2 conduttori caricati (circuito monofase) e 2 circuiti (circuito luce, circuito prese).

Dalla tab. 2.9 si ricava il valore di $I_0 = 24$ A; quindi, siccome la temperatura ambiente è di 45 °C, si pone il fattore $k_1 = 0,79$ come riportato nella tab. 2.11, mentre si pone il fattore $k_2 = 0,80$ visto che i circuiti sono 2 e si considerano i cavi raggruppati in fascio.

I conduttori di neutro nei circuiti monofase e nei circuiti polifase con sezione inferiore o uguale a 16 mm^2 devono avere la stessa sezione dei conduttori di fase. Per i conduttori dei circuiti polifase, con una sezione superiore a 16 mm^2 se in rame (25 mm^2 se in alluminio), è ammesso che il neutro abbia una sezione ridotta, ma comunque non inferiore a 16 mm^2 se in rame (25 mm^2 se in alluminio) purché siano soddisfatte le seguenti condizioni: che il carico sia essenzialmente equilibrato, che il neutro con una sezione ridotta assicuri la necessaria portata in servizio ordinario e che sia assicurata la protezione contro le sovracorrenti.

Per quanto riguarda la sezione dei conduttori di terra e protezione, può essere dedotta dalla tab. 2.20. Se dall'applicazione della tabella risultasse una sezione non unificata, sarà necessario adottare il conduttore avente una sezione unificata in eccesso rispetto al valore calcolato.

Sezione conduttore di fase	Sezione conduttore di protezione
Fino a 16 mm^2	Uguale a quello di fase
$16+35 \text{ mm}^2$	16 mm^2
Oltre 35 mm^2	Metà di quello di fase

N.B. Quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura del conduttore di fase non deve essere minore di $2,5 \text{ mm}^2$ se è prevista una protezione meccanica, di 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica.

Tab. 2.20 - Sezione dei conduttori di protezione in relazione al conduttore di fase.

Si definisce **caduta di tensione** (c.d.t.) la differenza tra il valore della tensione nel punto di alimentazione (origine) e quello nel punto di utilizzazione dell'energia elettrica.

La norma CEI 64-8 raccomanda di contenere la c.d.t. ai morsetti dell'utilizzatore entro il limite del 4% della tensione nominale.

Il motivo è che le apparecchiature elettriche sono costruite per funzionare correttamente con una variazione di tensione non superiore al $\pm 5\%$ del valore nominale (motori elettrici).

Nel caso dei motori elettrici un abbassamento eccessivo della tensione causa problemi di funzionamento per le utenze più sensibili, un aumento del tempo di avviamento dei motori (la coppia motrice di un motore asincrono trifase varia in funzione del quadrato della tensione) e un aumento delle perdite nel motore e sulla linea.

Il valore della c.d.t. può essere calcolato mediante la formula classica:

$$\Delta U = k \cdot I_b \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad \text{volendo il valore in percentuale si avrà: } \Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} 100$$

dove:

- I_b = corrente assorbita dalla utenza in ampere;
- k = fattore di tensione pari a 2 nei sistemi monofase e bifase e a 1,732 (valore arrotondato di $\sqrt{3}$) nei sistemi trifase;
- L = lunghezza della linea;
- R = resistenza di un chilometro di cavo (Ω/km);
- X = reattanza di un chilometro di cavo (Ω/km);
- U_n = tensione nominale dell'impianto in volt;
- $\cos \varphi$ = fattore di potenza del carico.

RESISTENZA E REATTANZA SPECIFICA DEI CAVI UNIFICATI (TABELLA UNEL 35023-70)																
sez. [mm^2]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
CAVO UNIPOLARE																
r [$\text{m}\Omega/\text{m}$]	14,8	8,91	5,57	3,71	2,24	1,41	0,889	0,641	0,473	0,328	0,236	0,188	0,153	0,123	0,0943	0,0761
x [$\text{m}\Omega/\text{m}$]	0,168	0,156	0,143	0,135	0,119	0,112	0,106	0,101	0,101	0,0965	0,0975	0,0939	0,0928	0,0908	0,0902	0,0895
CAVO BIPOLARE, TRIPOLARE																
r [$\text{m}\Omega/\text{m}$]	15,1	9,08	5,68	3,78	2,27	1,43	0,907	0,654	0,483	0,334	0,241	0,191	0,157	0,125	0,0966	0,0780
x [$\text{m}\Omega/\text{m}$]	0,118	0,109	0,101	0,095	0,0861	0,0817	0,0813	0,0783	0,0779	0,0751	0,0762	0,0745	0,0745	0,0742	0,0752	0,0750

Tab. 2.21 - Valore della resistenza e reattanza specifica dei cavi unificati in relazione alla sezione (Gewiss).

La temperatura di riferimento assunta è di $80 \text{ }^\circ\text{C}$. I valori della tab. 2.21 sono applicabili, con sufficiente approssimazione, per tutti i cavi per energia, rigidi, semirigidi o flessibili, isolati con varie qualità di gomma o di materiale termoplastico, aventi temperature caratteristiche fino a $85 \text{ }^\circ\text{C}$.

Per avere la caduta di tensione espressa in volt, è necessario moltiplicare i valori in tabella per la corrente espressa in ampere e per la lunghezza della linea in metri e, infine, dividere per 1000.

La caduta di tensione deve essere calcolata facendo attenzione ai seguenti punti: tra fase e neutro, nel caso di corrente alternata in un sistema monofase, e tra fase e fase, nel caso di corrente alternata in un sistema trifase.

SEZIONE NOMINALE	CAVI UNIPOLARI				CAVI BIPOLARI		CAVI TRIPOLARI	
	CORRENTE ALTERNATA MONOFASE		CORRENTE ALTERNATA TRIFASE		CORRENTE ALTERNATA MONOFASE		CORRENTE ALTERNATA TRIFASE	
	cos φ 1	cos φ 0,8	cos φ 1	cos φ 0,8	cos φ 1	cos φ 0,8	cos φ 1	cos φ 0,8
mm ²	mV / Am	mV / Am	mV / Am	mV / Am	mV / Am	mV / Am	mV / Am	mV / Am
1	44,2	35,6	38,3	30,8	45,0	36,1	39,0	31,3
1,5	29,7	23,9	25,7	20,7	30,2	24,3	26,1	21,0
2,5	17,8	14,4	15,4	12,5	18,2	14,7	15,7	12,7
4	11,1	9,08	9,65	7,87	11,4	9,21	9,85	7,98
6	7,41	6,10	6,42	5,28	7,56	6,16	6,54	5,34
10	4,47	3,72	3,87	3,22	4,55	3,73	3,94	3,24
16	2,82	2,39	2,44	2,07	2,87	2,39	2,48	2,07
25	1,78	1,55	1,54	1,34	1,81	1,55	1,57	1,34
35	1,28	1,15	1,11	0,993	1,31	1,14	1,13	0,988
50	0,947	0,878	0,820	0,760	0,967	0,866	0,838	0,750
70	0,656	0,641	0,568	0,555	0,669	0,624	0,579	0,541
95	0,473	0,494	0,410	0,428	0,484	0,476	0,419	0,412
120	0,375	0,413	0,325	0,358	0,383	0,394	0,332	0,342
150	0,306	0,356	0,265	0,308	0,314	0,341	0,272	0,295
185	0,246	0,306	0,213	0,265	0,251	0,289	0,217	0,250
240	0,189	0,259	0,163	0,224	0,193	0,245	0,167	0,212
300	0,152	0,229	0,132	0,198	0,156	0,215	0,135	0,186
400	0,121	0,202	0,105	0,175	0,125	0,189	0,108	0,164

Tab. 2.22 - Cadute di tensione unitarie per cavi unipolari, bipolari e tripolari isolati con gomma o materiale termoplastico (Gewiss).

Esempio di applicazione.

Una conduttura bipolare avente una sezione di 4 mm², lunga 80 m e percorsa da una corrente di 5 A ed un carico avente un $\cos \varphi = 0,8$ ha una caduta di tensione pari a:

$$\Delta U = (u \cdot I \cdot L) / 1000;$$

$$\Delta U = (9,21 \cdot 80 \cdot 5) / 1000;$$

$$\Delta U = 3,7 \text{ V.}$$

Nel caso in cui i valori del fattore di potenza ($\cos \varphi$) sono diversi da quelli previsti dalla tab. 2.22, si può utilizzare la seguente formula per il calcolo della caduta di tensione unitaria:

$$\Delta U = k \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

dove:

- ΔU = caduta di tensione per valori unitari di corrente e lunghezza;
- k = fattore di tensione pari a 2 nei sistemi monofase e bifase e a 1,732 (valore arrotondato di $\sqrt{3}$) nei sistemi trifase;
- R = resistenza unitaria del cavo riportata nella tab. 2.21 (tabella UNEL 35023-70);
- X = reattanza unitaria del cavo riportata nella tab. 2.21 (tabella UNEL 35023-70);
- $\cos \varphi$ = fattore di potenza del carico.

Il valore della caduta di tensione ΔU per valori unitari di corrente e lunghezza deve essere moltiplicato per la corrente, per la lunghezza della linea e diviso per 1000.

Esempio. Un cavo tripolare in un sistema trifase avente una sezione di 4 mm², lunga 80 m e percorsa da una corrente di 5 A ed un carico avente un $\cos \varphi = 0,6$ ha una caduta di tensione pari a:

$$\Delta U = k \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) = 1,732 \cdot (5,68 \cdot 0,6 + 0,101 \cdot 0,8) \cdot 80 \cdot 5 / 1000 = 2,41 \text{ V.}$$

Vale la pena ricordare che la corrente di impiego I_b nei circuiti monofase e trifase si può calcolare con le seguenti formule, che prevedono la conoscenza della potenza assorbita P , la tensione di alimentazione (sistema monofase $U = 230 \text{ V}$, sistema trifase $U = 400 \text{ V}$) e il valore del fattore di potenza $\cos \varphi$.

- **Circuito fase-neutro (o fase-fase):**
$$I_b = \frac{\text{Potenza (W)}}{\text{Tensione (V)} \cdot \cos \varphi}$$

Per esempio, la corrente di impiego I_b di un circuito che alimenta un carico di 2000 W, con un $\cos \varphi = 0,7$ vale:

$$I_b = \frac{2000}{230 \cdot 0,7} = 12,4 \text{ A}$$

- **Circuito trifase:**
$$I_b = \frac{\text{Potenza (W)}}{1,732 \cdot \text{Tensione concatenata (V)} \cdot \cos \varphi}$$

Per esempio, la corrente di impiego I_b di un circuito che alimenta un carico di 2000 W, con un $\cos \varphi = 0,7$ vale:

$$I_b = \frac{2000}{1,732 \cdot 400 \cdot 0,7} = 4,12 \text{ A}$$

Se la potenza è espressa in voltampere, anziché in watt, valgono le stesse formule dove si ponga $\cos \varphi = 1$.

2.5 Tubi e canalizzazioni

I tubi e le canaline usati per canalizzare i conduttori possono essere di tipo aperto o chiuso, di sezione circolare, rettangolare o con un altro tipo di profilo; sono impiegati per assicurare un'adeguata protezione meccanica ai cavi in essi contenuti. Le norme che si occupano di questi componenti sono diverse; in particolare, si segnalano le norme CEI 23-36 "Tubi per installazioni elettriche. Diametri esterni dei tubi per installazioni elettriche e filettature per tubi e accessori", CEI 23-39 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali", CEI 23-54 "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-1: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori", CEI 23-55 "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-2: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori", CEI 23-56 "Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 2-3: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori", CEI 23-58 "Sistemi di canali e di condotti per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali", CEI 23-31 "Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portatavi e portapparecchi" e, infine, CEI 23-32 "Sistemi di canali di materiale plastico isolante e loro accessori ad uso portatavi e portapparecchi per soffitto e parete. Queste norme riguardano i tubi protettivi e i relativi accessori in materiale termoplastico (PVC) che sono utilizzati nelle installazioni elettriche fisse; in esse sono indicate le prescrizioni riguardanti la costruzione, le verifiche e l'installazione. Le norme classificano i tubi in:

- rigidi;
- pieghevoli;
- flessibili;
- cavidotti.

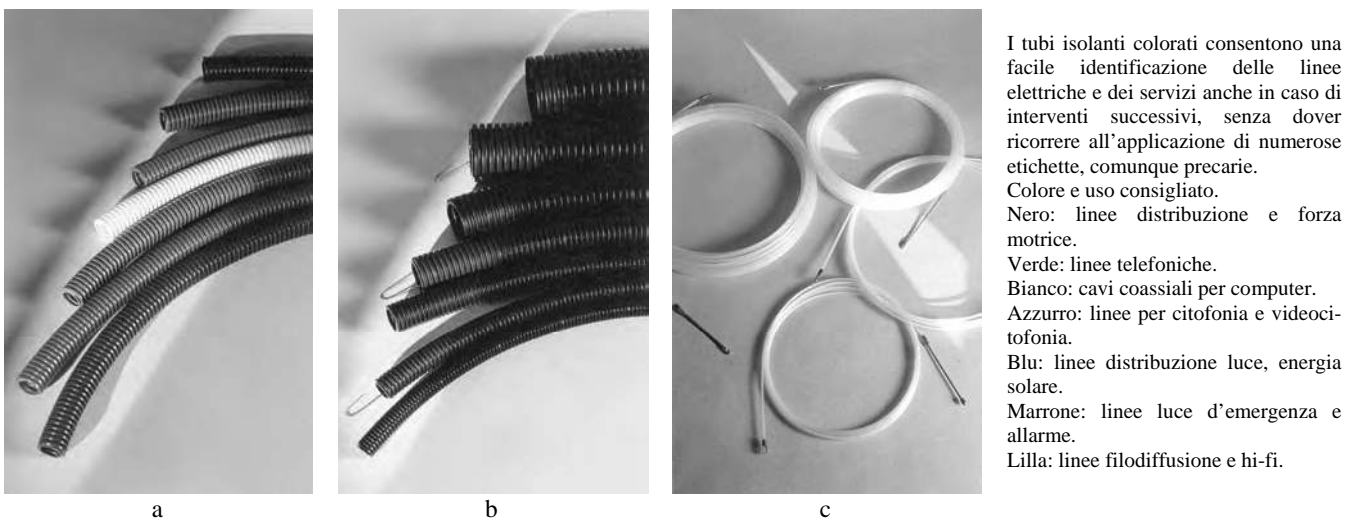
I tubi rigidi, pieghevoli e flessibili possono essere metallici oppure in materiale isolante; quelli in materiale isolante possono essere suddivisi, a loro volta, in leggeri, pesanti, autorinvenenti, filettati e spiralati, lisci. I cavidotti sono realizzati in materiale isolante e possono essere del tipo rigido oppure pieghevole.

Per identificare i tubi è usato un codice di classificazione composto da diverse cifre, come mostrato nella tab. 2.23, ciascuna delle quali indica una precisa caratteristica rispetto a: proprietà meccaniche; temperatura di trasporto, utilizzo ed installazione; caratteristiche elettriche; resistenza alle influenze esterne (grado di protezione IP, resistenza alla corrosione per i sistemi metallici, resistenza alla trazione); resistenza alla propagazione della fiamma. Il codice può essere composto da dodici cifre e può essere riportato nella documentazione del costruttore (cataloghi); in ogni caso, il codice deve essere costituito almeno dalle prime 4 cifre.

Il *tubo rigido* può essere piegato solamente mediante un apposito attrezzo meccanico; è possibile trovarlo nell'esecuzione leggera, pesante ed extrapesante, in relazione ai diversi livelli di resistenza meccanica, ed è utilizzato per realizzare impianti elettrici ad un'altezza superiore a 2,5 m dal piano di calpestio.

Il *tubo pieghevole* può essere piegato a mano, senza l'ausilio di nessun attrezzo.

Il *tubo flessibile* può essere piegato a mano molto facilmente ed è utilizzato quando è soggetto, durante il normale uso, a frequenti piegamenti. Questo tipo di tubo è usato negli impianti elettrici sotto traccia oppure per posa sotto il pavimento; anche in questo caso è possibile trovarlo in esecuzione leggera (lettera L) oppure pesante (lettera P), con vari gradi di resistenza meccanica allo schiacciamento.



I tubi isolanti colorati consentono una facile identificazione delle linee elettriche e dei servizi anche in caso di interventi successivi, senza dover ricorrere all'applicazione di numerose etichette, comunque precarie. Colore e uso consigliato.

Nero: linee distribuzione e forza motrice.

Verde: linee telefoniche.

Bianco: cavi coassiali per computer.

Azzurro: linee per citofonia e videocitofonia.

Blu: linee distribuzione luce, energia solare.

Marrone: linee luce d'emergenza e allarme.

Lilla: linee filodiffusione e hi-fi.

Fig. 2.25 - Tubi isolanti pieghevoli autoestinguenti in materiale termoplastico a base di PVC, utilizzati negli impianti elettrici incassati: a) Colorati, nero, verde, azzurro, bianco, marrone, lilla, blu - b) Colore nero di diversa grandezza; si noti la presenza di versioni di tubi con sonda tiracavo incorporata dal costruttore che facilita l'inserimento dei cavi elettrici - c) Sonde tiracavi in nylon diametro 3 e 4 mm (Dielectrix).

CODICE DI MARCATURA OBBLIGATORIO	Prima cifra	Resistenza alla compressione	1 2 3 4 5	Molto leggero Leggero Medio Pesante Molto pesante
	Seconda cifra	Resistenza all'urto	1 2 3 4 5	Molto leggero Leggero Medio Pesante Molto pesante
	Terza cifra	Temperatura minima d'applicazione permanente e d'installazione	1 2 3 4 5	+5 °C -5 °C -15 °C -25 °C -45 °C
	Quarta cifra	Temperatura massima d'applicazione permanente e d'installazione	1 2 3 4 5 6 7	+60 °C +90 °C +105 °C +120 °C +150 °C +250 °C +400 °C
CODICE DI MARCATURA ADDIZIONALE	Quinta cifra	Resistenza alla flessione	1 2 3 4	Rigido Pieghevole Pieghevole/autorinvenente Flessibile
	Sesta cifra	Proprietà elettriche (0 se non dichiarata)	1 2 3	Continuità elettrica Isolamento elettrico Isolamento e continuità elettrica
	Settima cifra	Protezione contro la penetrazione i corpi solidi	3 4 5 6	IP3X IP4X IP5X IP6X
	Ottava cifra	Protezione contro la penetrazione dell'acqua	0 1 2 3 4 5 6 7	Non protetto IPX1 PX2 IPX3 IPX4 IPX5 IPX6 IPX7
	Nona cifra	Resistenza a corrosione di tubi metallici e composti	1 2 3 4	Protezione interna e esterna debole Protezione interna e esterna media Protezione interna media, esterna alta Protezione interna e esterna alta
	Decima cifra	Resistenza alla trazione	1 2 3 4 5	Molto leggero Leggero Medio Pesante Molto pesante
	Undicesima cifra	Propagazione alla fiamma	1 2	Non propagante la fiamma Propagante la fiamma
	Dodicesima cifra	Resistenza al carico sospeso (0 se non dichiarata)	1 2 3 4 5	Molto leggero Leggero Medio Pesante Molto pesante

Tab. 2.23 - Codice di marcatura per tubi secondo la norma CEI 23-39.

Viene definito *tubo metallico* quel tubo realizzato in metallo e, infine, viene definito *tubo non propagante la fiamma* quel tubo che può prendere fuoco, ma non lo propaga e si autoestingue se la fiamma viene allontanata.

I tubi devono presentare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- avere le superfici interne ed esterne sufficientemente lisce, in modo da non danneggiare i cavi in particolare durante la fase di introduzione o estrazione;
- avere una sufficiente resistenza meccanica, in particolare allo schiacciamento e all'urto;
- essere in grado di resistere in modo soddisfacente al calore e al fuoco;
- garantire una buona e sicura continuità elettrica nel caso che siano tubi metallici utilizzati come conduttori equipotenziali o di protezione;
- avere buone proprietà isolanti, in particolare un'adeguata tenuta alla tensione applicata e un'elevata resistenza di isolamento (se il tubo è in materiale plastico);

- essere realizzati con materiali in grado di garantire un'adeguata protezione contro la penetrazione di corpi solidi o liquidi esterni, devono avere un'adeguata resistenza ad eventuali sostanze corrosive o inquinanti o all'esposizione ai raggi solari.

Unitamente ai tubi possono essere utilizzati anche alcuni accessori come per esempio:

- i *manicotti*, che permettono di congiungere due tubi aventi lo stesso diametro del manicotto;
- le *curve*, elementi ad asse curvilineo che vengono utilizzati anch'essi per congiungere due tubi;
- le *clip a scatto*, che servono invece per il fissaggio dei tubi rigidi, per esempio, su di un muro.

Tutti i tipi di tubo devono essere obbligatoriamente siglati, secondo la tab. 2.23 che riassume i vari codici di marcatura dei tubi.

Un tubo viene designato mediante la *grandezza* ovvero il suo diametro nominale che corrisponde al diametro esterno espresso in mm.

Tubi protettivi	Caratteristiche	Grandezza-diametro interno [mm]
Rigidi in PVC (serie pesante - colore nero)	Impieghi sotto pavimento e in tutte quelle applicazioni nelle quali è richiesta una particolare resistenza meccanica.	16-13/20-16,9/25-21,4/32-27,8/40-35,4/50-44,4
Rigidi in PVC (serie leggera - colore grigio)	Impieghi in tutte le applicazioni nelle quali non è richiesta una particolare resistenza meccanica.	16-13,3/20-17,2/25-21,7/32-28,3/40-35,9/50-45,3
Flessibili, in polivinile (serie pesante - colore nero)	Per posa sotto traccia, buona resistenza allo schiacciamento, estrema facilità nella curvatura senza strozzature.	16-10,7/20-15,5/25-19,8/32-26,4/40-31,2/50-39,6/63-50,6
Flessibili, in polivinile (serie leggera - colore grigio)		16-11,7/20-15,5/25-19,8/32-26,4/40-31,2/50-39,6
Acciaio zincato	Impieghi in tutte le applicazioni sotto traccia o in vista, nelle quali è richiesta una buona resistenza meccanica.	16-13,8/20-17,8/25-22,8/32-29,8/40-37,8/50-47,8/63-60,8

Tab. 2.24 - Tipi di tubi protettivi, caratteristiche e relative grandezze.

A seconda del diametro del tubo e del tipo di cavo che in esso deve passare, è possibile, mediante l'uso di tabelle, individuare il numero dei cavi che ogni tubo può contenere.

I cavi, infatti, devono poter essere agevolmente sfilati dai tubi. A tal fine, il diametro interno del tubo deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che esso è destinato a contenere.

Conduttori		Sezione del conduttore (mm ²)									
Tipo	N°	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	
Cavo unipolare in PVC (senza guaina)	1	16	16	16	16	16	20	20	25	25	
	2	16	20	20	25	32	32	32	40	40	
	3	16	20	25	32	32	32	40	40	50	
	4	20	20	25	32	32	32	40	50	50	
	5	20	25	25	32	40	40	50	50	---	
	6	20	25	32	32	40	40	50	50	---	
	7	20	25	32	32	40	40	50	---	---	
	8	25	32	32	40	50	50	50	---	---	
	9	25	32	32	50	50	50	---	---	---	
Cavo multipolare in PVC	Bipolare	1	20	25	25	32	40	40	50	63	---
		2	32	40	50	50	63	---	---	---	---
		3	40	50	50	63	---	---	---	---	---
	Tripolare	1	20	25	25	32	40	50	50	63	---
		2	40	40	50	63	63	---	---	---	---
		3	40	50	50	63	---	---	---	---	---
	Quadripolare	1	25	25	32	32	50	---	---	---	---
		2	40	50	50	63	---	---	---	---	---
		3	50	50	63	---	---	---	---	---	---

Tab. 2.25 - Grandezza dei tubi protettivi flessibili in relazione alla sezione e al numero N dei conduttori.

Le norme vietano che all'interno dei tubi ci siano giunzioni o morsetti.

In fase di installazione, è opportuno distanziare adeguatamente la conduttura elettrica dai tubi dell'acqua calda per evitare surriscaldamenti e formazione di condensa; in particolare, è bene porre la conduttura elettrica sopra la conduttura dell'acqua per evitare il pericolo di gocciolamento.

Per i tubi protettivi, è opportuno scegliere tracciati ad andamento verticale o orizzontale (salvo un'eventuale pendenza per lo scarico della condensa che può formarsi per le caratteristiche ambientali del locale, come, per esempio, in cucina).

Conduttori		Sezione del conduttore (mm ²)									
Tipo		N°	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
Cavo unipolare in PVC (senza guaina)	1	1	16	16	16	16	16	20	20	25	25
	2	2	16	16	16	20	25	25	32	40	40
	3	3	16	16	20	25	32	32	32	40	50
	4	4	16	20	20	25	32	32	40	50	50
	5	5	20	20	20	32	32	40	40	50	---
	6	6	20	20	25	32	40	40	50	50	---
	7	7	20	20	25	32	40	50	50	---	---
	8	8	25	25	32	40	50	50	50	---	---
	9	9	25	25	32	40	50	50	---	---	---
Cavo multipolare in PVC	Bipolare	1	20	25	25	25	32	32	40	50	---
		2	32	32	40	40	50	---	---	---	---
		3	40	40	50	---	---	---	---	---	---
	Tripolare	1	20	25	25	25	32	40	40	50	---
		2	32	40	40	50	---	---	---	---	---
		3	40	50	50	---	---	---	---	---	---
	Quadripolare	1	25	25	32	40	40	50	50	---	---
		2	40	40	50	50	---	---	---	---	---
		3	40	50	50	---	---	---	---	---	---

Tab. 2.26 - Grandezza dei tubi protettivi rigidi in relazione alla sezione e al numero n dei conduttori.

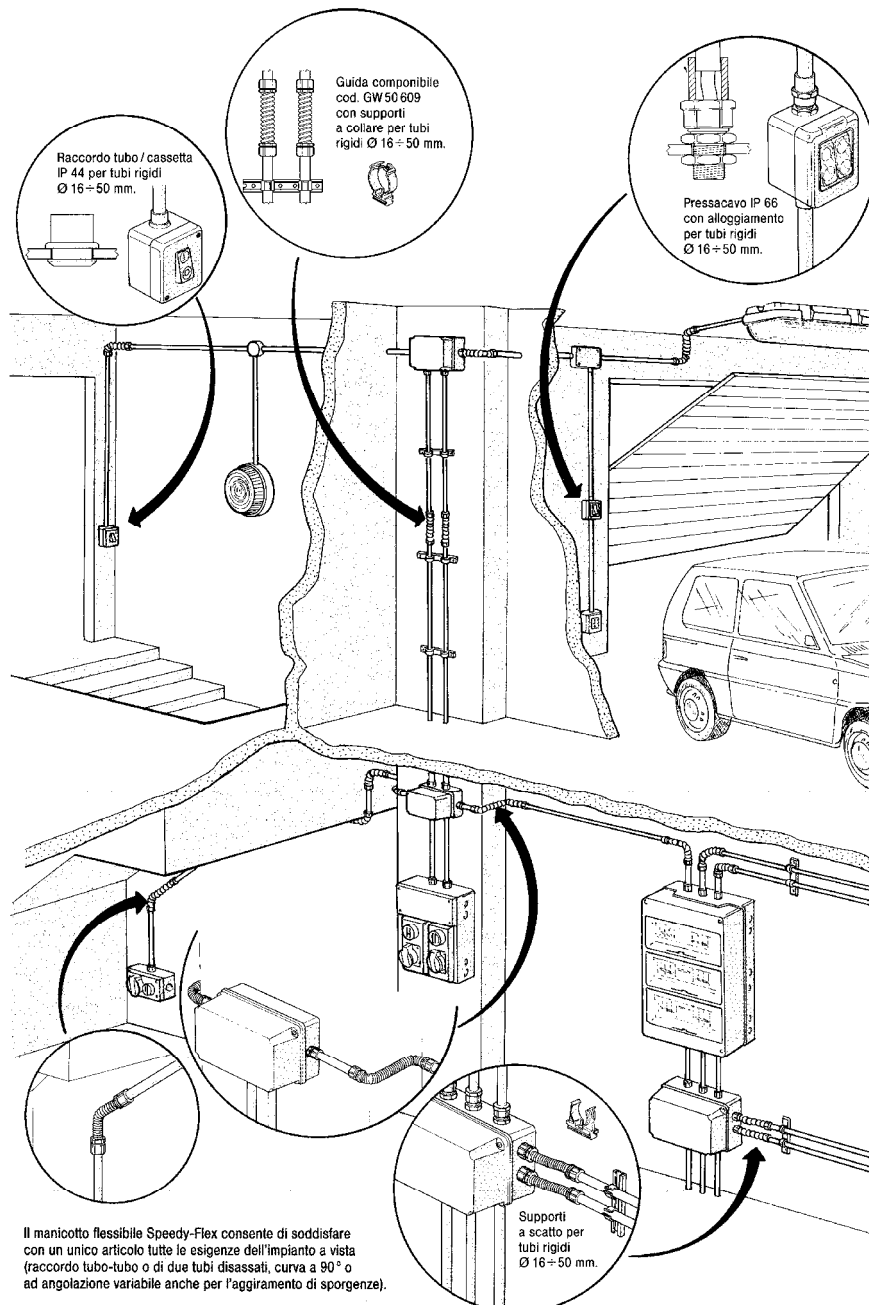
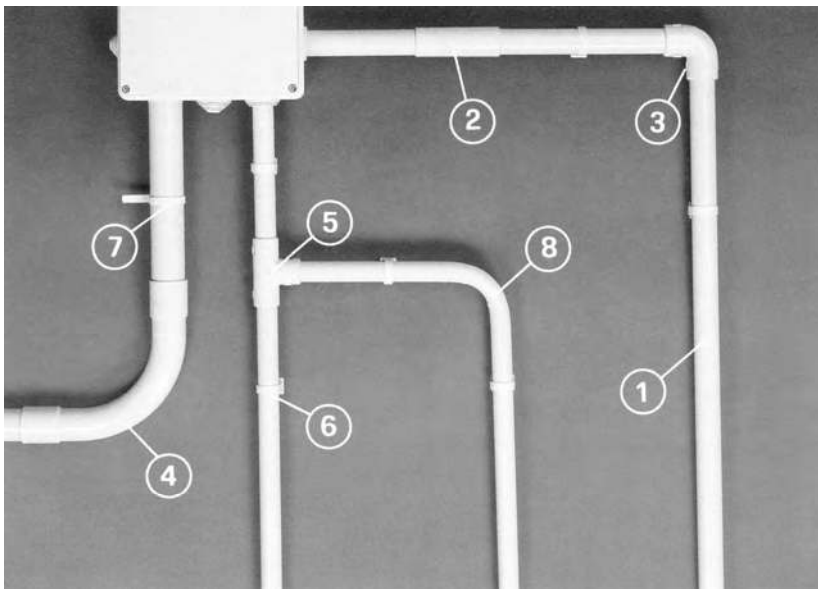


Fig. 2.26 - Esempi di impianti realizzati con tubi e cassette con fissaggio a parete (Gewiss).



Legenda.

- 1) Tubo protettivo serie pesante in cloruro di polivinile autoestinguente (PVC) piegabile a freddo.
- 2) Manicotto di giunzione.
- 3) Curva ispezionabile in 2 pezzi.
- 4) Curva a 90°.
- 5) Giunto a T ispezionabile in 2 pezzi.
- 6) Collari ripristinabili.
- 7) Collari non staccabili.
- 8) Curva ottenuta dalla piegatura a freddo del tubo mediante molle piegatubo.

Fig. 2.27 - Elementi caratteristici per la realizzazione di impianti con tubi protettivi rigidi (Sarel).

Le canalette portacavi normalmente sono in materiale plastico resistente al calore ed alla propagazione della fiamma; sono infatti realizzate con materiale autoestinguente e possono svolgere funzioni di battiscopa, cornice e/o stipite, secondo quanto indicato dalla norma CEI 23-32.

Il sistema è costituito dalle seguenti parti:

- *canali battiscopa da fissare alla parete*, sono posti in prossimità del pavimento e sono destinati a contenere i cavi dell'impianto elettrico, telefonico e di antenna TV, sono dotati di un coperchio di chiusura e di protezione dei cavi;
- *canali per soffitto o stipite*, da fissare non in prossimità del pavimento, destinati a contenere i cavi per i circuiti di cui si è accennato nel punto precedente.

Una serie di accessori che sono destinati a completare l'intero sistema, in particolare:

- *isepartori*, che possono essere a loro volta componenti distinti o parti integrate dei canali, hanno la funzione di costituire canalizzazioni nettamente distinte tra i vari circuiti elettrici, telefonici, di antenna, ecc.;
- *legiunzioni*, che invece sono adatte ad assicurare la continuità della protezione dei cavi nei punti di discontinuità del battiscopa, della cornice ed altro (per esempio, le giunzioni possono essere ad L, a T, per angoli esterni, interni);
- *lederivazioni*, cioè quelle particolari giunzioni che vengono utilizzate quando, su di una parete verticale, si vuole modificare la direzione seguita dai cavi oppure quando si devono derivare dei cavi per collegare degli apparecchi elettrici o per alimentare altri tratti di canalizzazione;
- *lescatole*, le quali permettono l'installazione di prese di corrente, telefoniche, di antenna oppure interruttori o apparecchiature simili;
- *itterminali* che vengono utilizzati per la chiusura dei canali alla fine del percorso.

La norma CEI 23-19 prevede che all'interno dei canali possano esistere o possano essere ricavati fino a tre scomparti distinti, utilizzati per separare tra di loro i cavi per impianti elettrici, telefonici, ecc.

Naturalmente è possibile prevedere anche solo due o anche un solo scomparto, dipende dal tipo di impianto che si deve realizzare.

In ogni caso, occorre separare i circuiti destinati a servizi differenti tra di loro, anche nel caso di intersezione di canalette contenenti cavi appartenenti ad impianti diversi.

Le norme prescrivono che il canale battiscopa sia installato in modo da assicurare che i cavi siano posizionati ad almeno 10 mm dal pavimento; inoltre, la posizione dello scomparto per gli impianti elettrici non deve coincidere con quello prossimo al pavimento.

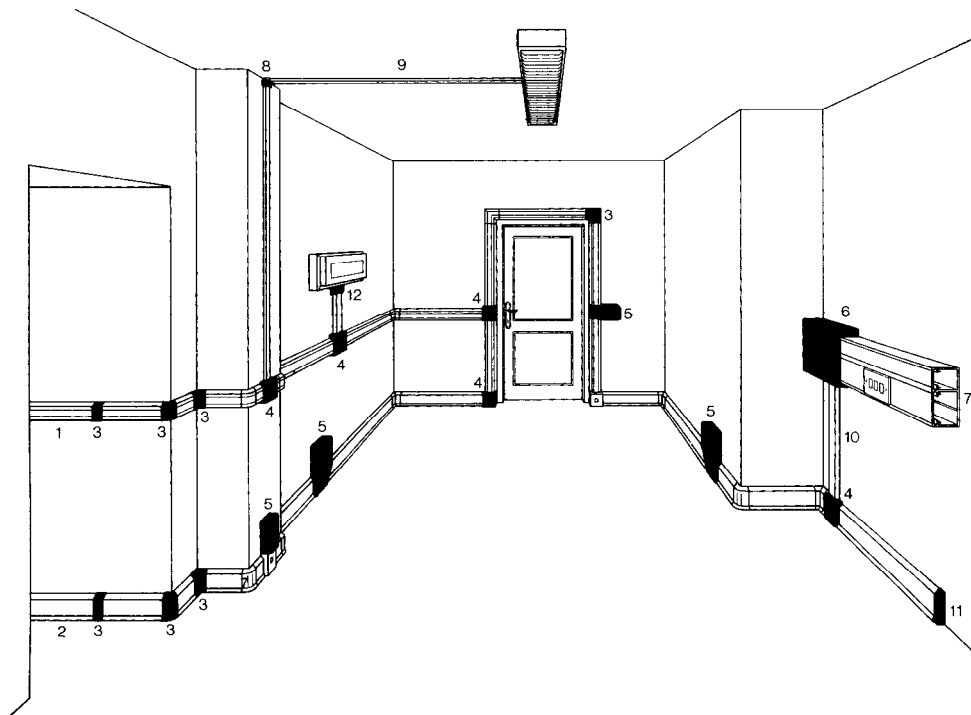
I costruttori, fermo restando la rispondenza alle norme CEI, hanno realizzato vari sistemi per rendere pratico il metodo di fissaggio degli accessori alle canalizzazioni.

Il sistema risulta tanto più valido quanto maggiore è il numero di accessori disponibili previsto dal costruttore, permettendo di risolvere le più disparate esigenze impiantistiche, in particolare quando si devono realizzare ristrutturazioni di vecchi impianti o nel caso di costruzioni prefabbricate.

Un vantaggio offerto da questo sistema è che le canalette consentono con una certa facilità la modifica dell'impianto.

Nella realizzazione di un impianto con canalette, è opportuno considerare le seguenti avvertenze:

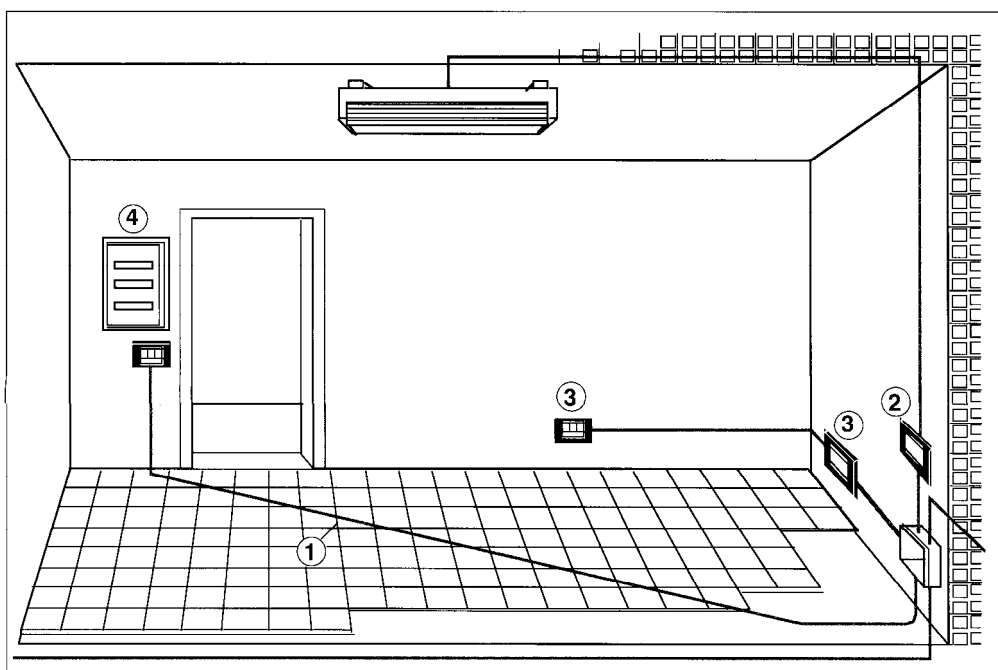
- è necessario assicurarsi che il sistema di canalizzazione sia realizzato in modo da impedire l'accesso dall'esterno ai cavi contenuti al proprio interno;
- i componenti che hanno una funzione di protezione meccanica dei cavi devono poter essere smontati solo con l'ausilio di un attrezzo, come, per esempio, un cacciavite;
- le scatole necessarie per l'installazione di prese di corrente devono essere installate in modo che l'asse orizzontale della presa si trovi ad almeno 70 mm dal pavimento finito;
- la distanza dell'asse orizzontale delle prese telefoniche deve essere di almeno 120 mm dal pavimento finito;
- durante l'installazione, è necessario assicurarsi che ogni parte che compone il sistema di canalizzazione sia privo di asperità, spigoli vivi e, in particolare, di parti metalliche che possono danneggiare i cavi;
- gli accessori degli apparecchi elettrici devono essere fissati indipendentemente dalla canaletta e, inoltre, devono permettere l'installazione degli apparecchi esternamente alle canaline.



Legenda.

- 1) Canaletta a 3 scomparti in versione da parete.
- 2) Canaletta a 3 scomparti in versione battiscopa.
- 3) Componenti per giunzioni e cambi di direzione per canalette a 3 scomparti.
- 4) Scatole di raccordo e derivazione.
- 5) Scatole porta apparecchi.
- 6) Scatola di derivazione per canale a 2 scomparti indipendenti.
- 7) Canale a 2 scomparti indipendenti.
- 8) Raccordo per canaletta ad 1 scomparto.
- 9) Canaletta ad 1 scomparto.
- 10) Canaletta a 2 scomparti.
- 11) Chiusura di testata.
- 12) Raccordo per centralino.

Fig. 2.28 - Esempio di applicazione di canalette in resina per impianti in vista.



Legenda.

- 1) Tubo flessibile in PVC per incasso nelle pareti e nei soffitti (tipo leggero) e per incasso sotto pavimento (tipo pesante).
- 2) Apparecchi di comando in genere modulari componibili da incasso in scatole rettangolari.
- 3) Prese a spina di tipo residenziale.
- 4) Centralino per il sezionamento e la protezione dell'impianto, normalmente si usano apparecchi modulari con fissaggio su profilato DIN 46277 contenuti in appositi quadri a profondità ridotta.

Fig. 2.29 - Esempio di impianto sotto traccia.

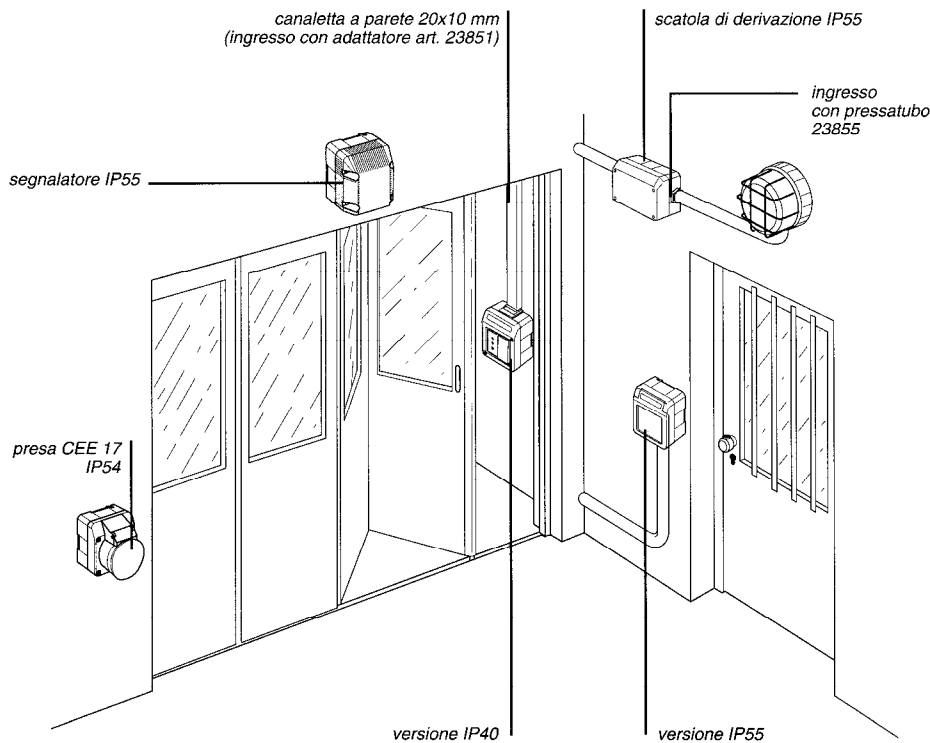


Fig. 2.30 - Esempio di impianto a parete.

L'impianto è realizzato con componenti modulari posti in contenitori con un elevato grado di protezione.

È possibile così realizzare impianti elettrici in locali umidi, bagnati, aree esposte alle intemperie, luoghi con pericolo di incendio, luoghi a maggiore rischio di incendio.

Questi contenitori a doppio isolamento garantiscono la protezione contro i contatti diretti e indiretti.

Le versioni sono predisposte per contenere da 1 a 6 apparecchi con la possibilità di ampliare in modo pressoché illimitato grazie alle particolari caratteristiche di componibilità tra i contenitori stessi.

Una particolare versione di coperchi/contenitori da semi-incasso permette l'installazione anche a pannello.

2.6 Gradi di protezione

L'involucro di un'apparecchiatura o di una macchina elettrica deve essere scelto in relazione alle caratteristiche dell'ambiente in cui le apparecchiature o le macchine devono essere installate.

Nelle abitazioni civili, per esempio, le condizioni ambientali che caratterizzano il bagno sono diverse rispetto a quelle che caratterizzano una camera.

Nel primo ambiente la presenza di acqua e di condensa impone, per evitare situazioni pericolose alle persone, l'adozione di alcuni criteri nella scelta e dell'installazione delle apparecchiature.

Un altro esempio tipico si riferisce alle apparecchiature utilizzate all'interno oppure all'esterno di un edificio; in quest'ultimo caso, per la scelta e l'installazione, occorrerà tenere in considerazione le condizioni atmosferiche.

In definitiva, ogni ambiente (appartamenti, cantine, uffici, officine, laboratori, ecc.) ha differenti caratteristiche ambientali, perciò le apparecchiature devono essere scelte e installate scegliendo un adeguato grado di protezione.

È l'involucro che determina e assicura un idoneo grado di protezione contro agenti esterni e contro contatti diretti.

La norma CEI EN60529 (CEI 70-1) fornisce un sistema di classificazione dei gradi di protezione degli involucri delle apparecchiature elettriche.

In definitiva, con gli involucri è possibile ottenere una certa protezione:

- per le persone contro il contatto con parti in tensione (contenute nell'involucro) oppure contro il contatto di parti che, con il loro movimento, possono essere pericolose;
- per l'apparecchiatura o macchina contenuta nell'involucro contro la penetrazione di corpi solidi estranei;
- per l'apparecchiatura o macchina contenuta nell'involucro contro i possibili danni derivanti dalla penetrazione di acqua.

Il grado di protezione si esprime tramite un codice composto dalla sigla IP (*International Protection*), seguito da 2 cifre caratteristiche ed, eventualmente, da una lettera addizionale e da una lettera supplementare.

Se il materiale viene classificato per un solo tipo di protezione, la cifra mancante viene sostituita da una X; per esempio, IP4X indica che la protezione è riferita solo ai corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm, invece il grado di protezione IPX5 si riferisce alla sola protezione contro i getti di acqua.

Quando l'involucro è realizzato in modo da garantire anche una protezione antinfortunistica superiore a quella indicata dal primo numero del grado IP, può venire aggiunta alla sigla una lettera addizionale; per esempio, un involucro con grado di protezione IP12, entro il quale entra il dito di una mano, se non può venire in contatto con parti in tensione, viene designato con IP12B. Alcuni costruttori di materiale elettrico ricorrono ad una terza cifra per precisare il grado di protezione meccanica contro gli urti.

Elemento	Cifre o lettere	Significato per la protezione dell'apparecchiatura	Significato per la protezione delle persone
Lettere caratteristiche	IP	—	—
Prima cifra caratteristica		Contro la penetrazione di corpi solidi estranei:	Contro l'accesso a parti pericolose con:
	0	(non protetto)	(non protetto)
	1	≥ 50 mm di diametro	dorso di una mano
	2	≥ 12,5 mm di diametro	dito
	3	≥ 2,5 mm di diametro	attrezzo
	4	≥ 1,0 mm di diametro	filo
	5	protetto contro la polvere	filo
	6	totalmente protetto contro la polvere	filo
Seconda cifra caratteristica		Contro la penetrazione di acqua:	—
	0	(non protetto)	
	1	caduta verticale	
	2	caduta di gocce d'acqua (inclinazione 15°)	
	3	pioggia	
	4	spruzzi d'acqua	
	5	getti d'acqua	
	6	getti potenti	
	7	immersione temporanea	
	8	immersione continua	
Lettera addizionale (opzionale)		—	Contro l'accesso a parti pericolose con:
	A		dorso della mano
	B		dito
	C		attrezzo
	D	filo	
Lettera supplementare (opzionale)		Informazioni supplementari relative a:	—
	H	Apparecchiatura ad alta tensione	
	M	Prova con acqua ad apparecchiatura in moto	
	S	Prova con acqua ad apparecchiatura non in moto	
	W	Condizioni atmosferiche particolari	

Tab. 2.27 - Elementi della struttura del codice IP e loro significati (norma CEI EN60529).

I gradi di protezione possono, inoltre, essere indicati, secondo le norme CEI, anche mediante l'uso di particolari simboli che vengono riportati nella fig. 2.31.

PROTEZIONE CONTRO IL CONTATTO DI CORPI SOLIDI ESTERNI			PROTEZIONE CONTRO LA PENETRAZIONE DEI LIQUIDI			PROTEZIONE MECCANICA CONTRO GLI URTI		
1a cifra caratteristica	DESCRIZIONE		2a cifra caratteristica	DESCRIZIONE		3a cifra caratteristica	DESCRIZIONE	
0	Non protetto		0	Non protetto		0	Non protetto	
1	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm		1	Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua		1	Resistenza all'urto di un peso di 150 g che cade da 15 cm	
2	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm		2	Protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione massima di 15°		2	Resistenza all'urto di un peso di 150 g che cade da 25 cm	
3	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5 mm		3	Protetto contro la pioggia		3	Resistenza all'urto di un peso di 250 g che cade da 20 cm	
4	Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm		4	Protetto contro gli spruzzi d'acqua		5	Resistenza all'urto di un peso di 500 g che cade da 40 cm	
5	Protetto contro la polvere		5	Protetto contro i getti d'acqua		7	Resistenza all'urto di un peso di 1,5 Kg che cade da 40 cm	
6	Totalmente protetto contro la polvere		6	Protetto contro le ondate		9	Resistenza all'urto di un peso di 5 Kg che cade da 40 cm	
			7	Protetto contro gli effetti della immersione				
			8	Protetto contro gli effetti della sommersione				

N.B.: Per le prese a spina CEE 17 i gradi di protezione vanno interpretati come segue:
 per le prese: con spina inserita o con coperchio chiuso per le spine: con inserimento nelle relative prese.

Fig. 2.31 - Prospetto generale dei vari gradi di protezione limitatamente all'intrusione di corpi estranei, di acqua e contro gli urti (Gewiss).

Grado di protezione	Esempi di applicazione	Grado di protezione	Esempi di applicazione
IP20	Camere in genere, uffici, locali pubblici	IP35	Campeggi, cantieri
IP21	Cucine, cantine, terrazze coperte	IP37	Piscine, fuori dalla vasca
IP24	Lavanderie, giardini e cortili, allevamento pollame	IP45	Stalle
IP25	Docce collettive, macellerie, mungitura, aie, birrerie	IP50	Panetterie, falegnamerie, fienili, depositi

Tab. 2.28 - Esempi di applicazione.

La robustezza degli involucri delle apparecchiature elettriche, in relazione agli impatti meccanici, viene specificata mediante il codice IK (norma CEI EN 50102) ed è costituito da due cifre numeriche che individuano l'energia d'impatto in joule (J) cui l'involucro ha dato prova di resistere senza subire danni a temperatura ambiente.

I codici e i relativi valori di energia sono indicati nella tab. 2.29.

Codice	Energia (J)	Codice	Energia (J)
IK 00	(nessuna protezione)	IK 05	0,70
IK 01	0,5	IK 06	1
IK 02	0,20	IK 07	2
IK 03	0,35	IK 08	5
IK 04	0,50	IK 09	10
---	---	IK 10	20

Tab. 2.29 - Gradi di protezione meccanica contro gli urti (codice IK) a temperatura ambiente.

2.7 Scatole, cassette e dispositivi di raccordo

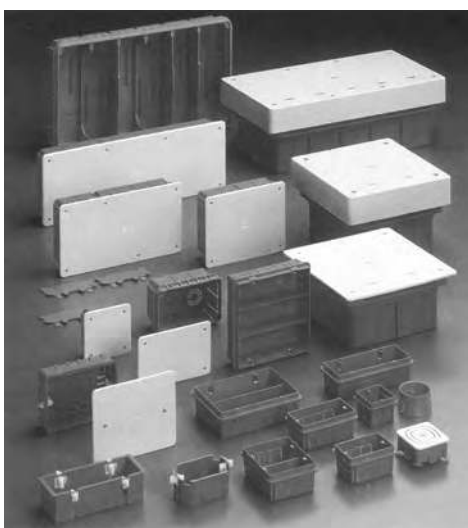
Negli impianti civili si utilizza spesso il termine *frutto* per identificare quell'insieme di parti elettriche e meccaniche, metalliche o isolanti, relative alle piccole apparecchiature per uso domestico, quali, per esempio, interruttori di comando, prese a spina, pulsanti, suonerie. Per la collocazione dei frutti nell'impianto, si ricorre all'uso di *scatole* di materiale plastico, resistente agli urti, al calore e agli agenti atmosferici.

Il montaggio dei frutti nelle scatole viene effettuato generalmente mediante l'uso di tecniche e dispositivi che possono variare da costruttore a costruttore; in ogni caso, il fissaggio tra il frutto e la scatola deve essere effettuato in modo sicuro e duraturo affinché l'utilizzatore possa usare le apparecchiature con sicurezza nel tempo.

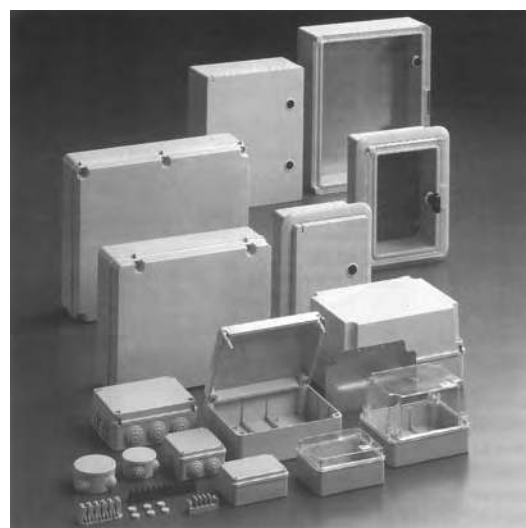
I costruttori hanno messo a punto vari sistemi di graffe, inseribili a scatto nelle scatole dopo che queste sono state murate, permettendo di evitare l'imbrattamento dei filetti o la rottura delle graffe stesse.

Il frutto, la scatola e il sistema di fissaggio devono essere conformi alle norme CEI.

Le dimensioni, la forma costruttiva e la gamma delle scatole disponibili in commercio risulta particolarmente vasta. Infatti, comprende scatole tonde e rettangolari di varie dimensioni, in modo da venire incontro alle più disparate esigenze per la realizzazione dell'impianto, sia che si tratti del tipo incassato o in vista, per interno o per esterno, sia che utilizzi apparecchi elettrici di tipo monoblocco o modulari.



a



b

Fig. 2.32 - a) Esempio di cassette di derivazione e scatole porta frutto da incasso - b) Cassette e contenitori stagni da parete a destra (Gewiss).

La stessa scatola per frutti può, anche se sconsigliato dalle norme, essere usata per contenere la giunzione tra i conduttori provenienti da due o più condotti. In questo caso, occorre utilizzare un tipo di scatola che prende il nome di *cassetta di connessione*, che può essere impiegata anche da rompitratta per tubazioni lunghe.

Le cassette di connessione o scatole di derivazione sono sempre munite di coperchio saldamente fissato e che può essere tolto solamente con un apposito utensile.

In relazione all'ambiente nel quale le scatole devono essere installate, si deve tenere presente il grado di protezione contro la penetrazione di corpi solidi o di acqua.

Le cassette di connessione per esterno, denominate in esecuzione "stagna", possono avere, per esempio, un grado di protezione IP44 o IP56 e, in genere, sono complete di passacavi per l'ingresso dei tubi.

Le cassette di connessione destinate ad ospitare circuiti aventi una diversa natura (circuiti di potenza, radio - TV, circuiti telefonici, ecc.) hanno dei diaframmi sempre in materiale plastico in grado di garantire la separazione dei circuiti, mentre per le connessioni si ricorre a delle morsettiere.

Le dimensioni delle scatole e delle cassette sono in relazione anche al numero e alle dimensioni dei tubi impiegati, badando, in particolare per le cassette di connessione, di non riempirle oltre il 50% del volume interno disponibile. La tab. 2.30 dà un'indicazione di massima sul numero dei tubi attestabili in relazione alle dimensioni delle cassette.

Dimensioni interne (L x H x P) [mm]	Predisposizione numero scomparti	Numero massimo di tubi attestabili						
		Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 32	Ø 40	Ø 50	Ø 63
90 x 90 x 45	1	7	4	3				
120 x 100 x 50	1	10	6	4				
120 x 100 x 70	1	14	9	6				
150 x 100 x 70	1	18	12	8	4	4	2	
160 x 130 x 70	1	20	12	8	6	4	2	
200 x 150 x 70	2	24	16	10	6	4	4	
300 x 150 x 70	3		24	16	10	6	5	2
390 x 150 x 70	4			20	12	8	6	3
480 x 160 x 70	3			24	16	10	6	4
520 x 200 x 80	3					12	8	6

Tab. 2.30 - Numero massimo di tubi attestabili nelle cassette di derivazione (L = larghezza, H = altezza, P = profondità).

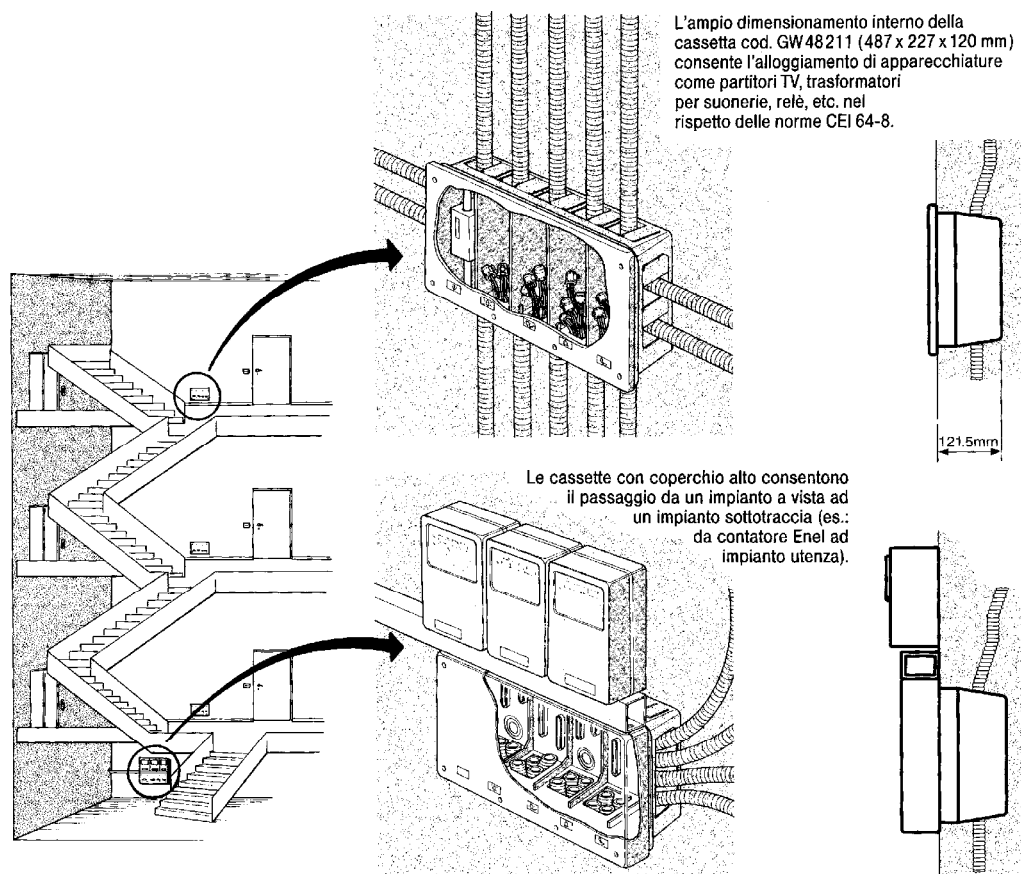


Fig. 2.33 - Esempio di utilizzo di cassette di derivazione e connessione montanti (Gewiss).

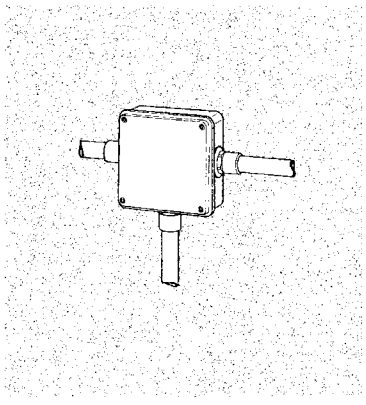
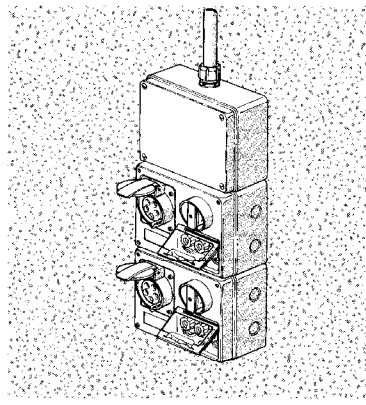
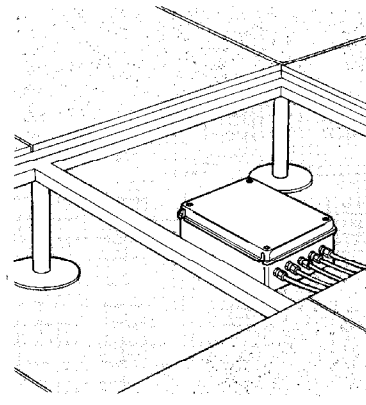
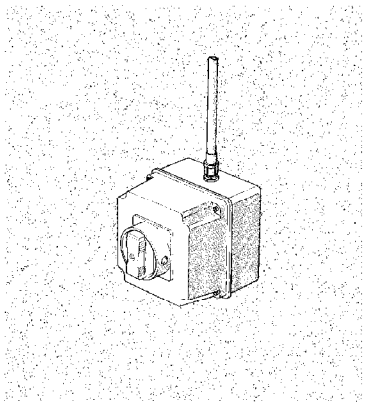
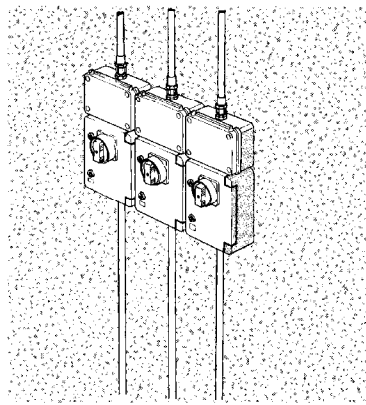
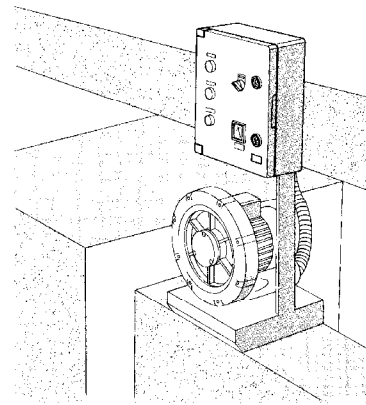
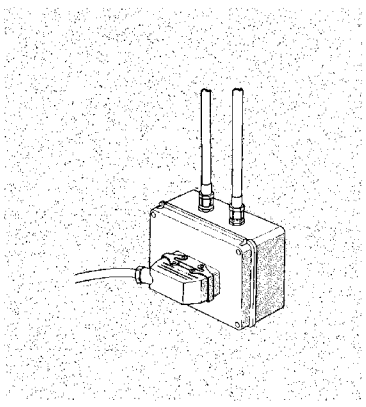
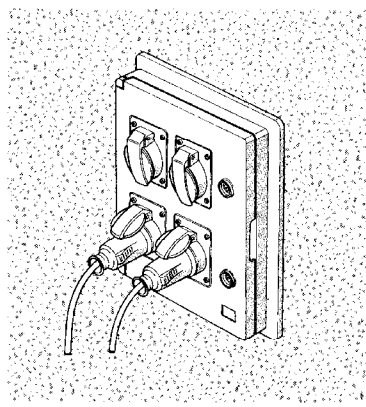
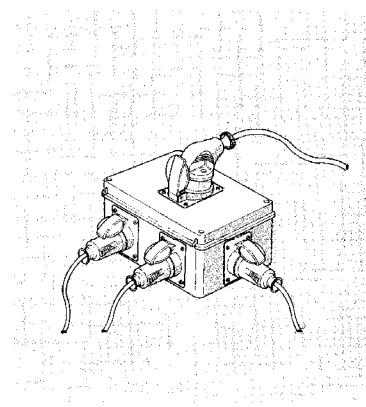
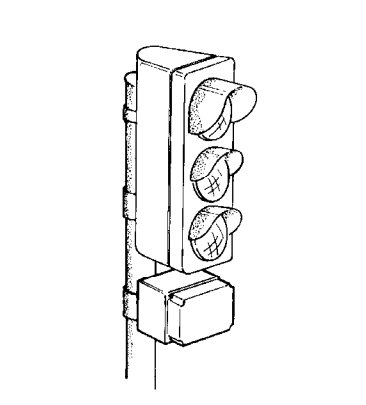
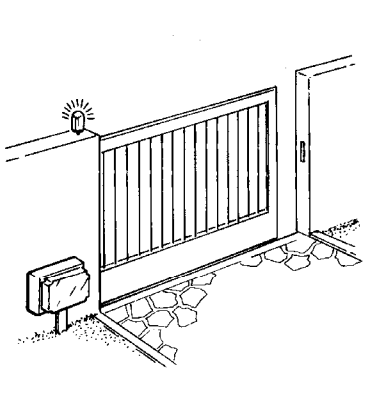
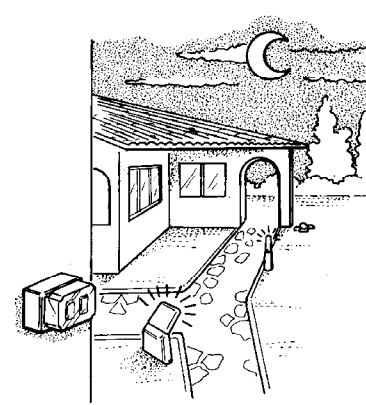
PER IMPIANTI	DI DERIVAZIONE	 <p>a Parete</p>	 <p>in Batteria</p>	 <p>Sottopavimento</p>
	DI COMANDO	 <p>a Parete</p>	 <p>in Batteria modulare</p>	 <p>a Bordo macchina</p>
	DI DISTRIBUZIONE	 <p>a Parete</p>	 <p>ad Incasso</p>	 <p>Trasportabile</p>
	SPECIALI			

Fig. 2.34 - Esempio di utilizzo di cassette da parete e contenitori stagni (Gewiss).

I costruttori di cassette da parete hanno normalmente nei loro cataloghi una serie di accessori, come pressacavi, pressacavi con filettatura metrica, raccordi tubi/cassetta, attrezzi per la foratura, ecc., necessari per realizzare impianti elettrici sicuri secondo quanto previsto dalle norme CEI (si veda, per esempio, la fig. 2.35).

L'impiego di pressacavi o dei raccordi tubo/cassetta è fondamentale, in particolare negli impianti esterni, perché assicurano la migliore tenuta, per esempio dai liquidi delle giunzioni tra i cavi/tubi e le cassette (in alcuni tipi fino a IP68); di conseguenza, contribuiscono a garantire un funzionamento in sicurezza dell'impianto elettrico.

Raccordi tubo/cassetta in polimero antiurto grigio RAL 7035 - IP66			Raccordi tubo/cassetta in polimero flessibile grigio RAL 7035 - IP44		
	Diametro esterno del tubo rigido [mm]	Diametro del foro di montaggio [mm]		Diametro esterno del tubo rigido [mm]	Diametro del foro di montaggio [mm]
	16	20		16	23
	20	23		20	23
	25	29		20	29
	32	37		25	29
	40	48		32	37
	50	54		40	37
	--	--		50	48

Tab. 2.31 - Caratteristiche dei raccordi tubo/cassetta per tubo rigido (Gewiss).

Il pressacavo mostrato nella fig. 2.35 (a sinistra) è identificato mediante il **passo PG** che ne determina le caratteristiche (diametro del foro di fissaggio, diametro esterno del cavo, ecc.) come indicato nella tab. 2.31.

Possono essere dotati di una particolare guarnizione a doppio profilo che consente, tramite uso diretto o tramite intaglio, l'impiego di due diversi intervalli dimensionali di cavi; per esempio, un pressacavo tipo PG 21 può essere usato con cavi che hanno un diametro esterno che può andare da 8 a 10 mm, oppure andare da 17 a 20 mm.

Oltre ai pressacavi, usati in particolare per la realizzazione di impianti a tenuta stagna con serraggio diretto sul cavo, ne esiste anche una versione che aggiunge al serraggio diretto sul cavo anche un raccordo tubo-cassetta, come mostrato nella fig. 2.35 (a destra).

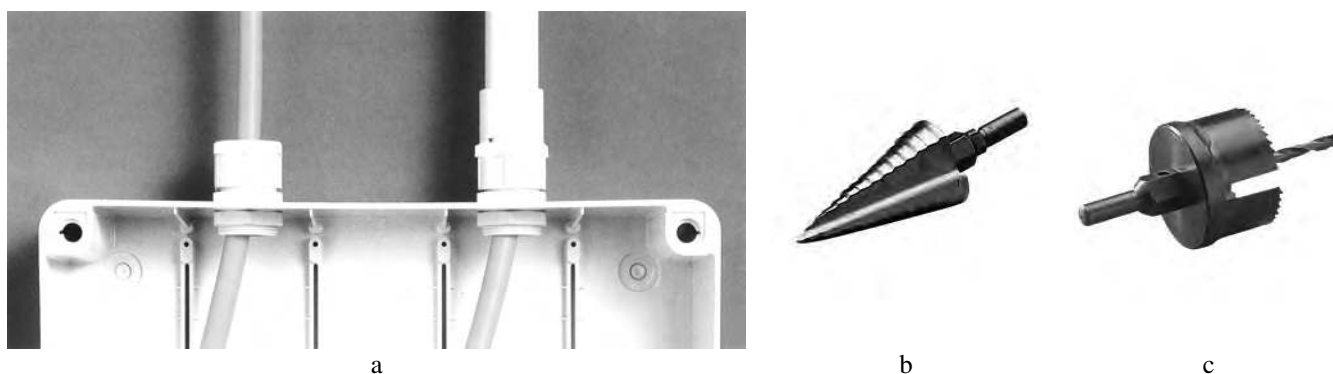




Fig. 2.35 - a) Esempio di applicazione di un pressacavo (a sinistra) e di un pressacavo con alloggiamento per tubo rigido (a destra) in una scatola da parete - b) Esempio di fresa da trapano universale per la foratura rapida di scatole per l'installazione di raccordi (fori da 12,5 a 40 mm) - c) Fresa a tazza per la lavorazione dei pannelli per realizzare fori da 56 mm in cui installare, per esempio, prese da incasso IEC309 in bassa tensione 2P+T (Gewiss).

Pressacavi in polimero antiurto grigio RAL 7035 - IP66				Pressacavi in polimero antiurto con alloggiamento per tubo rigido grigio RAL 7035 - IP66				
	Passi PG	Diametro del foro di montaggio [mm]	Diametro del cavo [mm]		Passi PG	Diametro del foro di montaggio [mm]	Diametro esterno del tubo [mm]	Diametro del cavo [mm]
	7	12,5	3÷6		--	--	--	--
	9	16	5÷6		--	--	--	--
	11	19	7÷10,5		--	--	--	--
	13,5	20	9÷12,5		13,5	20	16	9÷12,5
	16	23	13÷16		16	23	20	13÷16
	21	29	8÷10/17÷20		21	29	25	8÷10/17÷20
	29	37	13,5÷15/21÷26		29	37	32	13,5÷15/21÷26
	36	48	17÷20/30÷34		36	48	40	17÷20/30÷34
	42	54	36÷39/40÷43		42	54	50	36÷39/40÷43
48	60	38÷40/46÷50	--	--	--	--		

Tab. 2.32 - Caratteristiche dei pressacavi e dei pressacavi con alloggiamento per tubo rigido (Gewiss).

Per quanto riguarda i dispositivi di raccordo, le norme CEI 23-20 e 23-21 consentono di eseguire giunzioni e derivazioni in modo permanente negli impianti elettrici per interni e per apparecchi con installazione fissa.

Le norme specificano, inoltre, che le giunzioni e le derivazioni devono essere effettuate con appositi dispositivi di connessione, aventi un grado di protezione tale da non rendere accessibile parti attive al dito di prova; in conseguenza di quanto detto, non si devono effettuare connessioni o derivazioni mediante attorcigliamento dei conduttori e relativa nastratura.

La norma 64-8 prescrive infatti che, oltre alla continuità elettrica, le giunzioni e le derivazioni devono garantire una certa resistenza meccanica; infatti, occorre tenere conto del materiale, del tipo di isolante, del numero e della forma delle anime, della sezione, del numero e del tipo di conduttori da collegare insieme.

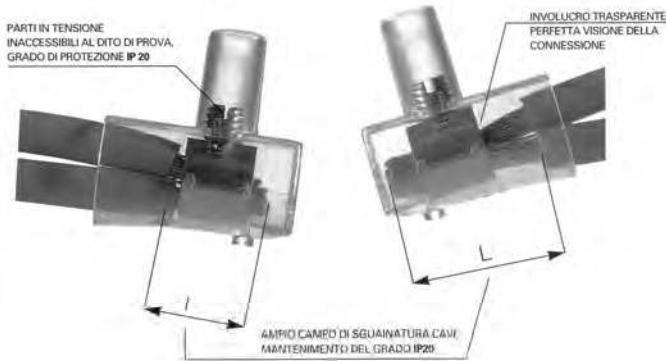


Fig. 2.36 - Morsetti a vite isolanti per cassette di derivazione (Eleco).

Questi morsetti disponibili in una gamma da 0,5+150 mm² ed hanno un grado di protezione IP20.

Vengono realizzati in policarbonato trasparente autoestinguente.

La trasparenza della parte isolante consente l'immediato controllo visivo della connessione per una maggiore sicurezza ed affidabilità.

Sui morsetti con involucro opaco può avvenire che durante l'introduzione delle sezioni minime previste per il tipo di morsetto, l'isolante del cavo finisca sotto l'unità di serraggio senza che l'operatore avverta l'inconveniente.

Le unità di serraggio di questi morsetti permettono la perfetta connessione di tutti i tipi di conduttori impedendo ai fili elementari dei conduttori flessibili di sfuggire sui fianchi del morsetto.

I dispositivi di connessione devono essere sistemati esclusivamente nelle cassette di connessione: le norme, infatti, vietano il loro inserimento nei tubi di protezione e, come si è detto in precedenza, ne sconsigliano la loro sistemazione nelle scatole porta frutto.

In un impianto, in genere, le funzioni sono molte e devono essere realizzate tutte a regola d'arte, affinché siano affidabili e non comportino cadute di tensione significative; si possono distinguere tra collegamenti scollegabili e non scollegabili: i primi sono del tipo a vite, i secondi a schiacciamento o a saldatura.

Le giunzioni a vite sono quelle più utilizzate nelle scatole di connessione e, più in generale, nei quadri elettrici; il cavo da collegare deve essere privato all'estremità della guaina isolante e può essere munito di capocorda.

Il collegamento elettrico avviene inserendo il conduttore nel morsetto e serrando un'apposita vite.

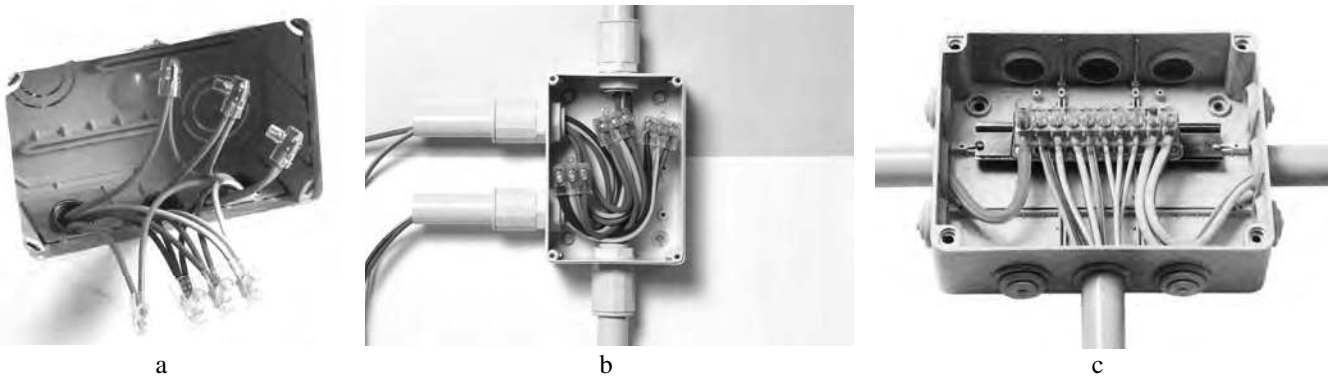


Fig. 2.37 - a) Esempio di applicazione dei morsetti a vite trasparenti in una cassetta di derivazione da incasso - b) Esempio di applicazione dei morsetti a vite trasparenti in una cassetta di distribuzione da parete - c) Esempio di utilizzo di una morsettiera multipla su guida DIN 35 come collettore di terra (Eleco).

Per effettuare i collegamenti, possono essere utilizzati singoli morsetti isolati di vario tipo e colore trasparenti, oppure vari morsetti accostati tra di loro su apposite guide profilate in modo da formare una morsettiera, che è in grado di consentire il collegamento tra le apparecchiature all'interno del quadro elettrico e le apparecchiature esterne.

I moderni morsetti sono isolati, protetti contro i contatti accidentali e sono forniti di appositi contrassegni con lettere e numeri.

Di particolare importanza per la scelta del morsetto è la grandezza nominale, ovvero la sezione assegnata dal costruttore. L'installatore deve fare riferimento a questa grandezza per sapere, in relazione al tipo di conduttore usato, quanti conduttori e la relativa sezione è possibile connettere.

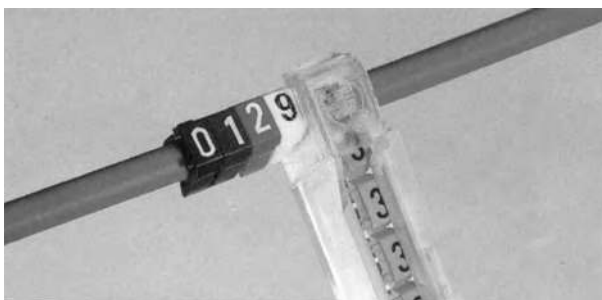
La tab. 2.33 mostra la capacità di connessione di alcuni morsetti a vite isolati trasparenti, secondo quanto indicato dalle norme CEI 23-20 e 23-21.

Grandezza nominale (mm ²)	Corrente nominale (A)	Tipo di conduttore	Sezione dei conduttori (mm ²)									
			0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	6	10	16	
1	13,5	Rigido	2+4	2+3	2							
		Flessibile	2+4	2+3	2+3							
1,5	17,5	Rigido		2+4	2+3	2						
		Flessibile		2+4	2+3	2						
2,5	24	Rigido			2+4	2+3	2					
		Flessibile			2+4	2+3	2					
4	32	Rigido				2+4	2+3	2				
		Flessibile				2+4	2+3	2				
6	41	Rigido					2+4	2+3	2			
		Flessibile					2+4	2	2			
10	57	Rigido						2+4	2+3	2		
		Flessibile						2+3	2	--		
16	76	Rigido							2+4	2+3	2	
		Flessibile							2+3	2	--	

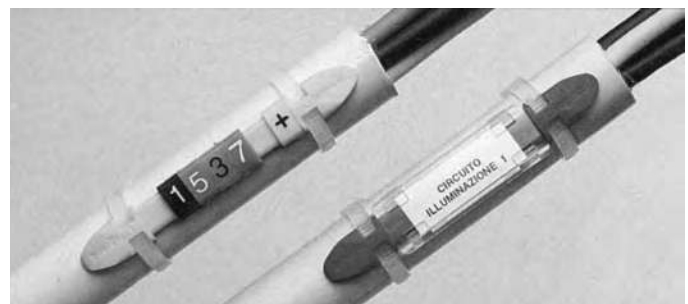
Tab. 2.33 - Capacità di connessione dei morsetti a vite isolati trasparenti, secondo le norme CEI 23-20 e 23-21 (Eleco).

Oltre ai morsetti passanti vi sono anche morsetti doppi, con diodi e LED per applicazioni particolari, morsetti con fusibile incorporato, morsetti sezionabili per il neutro, morsetti giallo-verde di terra (PE) con il morsetto collegato mediante il fissaggio alla guida profilata che viene utilizzata come sbarra di terra.

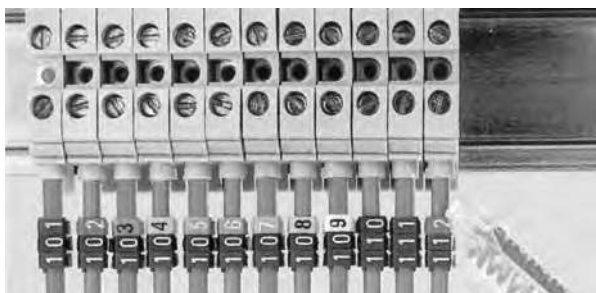
Le viti utilizzate in questi morsetti hanno generalmente teste cilindriche con calotta e per il serraggio si deve utilizzare un cacciavite, o meglio, un elettrocacciavite di misura opportuna.



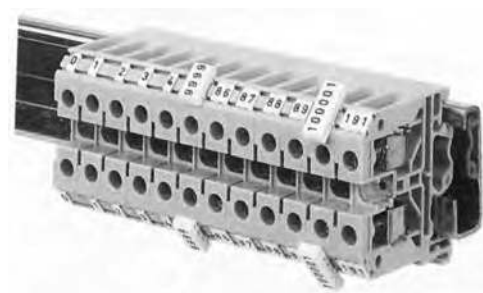
a



b



c



d

Fig. 2.38 - Esempi di siglatura: a) Per conduttori - b) Per cavi multipolari - c) Per conduttori con morsettiera. Da notare i capicorda a puntale rotondo utilizzati per effettuare il collegamento tra il cavo elettrico ed il morsetto - d) Per morsetti componibili (Legrand).

Come si è detto precedentemente, è possibile effettuare dei collegamenti per schiacciamento mediante l'utilizzo di speciali pinze che consentono di fissare ai conduttori dei capicorda del tipo ad occhiello, a linguetta, a puntalino, ecc.

Infatti, nei quadri elettrici sono da evitare i cosiddetti morsetti volanti; in questi casi è opportuno utilizzare appositi capicorda. Se si dispone di un buon morsetto di serraggio e si è in presenza di vibrazioni che potrebbero allentare le viti, è preferibile l'esecuzione con il semplice cavo senza i capicorda.

Normalmente, però, sono utilizzati in testa ad ogni conduttore i capicorda, pressati mediante un'apposita pinza. Un tubetto isolante colorato ricopre il tratto che serra il cavo ed impedisce che il conduttore entri in contatto con i conduttori vicini.

La spellatura dei cavi viene normalmente fatta mediante apposite pinze automatiche sguainacavi che consentono di togliere l'isolante nella giusta lunghezza in modo corretto e uniforme. La scelta del tipo di capicorda va effettuata tenendo conto del tipo di connessione che può essere, per esempio, a bullone o a morsetto.

I capicorda ad occhiello garantiscono un'elevata affidabilità e vengono utilizzati per il collegamento con bulloni, come nel caso della messa a terra; i capicorda a puntale, invece, si usano nelle morsettiere o con i morsetti delle apparecchiature. I capicorda a forcella sono utilizzati per connessioni che utilizzano una semplice vite con rondella, mentre i capicorda lamellari vengono usati per il collegamento dei circuiti ausiliari.



Fig. 2.39 - Codici dei colori per l'identificazione dei capicorda a compressione preisolati. Esempi di capicorda: a) ad occhiello - b) a forcella - c) a puntale rotondo - d) per connettori di testa - e) a presa lamellare femmina - f) a presa lamellare maschio.

I capicorda sono caratterizzati, come si è detto in precedenza, da un tubetto isolante colorato che consente, mediante un codice a colori, di identificare il tipo di sezione per il quale un determinato terminale è utilizzabile.

Infine la saldatura consente con varie tecniche, di unire due conduttori o di fonderli insieme tramite saldatura ad arco o tramite brasature, formando delle leghe (di stagno e piombo) usate spesso per effettuare i collegamenti tra conduttori elettrici.

2.8 Il centralino

Nella realizzazione di un impianto elettrico per uso civile, è ormai generalizzato l'uso di centralini di distribuzione che, solitamente, vengono posti a valle dei contatori o all'entrata della linea di alimentazione generale dell'impianto. Su questi centralini, realizzati secondo le norme CEI 23-48 e CEI 23-49, vengono generalmente sistemati gli apparecchi necessari per la protezione e il comando dell'impianto, come, per esempio, interruttori automatici.

Il loro uso consente di rendere selettivo l'impianto, in quanto permette, installando più interruttori, di suddividerlo in due o più sezioni: in caso di guasto di una sezione, le altre possono continuare a funzionare regolarmente.

Ad ogni sezione viene generalmente installato un interruttore automatico magnetotermico e un interruttore magnetotermico differenziale generale. Le soluzioni proposte dai vari costruttori di materiale elettrico sono riconducibili ai tipi da incasso o in vista, per interno o per esterno.

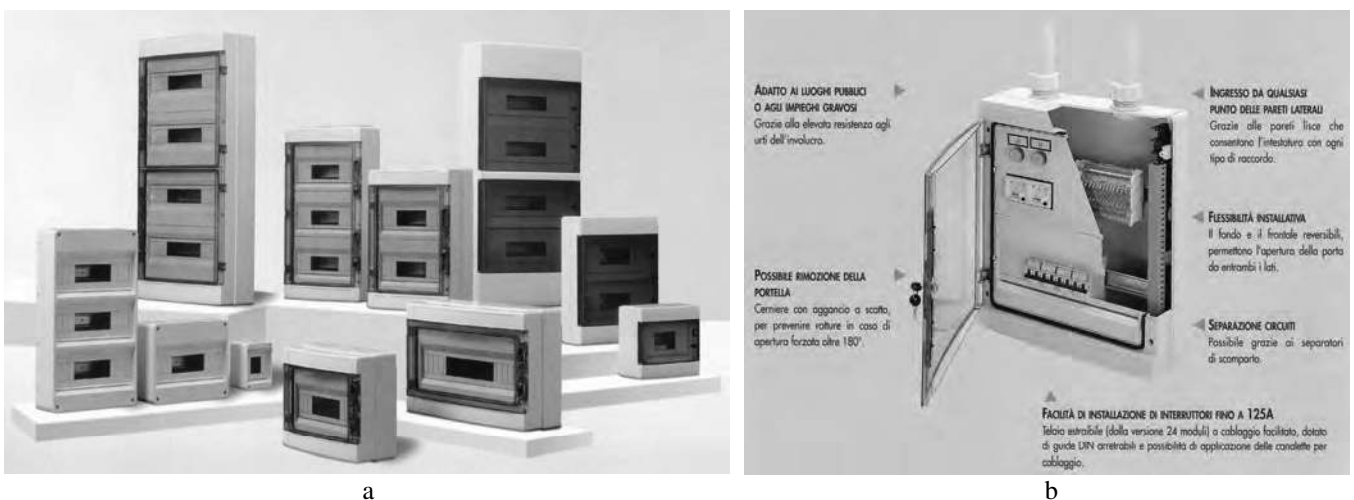


Fig. 2.40 - a) Centralini e quadri di distribuzione da parete - b) Caratteristiche di un centralino componibile stagno, con un grado di protezione IP65 (Gewiss).

Generalmente, per la realizzazione della struttura dei centralini viene utilizzato del materiale termoplastico auto-estinguente con una stabilità dimensionale in funzionamento continuo, per esempio da $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, e un grado di protezione meccanica contro gli urti IK08 (5 J), caratteristiche che li rendono adatti ad essere usati per impieghi gravosi e nei luoghi pubblici.

Per il montaggio delle apparecchiature sono quasi sempre predisposte delle guide di profilato metallico tipo DIN 35, di forma e dimensioni unificate; il fissaggio delle apparecchiature viene effettuato a scatto per mezzo di un dispositivo incorporato nell'apparecchio stesso.

Nei centralini è possibile fissare delle morsettiere per i conduttori di neutro e di protezione, come mostrato nella fig. 2.42b. Sono disponibili in varie forme e misure, come mostrato nelle fig. 2.40 e fig. 2.41, e con un numero variabile di moduli, da 17,5 mm (da 2 a 144 moduli per singolo centralino), che consentono la composizione di centri di distribuzione sia semplici che complessi, in grado di rispondere alle esigenze normative di sezionamento, protezione e centralizzazione dei servizi elettrici.

I tipi da incasso sono caratterizzati da passaggi sfondabili, predisposti su tutti i lati e sul fondo, per l'inserimento di tubi con un diametro da 16 a 32 mm, mentre i tipi da parete sono in genere predisposti su ogni lato di passaggi sfondabili da 19 a 48 mm per l'inserimento di pressacavi o raccordi per tubo e per accessori di affiancamento.

Per impedire l'accesso alle parti interne, il centralino è dotato di un apposito pannello dal quale sporgono solo i comandi delle apparecchiature; inoltre è possibile, qualora si voglia impedire l'accesso alle apparecchiature alle persone non autorizzate, installare un portello incernierato (disponibile anche in materiale trasparente o trasparente fumé per rendere visibili le posizioni di aperto e chiuso delle apparecchiature), dotato di chiusura a scatto o a chiave.

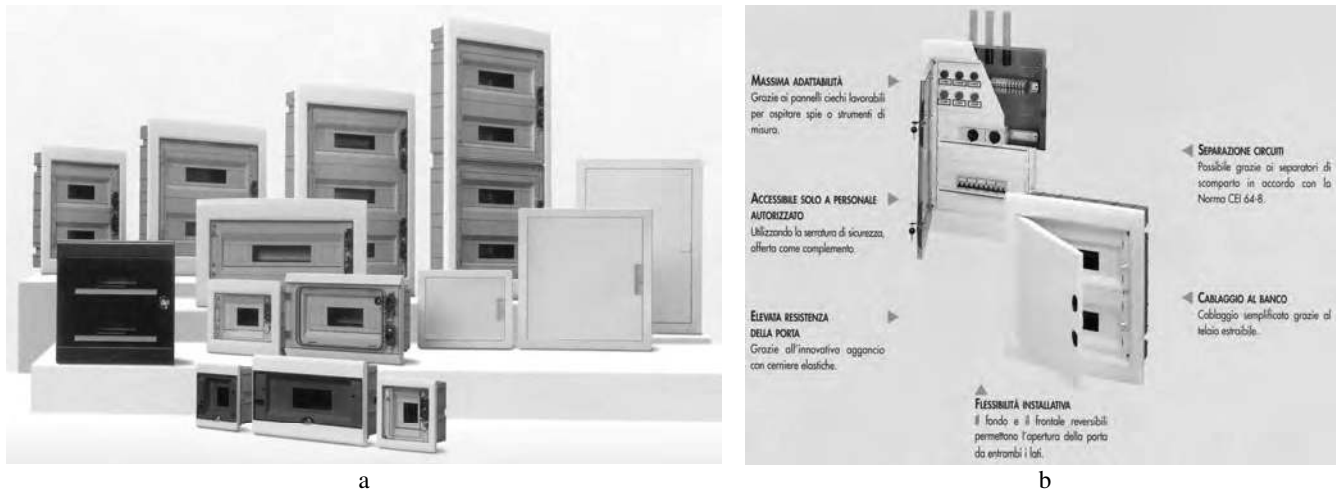


Fig. 2.41 - a) Centralini e quadri di distribuzione da incasso - b) Caratteristiche di un centralino da incasso componibile da 2 a 72 moduli, grado protezione IP40, colore grigio RAL 7035 oppure bianco RAL 9016 (Gewiss).

Per la scelta del centralino, è necessario verificare che le dimensioni siano tali da consentire un facile accesso alle morsettiere e ai morsetti delle apparecchiature, onde effettuare i collegamenti in modo razionale senza creare un eccessivo stipamento dei cavi in arrivo e in partenza.

Come le scatole e le cassette, anche i centralini hanno un diverso grado di protezione che ne consente l'installazione nelle più disparate situazioni.

Alcuni modelli, infatti, vengono resi stagni (IP65) da una guarnizione in neoprene tra il fondo e il telaio e da una seconda guarnizione montata sulle portelle trasparenti di accesso alle apparecchiature di comando.

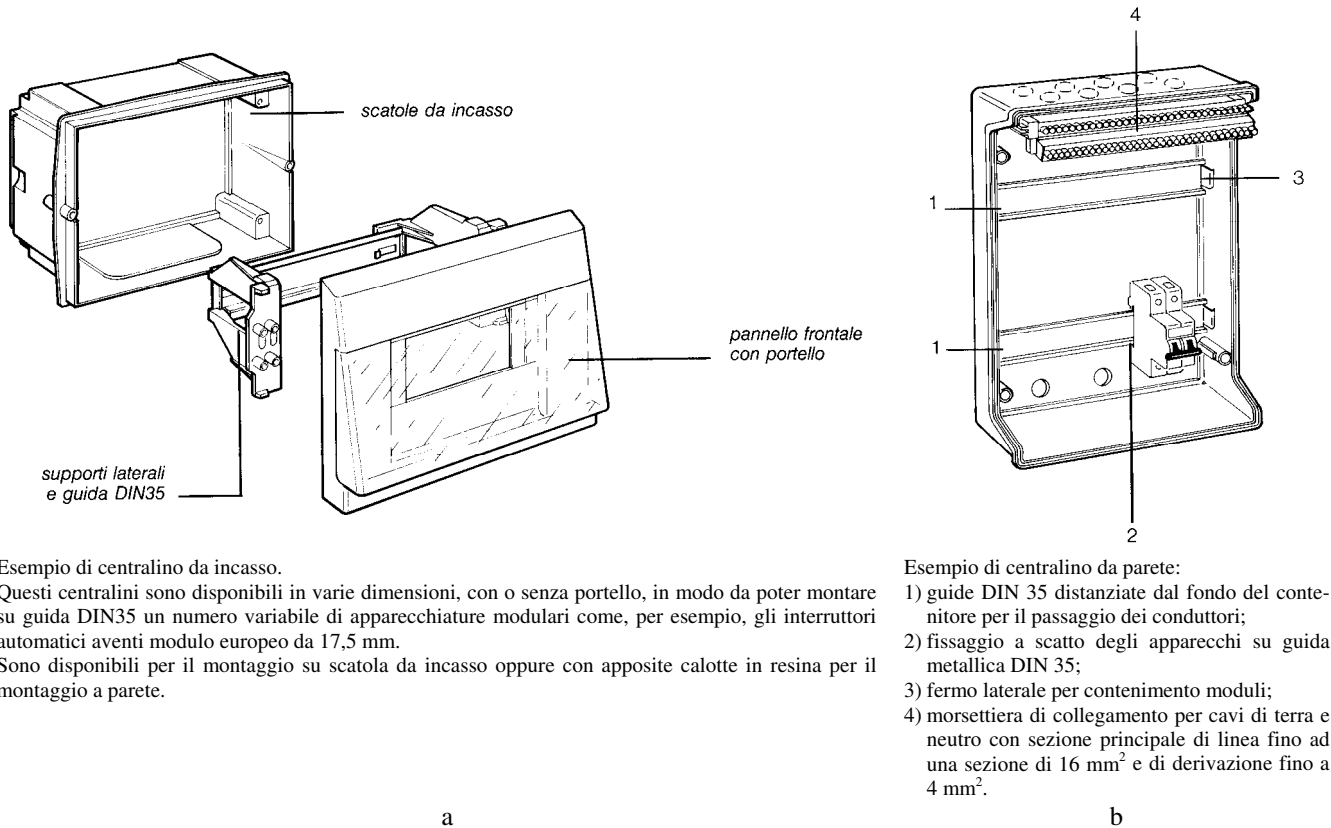
I centralini per esterno sono simili a quelli da incasso, salvo per il fatto di essere dotati di passacavi.

Il centralino può essere realizzato anche in lamiera di acciaio verniciato, mediante uno speciale trattamento di verniciatura che utilizza polveri epossidiche, al fine di proteggerlo dall'ossidazione.

Il trattamento prevede, oltre ad una serie di operazioni di preparazione come il decapaggio e la sgrassatura, un trattamento del fondo con una fosfatazione organica e una successiva spruzzatura con polveri epossidiche e cottura in forno per ottenere la polimerizzazione.

Il trattamento descritto precedentemente garantisce, rispetto alle vernici tradizionali, una notevole resistenza all'ingiallimento, alle alte temperature e agli agenti atmosferici e chimici.

Negli impianti civili e, in particolare, nelle abitazioni, i quadri utilizzati sono generalmente realizzati in materiale isolante e autoestinguente che presentano diversi vantaggi come il garantire l'utilizzatore contro i rischi di contatti indiretti in caso di guasto a terra e contemporaneamente si presentano con una linea estetica che si conforma con le esigenze installative in ambienti con finiture civili.



Esempio di centralino da incasso.

Questi centralini sono disponibili in varie dimensioni, con o senza portello, in modo da poter montare su guida DIN35 un numero variabile di apparecchiature modulari come, per esempio, gli interruttori automatici aventi modulo europeo da 17,5 mm.

Sono disponibili per il montaggio su scatola da incasso oppure con apposite calotte in resina per il montaggio a parete.

Esempio di centralino da parete:

- 1) guide DIN 35 distanziate dal fondo del contenitore per il passaggio dei conduttori;
- 2) fissaggio a scatto degli apparecchi su guida metallica DIN 35;
- 3) fermo laterale per contenimento moduli;
- 4) morsettiera di collegamento per cavi di terra e neutro con sezione principale di linea fino ad una sezione di 16 mm² e di derivazione fino a 4 mm².

Fig. 2.42 - Esempi di centralini in resina per impianti di edifici residenziali: a) Da incasso - b) Da parete.

2.9 Interruttori automatici di sovracorrente

Nelle abitazioni civili, normalmente, vengono utilizzati tre dispositivi per la protezione dell'impianto: gli interruttori automatici magnetotermici, che proteggono l'impianto contro le sovracorrenti, l'interruttore differenziale e i fusibili.

L'interruttore magnetotermico ha fondamentalmente due caratteristiche essenziali: la funzione di *manovra*, che consente di inserire e disinserire una determinata utenza o ramo dell'impianto, e la funzione di *protezione* contro guasti di natura elettrica dovuti alle correnti di cortocircuito e di sovraccarico.

Come si vedrà in seguito, anche i fusibili possono assolvere al compito di protezione dei circuiti, ma a favore dell'interruttore automatico gioca l'assoluta sicurezza, la facilità di manovra, l'impossibilità che la sua portata possa essere modificata da persone non esperte, la sua durata e la praticità dell'operazione di ripristino dopo ogni intervento, in particolare per le persone meno esperte.

Gli interruttori magnetotermici incorporano dei dispositivi sganciatori che svolgono il compito, in caso di situazione anomala, di aprire i contatti e, quindi, di interrompere il passaggio della corrente elettrica.

Un primo dispositivo interviene non appena si verifica il passaggio di una corrente di cortocircuito.

Questa corrente è caratterizzata da valori molto alti rispetto a quelli di normale esercizio (corrente nominale dell'interruttore) e, se non viene interrotta tempestivamente, può causare gravi danni per gli effetti elettrodinamici e termici che questa corrente può generare.

Essa è in genere conseguenza di un contatto elettrico a bassa impedenza tra conduttori attivi a diverso potenziale (fase-fase oppure fase-neutro) ed è spesso originata dalla perforazione del materiale isolante che riveste i cavi elettrici.

Può essere causata da scariche adescate da materiali metallici esterni, dal naturale invecchiamento della stessa guaina isolante o dal surriscaldamento dei conduttori oltre i limiti ammissibili in seguito alla circolazione di correnti troppo elevate, per esempio negli edifici civili da aumenti occasionali di utilizzatori in seguito all'impiego di spine multiple.

La protezione magnetica è realizzata all'interno dell'interruttore mediante l'uso di un elettromagnete (in figura viene denominato circuito magnetico) che, eccitandosi quando è attraversato dalla corrente di cortocircuito, attrae un'ancora che determina l'apertura dei contatti dell'interruttore.

Un secondo dispositivo interviene in caso di sovraccarico.

La corrente di sovraccarico attraversa un elemento termico (bimetallo, che nella figura viene denominato bilama), il quale si deforma, a causa del calore che si produce, fino a provocare l'apertura dei contatti dell'interruttore (contatto mobile).

La camera di soffio serve per effettuare lo spegnimento rapido dell'arco elettrico che si forma all'atto dell'interruzione del circuito; questa camera, realizzata mediante dei setti separatori in materiale isolante, costringe la scarica ad allungarsi e raffreddarsi, determinando così la rapida estinzione dell'arco.

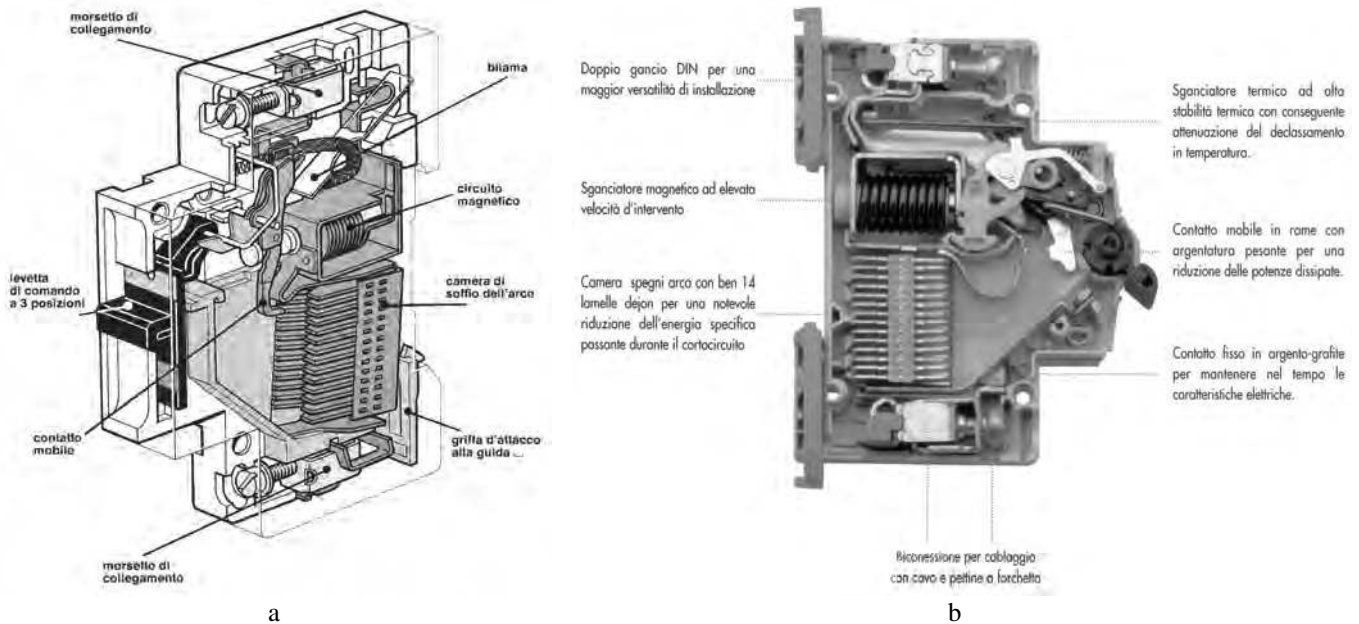


Fig. 2.43 - a) Particolari costruttivi di un interruttore modulare automatico magnetotermico (Legrand) - **b)** Esempio di interruttore automatico magnetotermico modulare per uso civile e industriale per montaggio su guida DIN 35. Una gamma di accessori elettrici quali contatti ausiliari, di scatto relè, sganciatori di apertura consentono la realizzazione di asservimenti o segnalazioni (Gewiss).

Un sovraccarico è definito normale quando le correnti in gioco sono alte, ma di breve durata (avviamento di motori asincroni trifasi, accensione contemporanea di molte lampade ad incandescenza, ecc.); diventa invece un sovraccarico anormale quando la corrente assorbita dal carico è troppo elevata in rapporto alla sezione dei conduttori (carico eccessivo, motore sovraccaricato, ecc.).

Il tempo di intervento, cioè di apertura, è dipendente dal tempo di circolazione e dal valore della corrente di sovraccarico che fanno deformare più o meno velocemente il bimetallo.

Come già detto, si può verificare un sovraccarico anche negli impianti civili, dovuto al continuo aumento di elettrodomestici e di utenze oggi installate contemporaneamente (lavatrice, frigorifero, aspirapolvere, forno a microonde, lavastoviglie, ecc.); può accadere, infatti, che la linea di alimentazione risulti sovraccaricata a causa dell'elevata potenza assorbita in quanto circola una corrente superiore rispetto a quella nominale prevista.

La presenza di dispositivi atti a garantire l'interruzione automatica dell'alimentazione elettrica è fondamentale, altrimenti la sovracorrente produrrebbe un eccessivo riscaldamento dei conduttori, con il conseguente deterioramento dell'isolante dei cavi.

Gli interruttori automatici possono essere forniti, in particolare per gli impianti civili, nella versione unipolare (protezione di un polo mediante una doppia apertura) o nella versione unipolare+neutro (protezione di una sola fase e interruzione del neutro ovvero con una doppia apertura sulla fase e una singola sul neutro).

Gli interruttori automatici sono disponibili in varie versioni, in relazione alle esigenze impiantistiche, e possono essere così classificati:

- interruttori unipolari;
- interruttori bipolari con un polo protetto;
- interruttori bipolari con uno o due poli protetti;
- interruttori tripolari;
- interruttori quadripolari con tre o quattro poli protetti.

Dal punto di vista delle dimensioni, possono essere realizzati secondo il modulo americano (25x57 mm) oppure con il più diffuso modulo europeo (17,5x45 mm, larghezza di due moduli 35 mm, di tre moduli 53 mm).

L'unificazione dimensionale facilita l'intercambiabilità delle apparecchiature; inoltre, è possibile accoppiare tra di loro due o più moduli mediante appositi adattatori, al fine di realizzare l'apparecchiatura necessaria per la messa in opera dell'impianto.

Il fissaggio può essere effettuato a scatto su profilato unificato a mezzo di un dispositivo incorporato nell'apparecchio stesso, qualora si debbano accoppiare più interruttori tra loro, per esempio nei centralini per appartamento.

Questi interruttori negli impianti civili, come si è detto precedentemente, vengono utilizzati per la protezione dell'impianto e installati negli appositi centralini; altre soluzioni prevedono il montaggio singolo a parete o a incasso. Le parti sotto tensione sono rese inaccessibili da opportune calotte o contenitori.

I moderni interruttori automatici possono essere forniti di numerosi accessori come contatti ausiliari, comando a distanza, bobina di sgancio per il rilevamento di minima tensione, maniglie universali a rinvio, a manovra rotante, relè per il rilevamento di correnti differenziali per la protezione dai contatti diretti e indiretti.

Esistono infine alcuni tipi di piccoli interruttori automatici, che hanno le stesse dimensioni degli apparecchi modulari degli interruttori non automatici, che possono essere montati sulla stessa piastra che ospita altri apparecchi di comando o prese a spina.

Ogni interruttore viene costruito per una determinata *tensione di esercizio* (tensione nominale) di 230, 230/400, 400 V ad una frequenza di 50 Hz e per una corrente massima che può passare indefinitamente attraverso i contatti chiusi senza danneggiarli (*corrente nominale*) di 6/10/13/16/20/25/32/40/50/63/80/100/125 A.

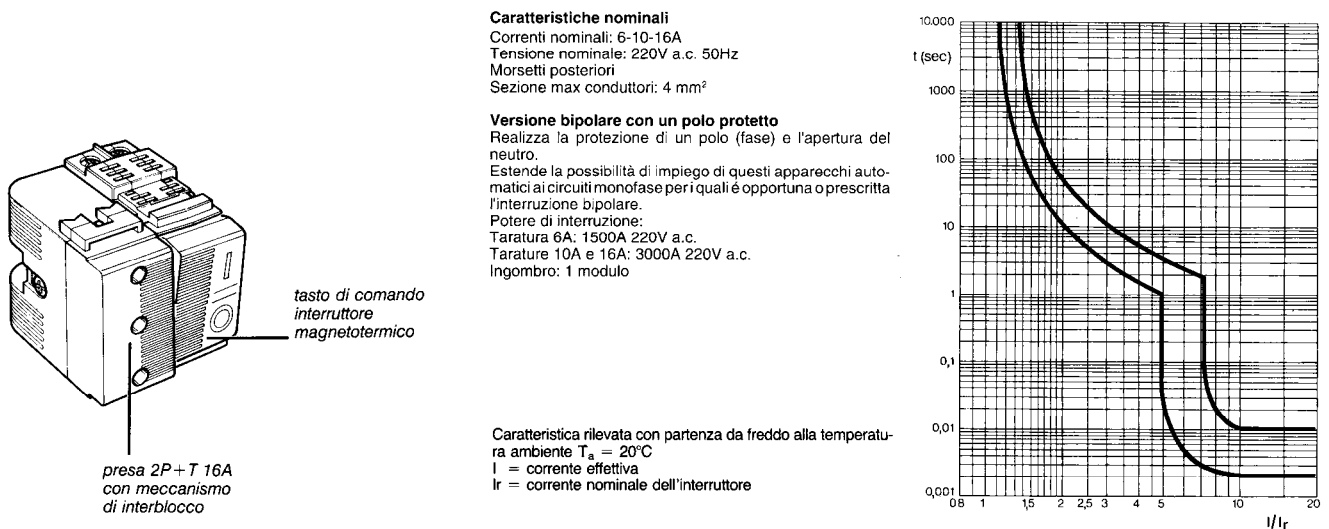


Fig. 2.44 - Presa interbloccata per uso civile con inserito un interruttore magnetotermico bipolare ad un polo protetto (2 moduli) con relativa caratteristica di intervento (bticino).

Una caratteristica importante è il *potere di interruzione*, cioè la massima corrente che l'interruttore è in grado di interrompere senza subire danni. Il potere di interruzione deve essere superiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui l'interruttore è installato. Le norme fissano cinque poteri di interruzione nominali: 1,5/3/4,5/6/10 kA; i primi due valori sono molto bassi e non adatti alle protezioni delle reti.

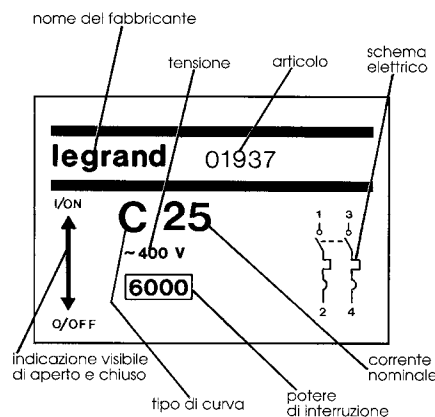


Fig. 2.45 - Dati di targa fondamentali di un interruttore magnetotermico (Legrand).

Gli enti distributori dell'energia elettrica prescrivono 4,5 e 6 kA per le normali abitazioni e 10 kA o più per il settore industriale e terziario.

Il funzionamento di un interruttore magnetotermico è sintetizzato dal diagramma denominato *caratteristica di intervento*, che riporta in ascisse la corrente presunta di cortocircuito, espressa in multipli della corrente nominale, e in ordinata il tempo di intervento, in scala logaritmica, come mostrato nella fig. 2.44.

2.10 Il sovraccarico e il cortocircuito

Il **sovraccarico** si manifesta solitamente su impianti circuitalmente sani, dove però gli utilizzatori vengono sfruttati oltre i parametri nominali (per esempio, in un motore asincrono).

Il surriscaldamento prodotto dalle correnti di sovraccarico può causare danni agli isolanti, ai collegamenti, ai terminali e all'ambiente circostante le condutture.

La norma CEI 64-8/4 fissa le condizioni di coordinamento per la protezione delle condutture contro i sovraccarichi. Indica, cioè, le caratteristiche che devono essere possedute dal dispositivo di protezione.

In particolare, debbono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

La corrente nominale (I_n) del dispositivo di protezione deve essere compresa fra la corrente di impiego (I_b) che il circuito è destinato a trasportare per soddisfare le esigenze dei carichi e la portata a regime permanente (I_z) del tipo di conduttore impiegato.

Inoltre, il valore di corrente (I_f), per cui il dispositivo di protezione interviene entro il tempo dettato dalla sua curva di funzionamento termico, non deve essere più di 1,45 volte superiore alla portata (I_z) del conduttore.

Quest'ultima condizione si impone quando il dispositivo di protezione ha una caratteristica di intervento non interamente contenuta entro i valori inferiori alla curva limite di sovraccaricabilità dei cavi.

Graficamente è possibile rappresentare le precedenti condizioni nella fig. 2.46, mentre nella fig. 2.47a e nella fig. 2.47b si evidenzia la possibilità di trovare la migliore condizione di protezione solo nel caso in cui la corrente di impiego I_b è significativamente inferiore alla portata I_z dei conduttori.

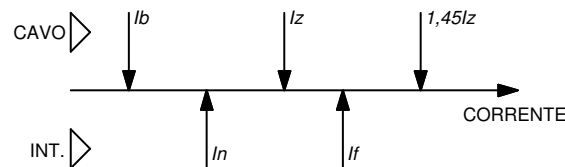


Fig. 2.46 - Condizioni di coordinamento (cavo/interruttore) per la protezione di un cavo contro i sovraccarichi.

Utilizzando, come dispositivo di protezione, un interruttore automatico magnetotermico, vale a dire un apparecchio che, in conformità alle norme, ha una caratteristica di intervento termico inferiore alle curve limite di sovraccaricabilità dei cavi, la seconda condizione viene soddisfatta implicitamente (vedere fig. 2.57 relativa alle curve di intervento tempo-corrente degli interruttori automatici magnetotermici: caratteristiche B, C, D).

Il progettista, quindi, si deve preoccupare di osservare solo la prima condizione, curando che I_n sia inferiore a I_z ed evitando che ripetuti sovraccarichi, (superiori a I_z , ma inferiori ad I_f) possano logorare l'isolante del cavo senza determinare l'intervento dell'apparecchio posto a protezione.

Per esempio, nel caso si utilizzi un cavo unipolare in rame avente una sezione di 2,5 mm² con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente 30 °C e con 2 conduttori carichi (circuito monofase) e 2 circuiti (circuito luce, circuito prese), si è visto che la portata è $I_z = 15,1$ A.

Se lo si usa con un carico che assorbe la corrente di 11 A, $I_b = 11$ A, le relazioni diventano:

$$11 \leq I_n \leq 15,1$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot 15,1 \text{ ovvero } I_f \leq 21,89$$

per cui la corrente nominale dell'interruttore da scegliere è: $I_n = 13$ A, mentre il valore di I_f deve essere inferiore a 21,89 A, valore verificato osservando le curve di intervento tempo-corrente degli interruttori automatici magnetotermici di fig. 2.57.

Nella fig. 2.46 si evidenzia il fatto che la migliore protezione si ha solo nel caso in cui la corrente di impiego I_b è significativamente inferiore alla portata I_z dei conduttori.

I dispositivi di protezione dai sovraccarichi possono essere installati in qualsiasi punto della conduttura protetta, purché a monte non sia prevista alcuna derivazione e la conduttura sia protetta anche dai cortocircuiti.

Da una valutazione dei punti estremi di conformità alla prima condizione di coordinamento emerge che, quando $I_n = I_b$, ci si trova nella condizione di massima protezione e di minimo sfruttamento del conduttore, mentre quando $I_n = I_z$, la protezione è minima ed il conduttore è sfruttato al massimo, come mostrato, rispettivamente, nelle figg. 2.47a e 2.47b.

Negli impianti IT, la protezione contro i sovraccarichi deve sempre essere installata all'origine del circuito, a meno che il circuito non sia protetto all'origine contro le correnti di guasto verso terra da un interruttore differenziale oppure l'intero circuito, utilizzatori e conduttore compresi, sia del tipo a doppio isolamento (classe II).



Fig. 2.47 - Condizioni limite di una conduttura contro il sovraccarico: a) Massima protezione - b) Minima protezione.

Nello sfruttare al massimo una conduttura, sia essa un cavo o un condotto sbarre, occorre verificare con attenzione la capacità di smaltimento del calore prodotto per effetto Joule e l'accettabilità del valore di caduta di tensione che si manifesta in linea.

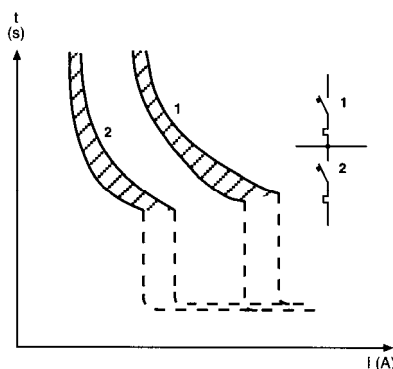
La protezione contro il sovraccarico è vietata sui circuiti dei sistemi di sicurezza e su quelli che alimentano elettromagneti di bloccaggio dei pezzi in lavorazione o di sollevamento dei rottami ferrosi. Analogamente, questo tipo di protezione non va installata sui circuiti che alimentano utenze essenziali al mantenimento della sicurezza.

Possono non venire protetti contro il sovraccarico le seguenti utenze:

- apparecchi illuminanti;
- resistenze;
- apparecchi per telecomunicazioni;
- motori che a rotore bloccato non assorbono un valore di corrente superiore alla portata in regime permanente della linea;
- apparecchiature già dotate di una propria protezione termica, in grado di proteggere anche la linea.

In presenza di circuiti ramificati, in partenza da una dorsale, la protezione sulle singole ramificazioni non è necessaria se ne esiste già una, a monte sulla linea collettiva, in grado di proteggere anche le derivate.

In eguale modo, se tutte le derivate sono singolarmente protette e la somma delle correnti nominali dei vari dispositivi di protezione contro i sovraccarichi risulta superiore alla portata della conduttura dorsale, questa può non essere protetta contro i sovraccarichi. La selettività termica fra due dispositivi di protezione posti in serie si realizza allorché la fascia di intervento termico del dispositivo posto a monte si trova sempre al di sopra di quella del dispositivo posto a valle (fig. 2.48).



La selettività in termini di protezione termica fra due interruttori automatici posti in serie si realizza quando la curva dell'interruttore a monte (1) si mantiene sempre più alta di quella dell'interruttore a valle (2). I tratti di curva tratteggiata si riferiscono all'intervento magnetico contro i cortocircuiti.

Fig. 2.48 - Selettività tra due interruttori posti in serie.

Il cortocircuito si manifesta in seguito a guasti che si verificano sugli impianti o sugli utilizzatori.

Le elevatissime correnti di cortocircuito mettono in gioco, entro il brevissimo tempo che intercorre prima dell'intervento delle protezioni, un'energia tale da sviluppare sia fenomeni di surriscaldamento sia sforzi elettrodinamici.

In un sistema di bassa tensione, il massimo valore di corrente che si viene a stabilire in caso di cortocircuito dipende dall'energia che confluisce nel punto di guasto. Questa dipende a sua volta dalla potenza disponibile a monte e dai parametri circuitali che si oppongono al passaggio della corrente.

In altri termini, la potenza disponibile dipende da quella del trasformatore MT/BT che alimenta l'impianto o dalla sommatoria di quelle dei trasformatori che si trovano in parallelo.

I parametri circuitali sono invece rappresentati dalla resistenza e dalla reattanza del tratto di linea compreso fra il punto di guasto ed i morsetti di uscita del trasformatore.

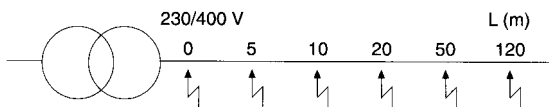
Il calcolo della corrente presunta di cortocircuito (I_{cc}) può essere fatto tenendo conto dei parametri di cui sopra, ma si può ricorrere anche ad una rapida valutazione utilizzando le tabelle e i grafici predisposti.

La tab. 2.34 è indicativa del valore di I_{cc} ai morsetti secondari dei trasformatori MT/BT, in relazione alla loro potenza e considerando per essi una tensione nominale di cortocircuito (U_{cc}) pari al 5%.

Questi valori sono importanti per stimare il potere di interruzione che dovrà possedere l'interruttore automatico di protezione della macchina. Mano a mano che ci si allontana dalla macchina o, più verosimilmente, dal quadro generale della cabina MT, il valore della corrente presunta di cortocircuito viene ridotto dall'opposizione offerta dalla reattanza e dalla resistenza di linea.

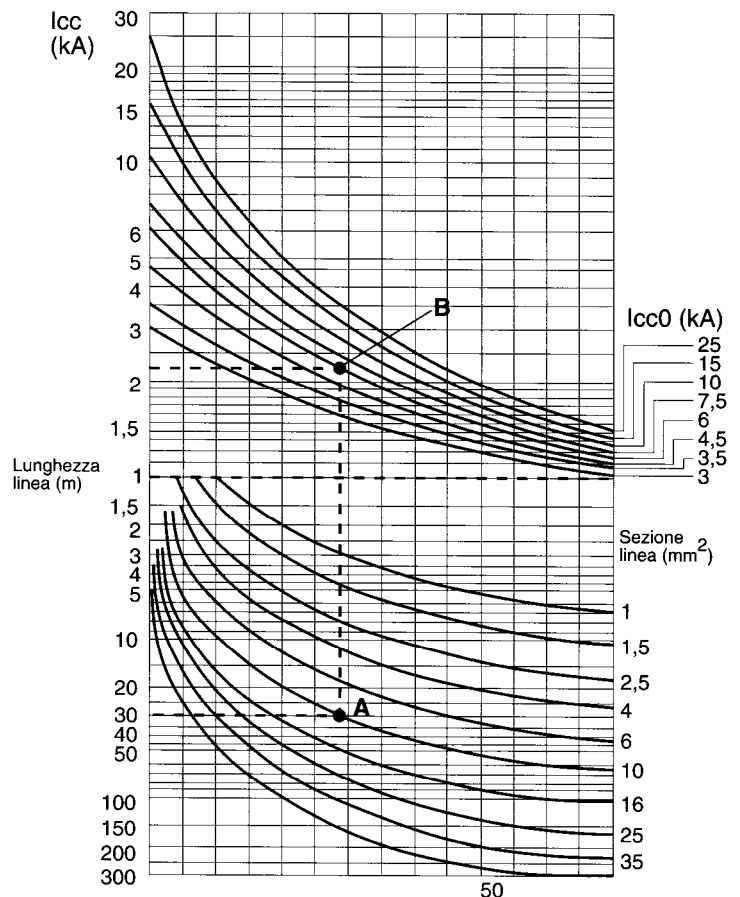
Potenza del trasformatore	Tensione nominale secondaria [V]	Fattore di potenza durante il cortocircuito $\cos \varphi_{cc}$	Corrente di cortocircuito ai morsetti BT [kA]
50	400	0,54	2
100	400	0,42	3,5
160	400	0,36	6
250	400	0,32	9,5
400	400	0,28	15
630	400	0,25	24
800	400	0,25	25
1000	400	0,24	30

Tab. 2.34 - Valori approssimativi della corrente di cortocircuito ai morsetti secondari di trasformatori trifasi MT/BT.



P (kVA)	S (mm ²)	L (m)					
		0	5	10	20	50	120
160	150	6	6	6	5,5	5	4
	95	6	6	6	5,5	5	3,5
250	240	9,5	9,5	9	8,5	7,5	6
	120	9,5	9,0	9	8,5	7	5
400	300	15	15	14,5	14	12,5	9,5
	240	15	15	14,5	14	12	9
630	2x300	24	23	22,5	20	16,5	11,5
	2x240	24	23	22,5	21,5	18	14
800	1000 (barre)	25	24	23	21	17	11,5
	2x300	25	23,5	22,5	20,5	16	11
1000	1000 (barre)	30	29,5	28,5	25,5	19,5	13
	2x300	30	29	27	24,5	18,5	12

a



b

Fig. 2.49 - a) Riduzione della corrente di cortocircuito (I_{cc}) in relazione alla lunghezza ed alla sezione della linea: P = potenza nominale, S = sezione della linea, L = distanza del punto di cortocircuito dai morsetti del trasformatore - b) Diagramma per la determinazione della I_{cc} presunta nei diversi punti di una linea trifase 230/400 V in base alla sezione del cavo, alla distanza dal punto di origine ed alla I_{cc} valida per detto punto. Ogni curva superiore corrisponde al valore di I_{cc0} ai morsetti del trasformatore. Ogni curva inferiore corrisponde ad un valore di sezione del cavo.

Nella fig. 2.49a sono riportati alcuni valori esemplificativi di I_{cc} in relazione alla distanza fra il punto di guasto ed i morsetti del trasformatore.

Per le linee trifasi 230/400 V di piccola sezione (fino ad un massimo di 50 mm^2), il valore approssimativo di I_{cc} può essere ricavato utilizzando le curve riportate nella fig. 2.49b.

Per esempio, si ipotizzi di dover ricavare il valore di I_{cc} su una linea di sezione 10 mm^2 , alla distanza di 30 m dai morsetti secondari di un trasformatore MT/BT da 160 kVA.

La corrente di cortocircuito ai morsetti del trasformatore è pari a 6 kA (come risulta dalla tab. 2.34).

Per una linea di sezione 10 mm^2 , lunga 30 m, si identifica nella zona inferiore del grafico il punto "A".

Tracciando una verticale da detto punto; questa incontra nel punto "B" la curva corrispondente ad una I_{cc0} (ai morsetti del trasformatore) di 6 kA.

Sull'asse delle ordinate si riscontra in corrispondenza a "B" una corrente di cortocircuito presunta (I_{cc}), nel punto d'impianto considerato, pari a circa 2,3 kA.

Nella tab. 2.35 è possibile ricavare il valore della corrente di cortocircuito trifase in un punto della rete a valle di un cavo conoscendo: il valore della corrente di cortocircuito trifase a monte del cavo (per esempio, 35 kA), la lunghezza (per esempio, 19 m) e la sezione del cavo in rame (per esempio, 35 mm^2).

Conoscendo il valore della corrente di cortocircuito a valle, risulterà agevole dimensionare in modo corretto l'interruttore automatico scegliendo, come si vedrà meglio in seguito, un potere di interruzione almeno pari o superiore al valore della corrente di cortocircuito I_{cc} nel punto di installazione.

Qualora i valori della I_{cc} a monte e la lunghezza del cavo non risultino in tabella, è possibile adottare i seguenti valori: il valore della I_{cc} a monte immediatamente superiore e la lunghezza del cavo immediatamente inferiore; in questo modo, la I_{cc} a valle risulterà sempre maggiore di quella effettiva a favore della sicurezza.

DETERMINAZIONE I_{cc} A VALLE DI UN CAVO																				
SEZIONE DEI CAVI [MM ²]	LUNGHEZZA DEI CAVI [M]																			
1,5													1,2	1,7	2,3	3,3	5	6	9	12
2,5								1	1,4	1,9	2,6	3,9	5	6	10	13	16			
4								1,2	1,6	2,3	3	4	6	8	10	17	20	25		
6								1,2	1,7	2,4	3,4	5	6	9	12	15	25	30	37	
10					1	1,4	2	2,8	3,9	6	7	10	15	21	25	41	50	62		
16			1,1	1,6	2,2	3,1	4	6	9	12	16	24	33	39	66	70	99			
25			1,2	1,6	2,3	3,3	5	7	9	14	18	25	38	51	61	103	123	154		
35 esempio	1	1,5	2,1	3,1	5	6	9	13	19	25	34	52	71	85	143	174	215			
50	1,3	2	2,8	4	6	9	13	18	26	35	48	74	99	120	201	242	303			
70	1,6	2,5	3,6	5	8	12	17	24	36	48	66	101	136	164	276	332				
95	1,9	2,9	4	7	10	15	22	31	46	62	86	132	178	215	362	435				
120	2,1	3,3	5	8	12	17	26	37	55	76	104	160	217	262						
150	2,3	3,6	5	8	13	20	30	43	65	89	122	189	256	310						
185	2,4	3,9	6	9	15	22	34	49	74	102	140	218	295	357						
240	2,6	4	6	10	16	24	37	55	84	116	161	250	340							
300	2,7	4	7	11	17	26	41	60	92	127	177	276	375							
2 x 120	4	7	10	15	23	35	52	74	111	151	208	321								
2 x 150	5	7	11	17	26	39	59	86	129	177	244	378								
2 x 185	5	8	12	18	29	44	67	98	147	203	281									
3 x 120	6	10	15	23	35	52	77	112	166	227	312									
3 x 150	7	11	16	25	39	59	89	130	194	266	367									
3 x 185	7	12	17	28	44	66	100	147	221	304										
lcc a monte [kA]	lcc a valle [kA]																			
100	91	86	80	71	60	49	38	29	21	16	12	8	6	5	3	3	2			
90	83	79	74	67	57	47	37	29	21	16	12	8	6	5	3	3	2			
80	75	72	68	61	53	45	36	28	21	16	12	8	6	5	3	3	2			
70	66	64	61	55	49	42	34	27	20	16	12	8	6	5	3	3	2			
60	57	55	53	49	44	38	32	25	19	15	12	8	6	5	3	3	2			
50	48	47	45	42	38	34	29	24	18	15	11	8	6	5	3	3	2			
45	44	43	41	39	36	32	27	23	18	14	11	8	6	5	3	3	2			
40	39	38	37	35	32	29	25	21	17	14	11	8	6	5	3	3	2			
35 esempio	34	34	33	31	29	27	23	20	16	13	11	8	6	5	3	3	2			
30	30	29	29	27	26	24	21	18	15	13	10	7	6	5	3	3	2			
25	25	25	24	23	22	21	19	17	14	12	10	7	6	5	3	3	2			
22	22	22	21	21	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5	3	3	2			
15	15	15	15	15	14	13	13	12	10	9	8	6	5	4	3	3	2			
10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	6	5	4	4	3	3	2			
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	4	4	4	3	3	2			
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2			
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2			

I valori sono stati calcolati considerando: la tensione trifase di 400 V, i cavi trifase in rame e la temperatura del rame di 20 °C.

Nel caso di una tensione trifase concatenata di 230 V, è necessario dividere le lunghezze indicate nella tabella per $\sqrt{3} = 1,732$.

Se sono installati cavi in parallelo, occorre dividere la lunghezza per il numero dei cavi in parallelo.

Nell'esempio un cavo trifase lungo 19 m ed una sezione di 35 mm^2 , che presenta una corrente di cortocircuito a monte di 35 kA, presenta una corrente di cortocircuito a valle di 16 kA.

Tab. 2.35 - Tabella per la determinazione della corrente di cortocircuito I_{cc} a valle di un cavo (Gewiss).

Le forti sovracorrenti che si manifestano in occasione di un cortocircuito mettono in crisi le linee e gli interruttori che su di esse si trovano inseriti.

L'energia termica che si sviluppa nel circuito si può ricavare con la seguente formula:

$$\int R_x i^2_x t$$

considerando che il valore della corrente varia nel tempo secondo l'andamento sinusoidale.

Volendo semplificare, l'energia messa in gioco viene considerata per unità di resistenza (R); per questo motivo viene detta "specificata" e viene rappresentata anche senza integrale, cioè con la sigla: I^2t , dove " I " è la corrente di cortocircuito e " t " è il tempo per cui essa permane.

Quando la limitazione dell'energia specifica passante è affidata ad un interruttore automatico magnetotermico, la rapidità del suo intervento, vale a dire di " t ", diventa l'elemento fondamentale di salvaguardia dei conduttori e degli apparecchi collegati a valle. Nel grafico presentato nella fig. 2.50a, si trovano sovrapposte due curve.

La curva **I** esprime la capacità di un interruttore di limitare il transito dell'energia specifica di cortocircuito.

La curva **C** esprime invece i massimi valori di energia passante sopportabili senza danno dal cavo su cui l'interruttore si trova inserito.

Il confronto fra le due curve consente di rilevare che, nel caso specifico, il cavo risulta protetto dall'interruttore entro la gamma di possibili valori della corrente di cortocircuito compresi fra " I_{cc1} " e " I_{cc2} ".

L'energia specifica di cortocircuito sopportabile da un cavo si esprime con la relazione:

$$K^2 \cdot S^2$$

dove S è la sezione in millimetri quadrati del cavo, mentre K è una costante che vale 115 per i conduttori isolati in PVC, 135 per quelli isolati in gomma e 140 per quelli isolati in polietilene.

La tenuta al cortocircuito di un cavo aumenta, in proporzione quadratica, sia con la sezione che con la qualità dell'isolante.

Nella progettazione di un impianto, una volta stimate le correnti presunte di cortocircuito a valle dei punti di installazione degli interruttori automatici magnetotermici, è necessario scegliere apparecchi che, in relazione alla tensione nominale della rete, presentino un potere di interruzione almeno pari a detti valori di I_{cc} .

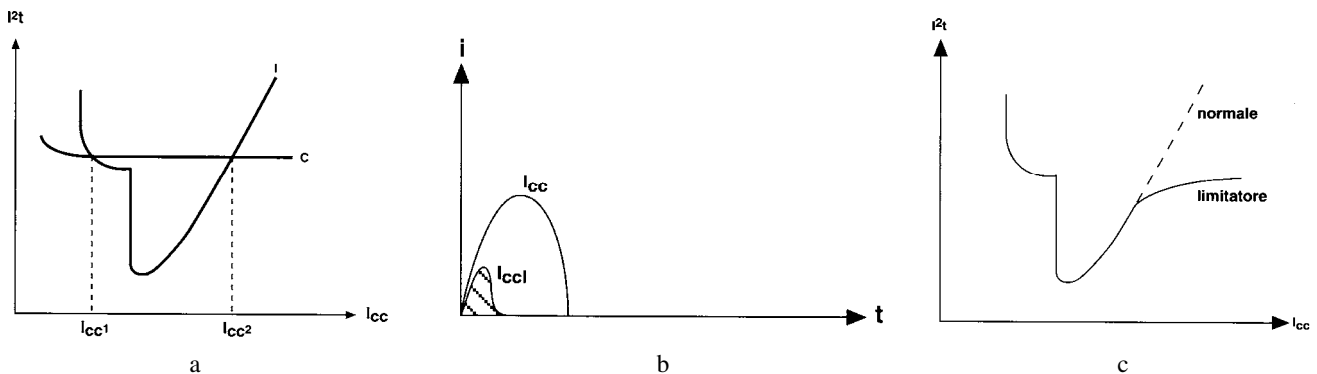


Fig. 2.50 - a) Curve che esprimono i valori di energia termica specifica lasciata passare da un interruttore automatico magnetotermico (curva I) e sopportabile senza danni da un cavo (curva C) - b) Effetti di limitazione della corrente I_{cc} garantito da un interruttore limitatore. L'area sottesa alla curva reale della I_{cc1} lasciata passare dall'apparecchio durante il fenomeno - c) Differente andamento della curva I^2t di un interruttore limitatore rispetto a quella di un interruttore normale.

Esistono interruttori automatici limitatori che intervengono ad interrompere la corrente di cortocircuito con una rapidità ed un'efficacia tali da impedirgli di raggiungere il primo picco di sinusoidale (fig. 2.50b).

In questo modo, anche l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore durante il fenomeno viene drasticamente ridotta (fig. 2.50c).

L'impiego dei dispositivi di protezione limitatori consente un coordinamento molto più agevole, sia con i condotti che con eventuali altri apparecchi installati a valle.

Quando il potere di interruzione di un interruttore automatico è inferiore alla corrente presunta di cortocircuito stimata per quel punto di installazione, si può ricorrere alla tecnica protettiva di back-up.

Si può allora ugualmente ottemperare alla protezione contro i cortocircuiti installando a monte dell'interruttore "debole" un altro apparecchio che intervenga simultaneamente e con capacità di limitazione dell'energia specifica passante, tale che dalla sovrapposizione delle due curve I^2t emerga un grafico del tipo mostrato nella fig. 2.51.

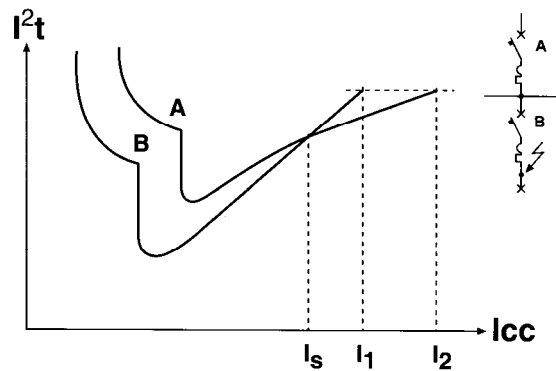


Fig. 2.51 - Condizioni di coordinamento per la protezione di un cavo contro i sovraccarichi.

Il punto I_s di coincidenza delle due curve è detto “corrente di scambio”. Affinché la protezione di back-up venga assoluta, I_s deve risultare inferiore al potere d'interruzione I_1 dell'interruttore B (quello debole).

In tal modo, dal valore I_s in poi è l'interruttore A (quello limitatore) che si assume il compito di interrompere efficacemente le correnti di cortocircuito fino al proprio potere di interruzione.

La riduzione dell'energia passante attuata dall'interruttore A da I_s a I_2 (limite della protezione di back-up) la rende sopportabile dall'interruttore a valle.

Un'ulteriore frazionamento dell'energia in gioco si realizza grazie alla doppia interruzione.

Due interruttori automatici magnetotermici posti in serie funzionano in selettività “naturale” quando la corrente di cortocircuito che si verifica a valle del secondo non è di intensità tale da provocare lo sgancio dell'interruttore a monte.

Per evitare che forti correnti di cortocircuito determinino l'intervento anche dell'interruttore a monte, è necessario aumentare di molto la rapidità di intervento di quello a valle oppure fare in modo che questo sia limitatore, cioè che impedisca alla corrente di raggiungere il primo picco di sinusoidale, e che quindi sottragga all'apparecchio a monte l'energia passante che gli necessita per intervenire.

I criteri per la scelta del dispositivo di protezione contro i cortocircuiti vengono indicati dalla norma CEI 64-8.

Tutti i conduttori devono risultare adeguatamente protetti dal cortocircuito all'inizio della condotta, fatta eccezione per i seguenti tre casi per i quali è richiesta però la verifica del minimo pericolo di cortocircuito e che non vi siano nelle vicinanze materiali combustibili:

- 1) condutture che collegano sorgenti di energia (generatori, batterie, trasformatori, ecc.) con i rispettivi quadri, purché siano previsti su questi ultimi adeguati dispositivi di protezione;
- 2) circuiti la cui interruzione provvisoria può dar luogo a pericoli;
- 3) alcuni circuiti di misura.

È concesso installare il dispositivo di protezione dal cortocircuito entro una distanza massima di 3 m dall'inizio della condotta quando il tratto considerato sia realizzato in modo tale da rendere minima la possibilità che si manifesti un cortocircuito e che sia ridotto al minimo il pericolo di incendio o danni alle persone.

I dispositivi per la protezione da cortocircuito devono:

- a) presentare un potere di interruzione adeguato in funzione della massima corrente presunta di cortocircuito che si può manifestare nel circuito considerato. Per i circuiti trifase, occorre considerare sia il guasto trifase che quello monofase;
- b) intervenire in tempi tali da evitare surriscaldamenti dei conduttori oltre il limite ammesso.

Questa condizione deve essere verificata in qualsiasi punto dell'impianto, normalmente all'inizio e nel punto più lontano della condotta.

La condizione da rispettare per il cortocircuito all'inizio della condotta è:

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

La precedente condizione è verificata quando la curva di $K^2 \cdot S^2$ si trova sopra la caratteristica $I_{cc}^2 \cdot t$ del dispositivo di protezione per tutti i valori fino alla corrente I_{cc} presunta.

Nei casi in cui la protezione termica del cavo è omessa o sovradimensionata, occorre verificare anche la condizione di cortocircuito nel punto più lontano della condotta.

Questo si realizza calcolando la $I_{cc/min}$ e confrontandola con la corrente magnetica del dispositivo di protezione $I_{cc/min} \geq I_m$.

La norma CEI 64-8 suggerisce una formula approssimata per calcolare la I_{cc} in fondo ad una condotta basata sui presupposti che, durante il cortocircuito, all'inizio della condotta considerata si abbia una tensione pari all'80% del valore nominale e la resistenza della linea aumenti del 50% per l'incremento della temperatura del cavo a causa del cortocircuito.

Nella tab. 2.36 vengono riportate le formule suggerite dalle norme CEI in caso di neutro non distribuito (cortocircuito fase-fase) e in caso di neutro distribuito (cortocircuito fase-neutro) per determinare la corrente di cortocircuito minima alla fine della condotta.

Neutro non distribuito (cortocircuito fase-fase)	Neutro distribuito (cortocircuito fase-neutro)
$I_{cc/min} = \frac{0,8 \cdot U}{1,5 \cdot \rho \cdot \frac{2l}{S}}$	$I_{cc/min} = \frac{0,8 \cdot U_0}{1,5 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot \frac{l}{S}}$
dove: U = tensione concatenata. ρ = resistività del conduttore a 20 °C (per il rame vale 0,018 Ω mm ² /m). l = lunghezza della condotta (m). S = sezione della condotta protetta (mm ²).	Dove: ρ, l, S = hanno gli stessi significati del caso di cortocircuito fase-fase. U_0 = tensione di fase. m = rapporto tra la resistenza del conduttore di neutro e quella del conduttore di fase (rapporto tra le sezioni se sono costituite dallo stesso materiale).

Tab. 2.36 - Formule suggerite dalle norme CEI per determinare il valore della $I_{cc/min}$

Le due formule non tengono conto della reattanza delle condutture; occorre perciò introdurre in caso di cavi con una sezione superiore a 95 mm², i fattori di riduzione della corrente di cortocircuito riportati nella tab. 2.37.

Sezione [mm ²]	120	150	185	240
K	0,9	0,85	0,80	0,75

Tab. 2.37 - Fattori di riduzione della corrente di cortocircuito per sezioni superiori a 95 mm².

La fig. 2.52a mostra una condotta protetta sia dai cortocircuiti che dal sovraccarico, mentre la fig. 2.52b rappresenta una condotta protetta parzialmente solo dal cortocircuito.

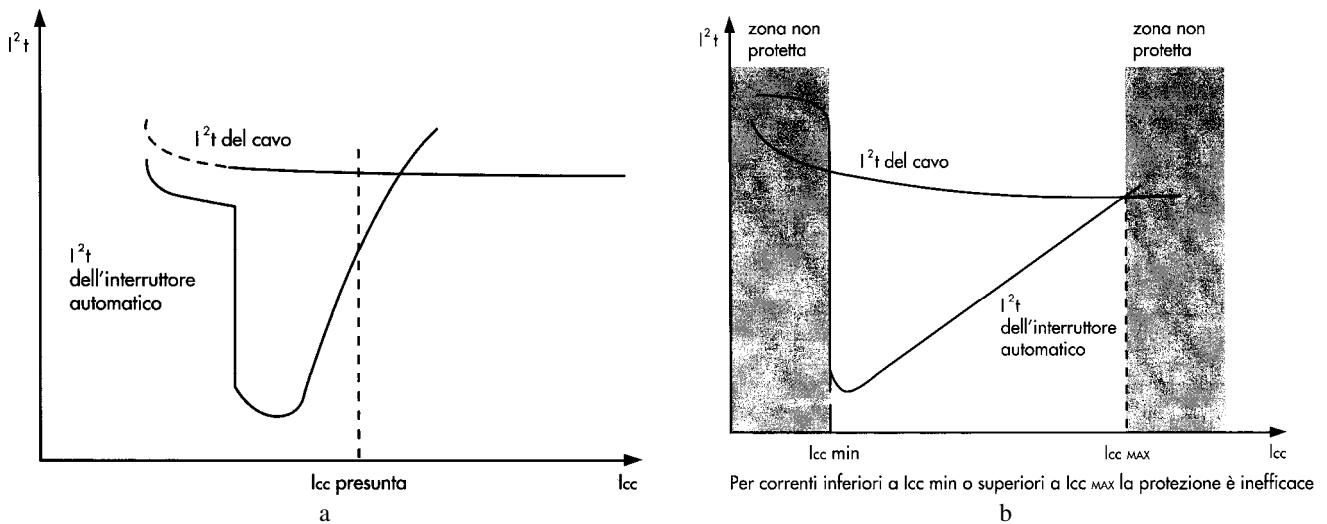


Fig. 2.52 - a) Cavo protetto dal cortocircuito e dal sovraccarico - b) Cavo protetto solo dal cortocircuito e non protetto dal sovraccarico.

Di seguito vengono riportate due tabelle (tab. 2.38 e tab. 2.39) che devono essere usate quando non è presente la protezione termica e che tengono conto di un coefficiente di tolleranza di intervento magnetico di 1,2.

Nelle tabelle vengono riportate le lunghezze massime della linea, (in metri) protette in funzione della sezione commerciale del conduttore (in mm²) e della regolazione magnetica I_m (in ampere), valore di sovracorrente che fa intervenire lo sganciatore elettromagnetico, come mostrato nella fig. 2.54.

I valori trovati nelle tabelle vanno moltiplicati per un fattore di correzione, secondo quanto riportato nella tab. 2.40, a seconda del tipo di distribuzione e del rapporto tra le sezioni di fase e del neutro.

PROTEZIONE DEL CAVO - LUNGHEZZA MASSIMA PROTETTA [M]																					
sez. [mm ²]	regolazione magnetica [A]																				
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	240	280	320	400	440	480	520
1,5	370	247	185	148	123	106	93	82	74	62	53	46	41	37	31	26	23	19	17	15	14
2,5	617	412	309	247	206	176	154	137	123	103	88	77	69	62	51	44	39	31	28	26	24
4		658	494	395	329	282	247	219	198	165	141	123	110	99	82	71	62	49	45	41	38
6			741	593	494	423	370	329	296	247	212	185	165	148	123	106	93	74	67	62	57
10						705	617	549	494	412	353	309	274	247	206	176	154	123	112	103	95
16									790	658	564	494	439	395	329	282	247	198	180	165	152
25												772	686	617	514	441	386	309	281	257	237
35														720	617	540	432	393	360	332	
50																772	617	561	514	475	
70																		786	720	665	
95																					
120																					
150																					
185																					
240																					
300																					

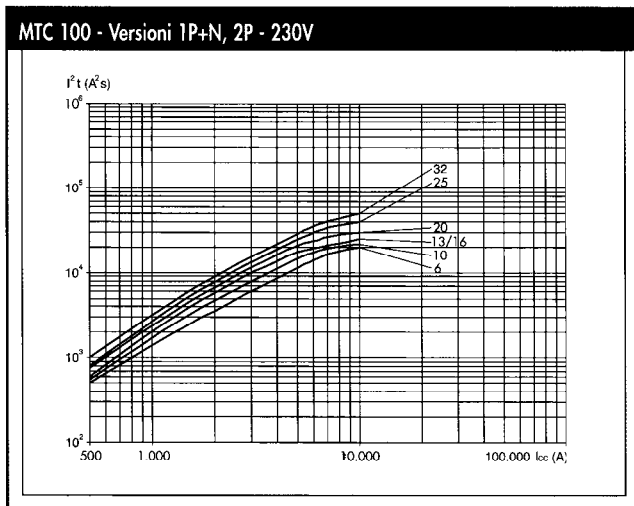
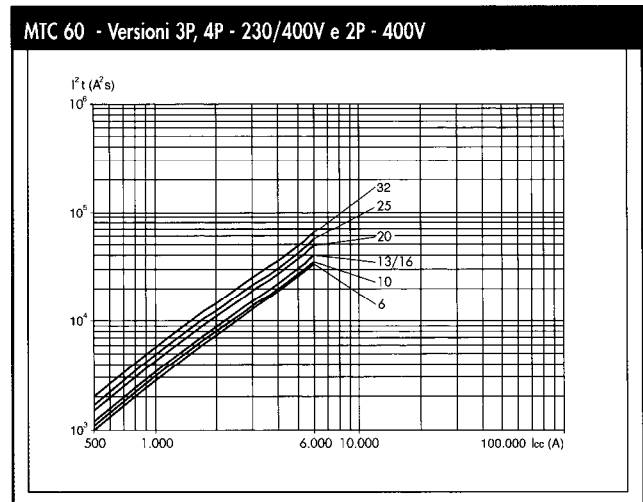
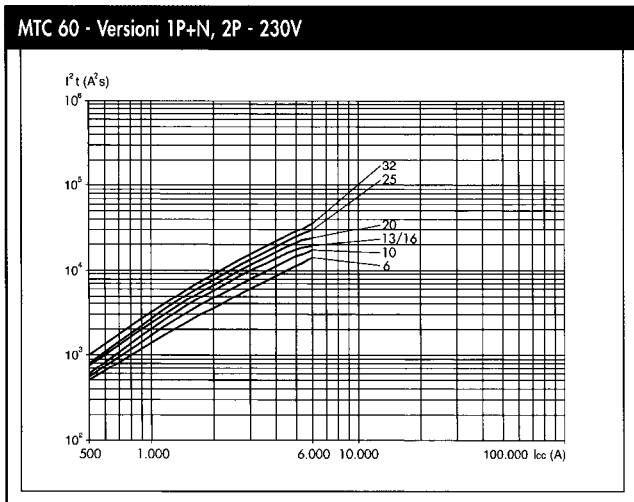
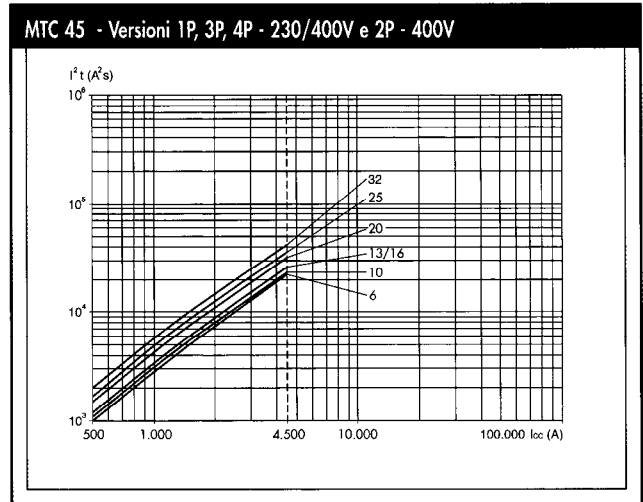
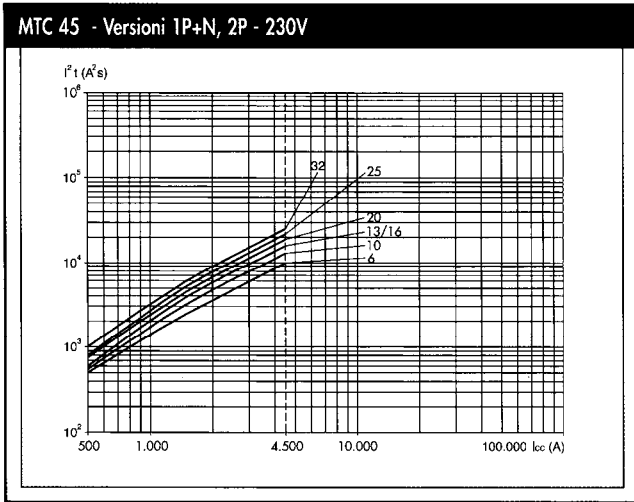
Tab. 2.38 - Protezione del cavo: lunghezza massima protetta in metri (Gewiss).

PROTEZIONE DEL CAVO - LUNGHEZZA MASSIMA PROTETTA [M]																				
sez. [mm ²]	regolazione magnetica [A]																			
	560	600	650	700	800	900	1000	1100	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	
1,5																				
2,5																				
4	35	33	30	28	25	22	20													
6	53	49	46	42	37	33	30	27												
10	88	82	76	71	62	55	49	45	40	31	25	20								
16	141	132	122	113	99	88	79	72	63	49	40	32	25	20						
25	220	206	190	176	154	137	123	112	99	77	62	49	39	31	25	20	15	12	10	
35	309	288	266	247	216	192	173	157	138	108	86	69	54	43	35	27	22	17	14	
50	441	412	380	353	309	274	247	224	198	154	123	99	77	62	49	39	31	25	20	
70	617	576	532	494	432	384	346	314	277	216	173	138	108	86	69	55	43	35	28	
95				670	586	521	469	426	375	293	235	188	147	117	94	74	59	47	38	
120					667	593	533	485	427	333	267	213	167	133	107	85	67	53	43	
150							630	572	504	394	315	252	197	157	126	100	79	63	50	
185								664	585	457	365	292	228	183	146	116	91	73	58	
240										556	444	356	278	222	178	141	111	89	71	
300										667	533	427	333	267	213	169	133	107	85	

Tab. 2.39 - Protezione del cavo: lunghezza massima protetta in metri (Gewiss).

Tipo di distribuzione	Rapporto tra la sezione del conduttore di fase e quello del neutro	
	$\frac{S_{fase}}{S_{neutro}} = 1$	$\frac{S_{fase}}{S_{neutro}} = 2$
Trifase a 400 V bifase a 400 V senza neutro	1	--
Trifase 400 V con neutro	0,58	0,39
Monofase 230 V con neutro	0,58	--

Tab. 2.40 - Fattori di correzione da applicare alle lunghezze massime determinate mediante le tab. 2.38 e 2.39.



Le curve riportate esprimono l'energia passante in funzione della corrente di cortocircuito I_{cc} riferita alla corrente del dispositivo di protezione per i diversi modelli di interruttori.

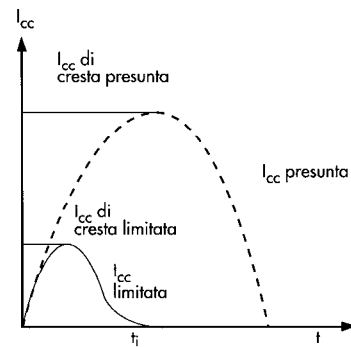


Fig. 2.53 - Curve dell'energia specifica passante I^2t degli interruttori modulari MTC serie 45, 60, 100, curva di intervento tempo-corrente tipo C (Gewiss).

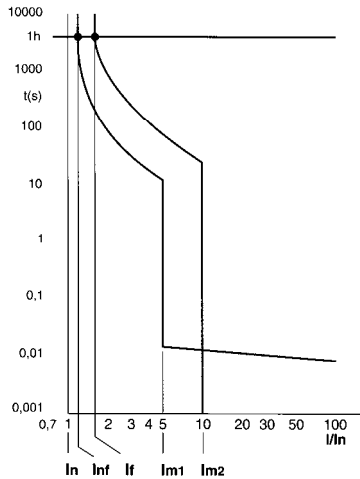
Le caratteristiche e le prestazioni degli interruttori automatici sono dettate dalla norma CEI EN 60898 (CEI 23-3) per gli apparecchi destinati ad impianti domestici e similari e dalla norma CEI EN 60947-2 per quelli destinati ad impianti industriali.

Per quanto riguarda la caratteristica di intervento e le differenze previste dalle norme per i due tipi di interruttori, vedere la tab. 2.41.

Sotto il profilo dell'intervento istantaneo, gli interruttori (per uso domestico e similare) sono classificabili in tre tipi, come indicato nella fig. 2.55, ai quali corrispondono altrettante caratteristiche di intervento.

	Correnti nominali	I_{nr}/I_n	I_f/I_n	Tempo convenzionale
CEI EN 60947-2 (per uso industriale)	≤63 A	1,05	1,30	1 h
	>63 A	1,05	1,30	2 h
CEI EN 60898 (CEI 23-3) (per uso domestico)	≤63 A	1,13	1,45	1 h
	>63 A	1,13	1,45	2 h
	ulteriore prova:			
	≤32 A	--	2,55	1÷60 s
>32 A	--	2,55	1÷120 s	

Tab. 2.41 - Confronto fra le caratteristiche di intervento degli interruttori automatici per uso domestico e quelli per uso industriale.



Legenda.

I_n = corrente nominale, rappresenta il valore unitario nella caratteristica d'intervento.

I_{nr} = corrente di non funzionamento, è il massimo valore di sovracorrente che non fa intervenire l'interruttore entro il tempo convenzionale.

I_f = corrente di funzionamento, è il valore minimo di sovracorrente che fa intervenire certamente l'interruttore entro il tempo convenzionale.

I_{m1} = minima sovracorrente che può far intervenire lo sganciatore elettromagnetico.

I_{m2} = minima sovracorrente che fa certamente intervenire lo sganciatore elettromagnetico.

Fig. 2.54 - Caratteristica di intervento di un interruttore automatico magnetotermico.

La caratteristica tipo B si addice alla protezione di carichi puramente resistivi (senza cioè spunti di corrente all'atto dell'alimentazione) come scaldabagni elettrici, apparecchi elettrici di riscaldamento, fornelli, ecc., mentre la C si utilizza per carichi misti, ovvero resistivi o limitatamente induttivi, come, per esempio, lampade fluorescenti e a scarica di gas rifasati.

La caratteristica tipo D è nuova per il mercato italiano. I valori particolarmente elevati della corrente di intervento la rendono adatta alla protezione di carichi fortemente induttivi o con elevate correnti di inserzione, come trasformatori, batterie di condensatori, motori asincroni.

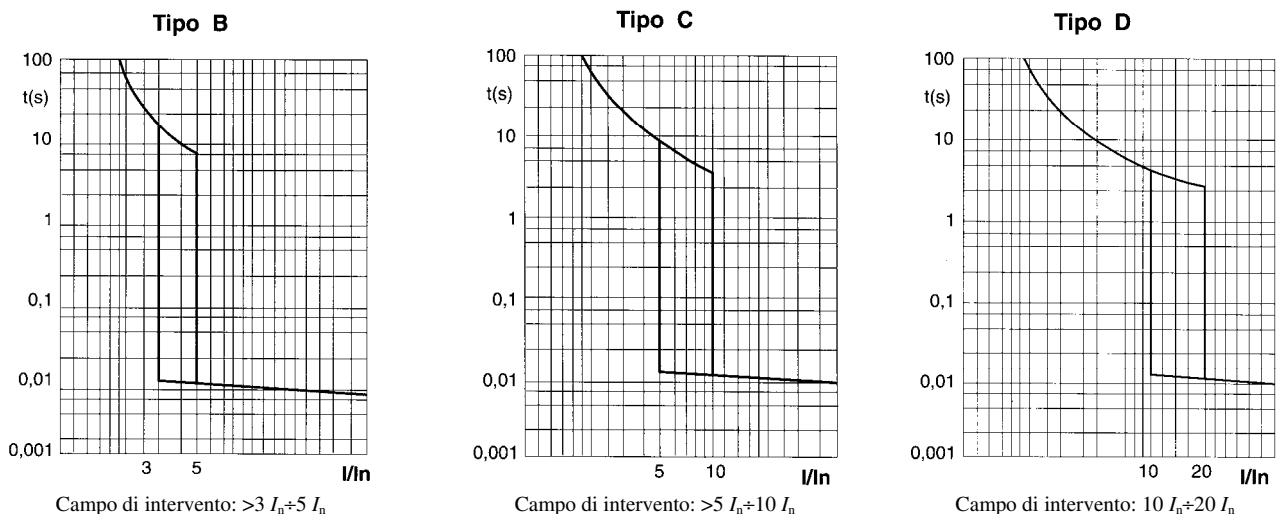


Fig. 2.55 - Confronto fra le caratteristiche di intervento dei tre differenti tipi di interruttore automatico magnetotermico per uso domestico e similare (norma CEI 23-3). I = corrente effettiva in linea, I_n = corrente nominale.

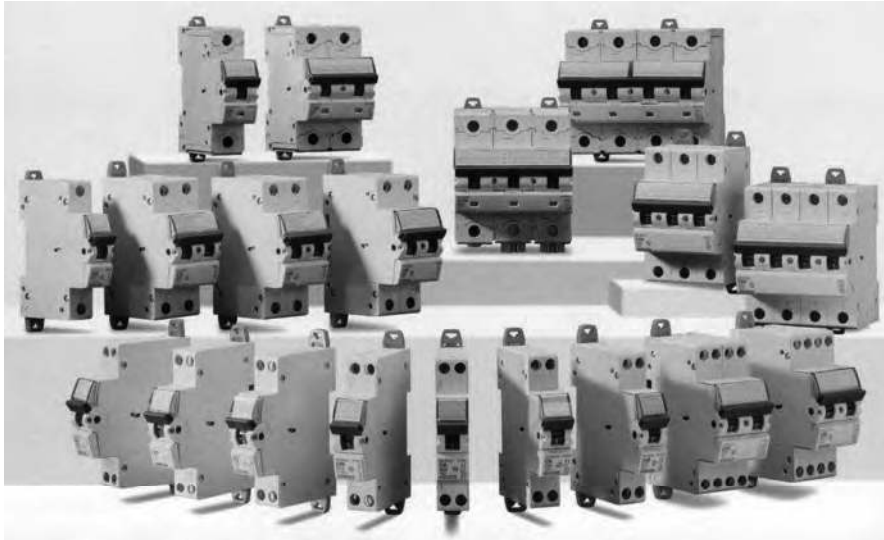
Il relè magnetico deve essere tarato a $(3÷5) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo B, $(5÷10) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo C e a $(10÷20) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo D. Il relè termico dell'interruttore deve provocare, entro il tempo di un'ora, lo sgancio per correnti $\geq 1,45 \cdot I_n$ (e non intervenire per correnti $\leq 1,13 \cdot I_n$); per una corrente di $2,55 \cdot I_n$, invece, deve intervenire in un tempo compreso tra 1 e 60 s.

Gli interruttori automatici per uso industriale vengono classificati in due categorie di utilizzazione che li differenziano sia sotto il profilo del potere di interruzione, che di una possibile installazione con caratteristiche di selettività verticale (ottenibile regolando il ritardo di intervento).

Di seguito vengono riportate le caratteristiche degli interruttori modulari magnetotermici che rispondono alle norme CEI EN 60898 e CEI EN 60947-2.

Sono caratterizzati dall'aver dispositivi di protezione contro le sovracorrenti aventi curve d'intervento diverse (B, C, D) in funzione delle applicazioni impiantistiche.

Queste curve si differenziano per il diverso campo di funzionamento degli sganciatori magnetici.



Gli interruttori automatici modulari sono disponibili nelle versioni:

- unipolare;
- bipolare con un polo protetto;
- bipolare con uno o due poli protetti;
- tripolare;
- quadripolare con tre o quattro poli protetti.

Principali caratteristiche:

- frequenza nominale: 50/60 Hz;
- tensione nominale: 400 V;
- corrente nominale massima: 125 A;
- potere di interruzione massimo: 25 kA;
- temperatura di riferimento: 30 °C.

Fig. 2.56 - Interruttori automatici magnetotermici modulari serie 90 (Gewiss).

Di seguito sono riepilogati i parametri principali, riportati nei grafici di fig. 2.54 e nella tab. 2.42:

- 1) I_n : corrente nominale di funzionamento che non deve provocare l'intervento dell'interruttore. Rappresenta la corrente nominale di impiego ovvero la corrente che l'apparecchio può sopportare in servizio ininterrotto e corrisponde anche alla corrente termica dell'interruttore.
- 2) I_{nf} : corrente convenzionale di non intervento è quella corrente che l'interruttore deve poter sopportare senza intervenire.
- 3) I_f : corrente convenzionale di intervento che rappresenta la corrente che sicuramente provoca l'intervento dell'apparecchio entro il tempo convenzionale.
- 4) I_m : corrente di intervento istantaneo è la minima corrente che sicuramente provoca l'intervento dello sganciatore elettromagnetico.
- 5) U_e : tensione di progetto che il costruttore prescrive unitamente alla corrente nominale. Ogni apparecchio può avere diverse tensioni nominali di impiego in relazione al servizio ed alle prestazioni che deve svolgere.
- 6) U_i : tensione per il quale è stato dimensionato e verificato con prove, rappresenta l'isolamento elettrico dell'apparecchio.
- 7) I_{cn} : corrente di cortocircuito massima che l'apparecchio è in grado di interrompere per due volte secondo un determinato ciclo.

Nel tratto compreso tra I_{nf} e I_f , l'intervento è incerto. Prima del limite I_{nf} non si dovrebbe avere possibilità di intervento degli sganciatori. Dopo il limite verticale di I_f , l'intervento sarà sicuro.

Caratteristica di intervento	Corrente nominale I_n	Correnti di prova					
		Intervento termico			Intervento elettromagnetico		
		Corrente di non intervento I_{nf}	Corrente di intervento I_f	Tempo di intervento	Corrente di prova intervento I_{m1}	Corrente di prova intervento I_{m2}	Tempo di intervento
B	da 6 a 63 A	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$> 1 \text{ h}$ $< 1 \text{ h}$	$3 I_n$	$5 I_n$	$> 0,1 \text{ s}$ $< 0,1 \text{ s}$
C	da 1 a 125 A	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$> 1 \text{ h}$ $< 1 \text{ h}$	$5 I_n$	$10 I_n$	$> 0,1 \text{ s}$ $< 0,1 \text{ s}$
D	da 6 a 100 A da 6 a 100 A	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$> 1 \text{ h}$ $< 1 \text{ h}$	$10 I_n$	$20 I_n$	$> 0,15 \text{ s}$ $< 0,15 \text{ s}$

Tab. 2.42 - Correnti di prova a seconda delle caratteristiche di intervento B, C, D (Gewiss).

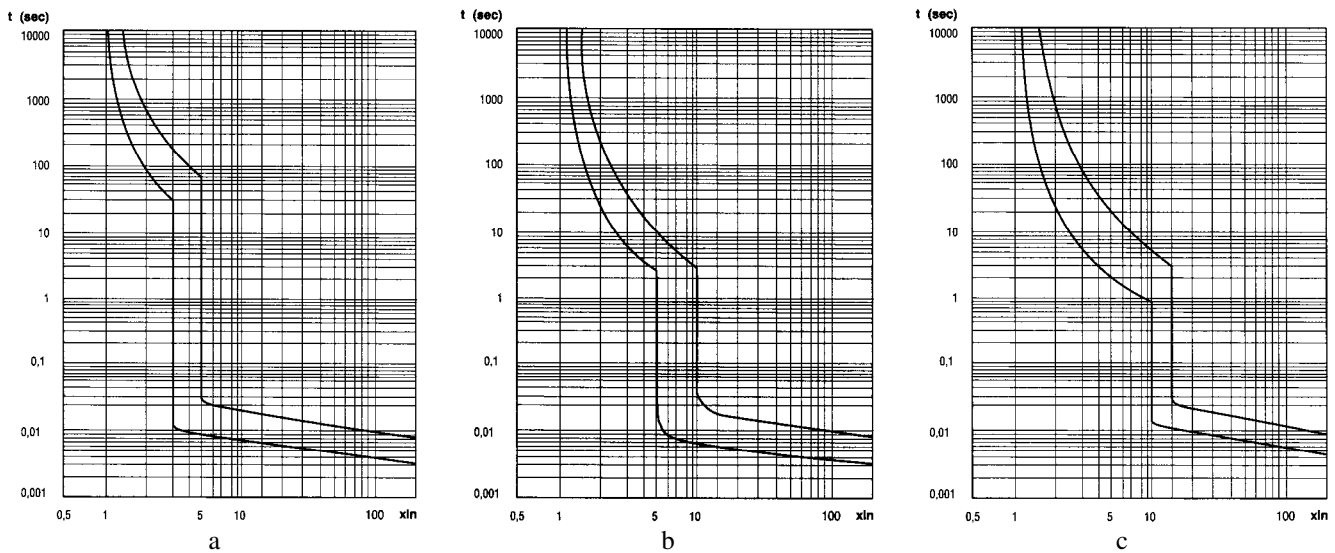


Fig. 2.57 - Curve di intervento tempo-corrente degli interruttori modulari serie 90: a) Caratteristica B - b) Caratteristica C - c) Caratteristica D (Gewiss). La zona di intervento è compresa tra le due curve. Multipli della corrente nominale dell'interruttore: x_{in} .

In situazioni impiantistiche dove la temperatura ambiente è di valore superiore al riferimento normativo di 30 °C, gli interruttori automatici possono essere soggetti ad interventi intempestivi, cioè ad aperture inopportune, in quanto l'innalzamento della temperatura viene interpretato quale sovracorrente.

Infatti, la temperatura ambiente influenza la deformazione iniziale del bimetallo; ad una temperatura maggiore di 30 °C, lo sganciatore termico interviene in tempi più brevi, comportandosi come un relè con una corrente nominale più bassa. Pertanto, è indispensabile tener conto del declassamento della corrente nominale, qualora l'interruttore si trovi ad operare in un ambiente con una temperatura di 30 °C.

La tab. 2.43 riporta le massime correnti di utilizzo riferite alle diverse temperature.

Anche il funzionamento simultaneo di parecchi interruttori accostati può provocare un rialzo di temperatura. È necessario ridurre la corrente di intervento o inserire, tra gli apparecchi, un elemento di separazione.

Il fattore di moltiplicazione F_c dipende dal numero di apparecchi adiacenti: 1, $F_c = 1$; da 2 a 3, $F_c = 0,87$; da 4 a 5, $F_c = 0,82$; da 6 a 9, $F_c = 0,77$; >9, $F_c = 0,75$.

INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI COMPATTI MTC 45 - 60 - 100						
I_n (A)	Temperature					
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
6	7,2	6,6	6	5,7	5,3	5
10	11,8	10,8	10	9,6	9,1	8,6
13	15	14	13	12,4	11,7	11
16	18,2	17,2	16	15,2	14,3	13,4
20	22,8	21,4	20	19,5	18,9	18,4
25	28,5	26,8	25	24	23	22
32	36,5	34,2	32	30,8	29,5	28,8

Tab. 2.43 - Correnti di utilizzo degli interruttori automatici alle diverse temperature ambiente (Gewiss).

Gli interruttori scatolati di tipo tripolare o quadripolare (fig. 2.58a), per le loro caratteristiche di modularità, risultano adatti per essere inseriti nei moderni sistemi di protezione per impianti elettrici.

Questi apparecchi sono corredati di sganciatori termici e magnetici per la protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito. Sono disponibili modelli con una corrente nominale I_n da 160 a 1600 A.

Nei tipi con corrente di impiego non molto elevata, gli sganciatori termici sono regolabili, mentre quelli magnetici sono ad intervento istantaneo per un valore fisso di corrente.

Gli interruttori scatolati sono caratterizzati da: dimensioni di ingombro compatte, elevato grado di standardizzazione, limitazione della corrente di guasto (anche nei tipi non limitatori), possibilità di realizzare il coordinamento delle protezioni.

Sono caratterizzati dalla presenza di sganciatori elettronici a microprocessore, come mostrato in fig. 2.58b: tramite trasformatori amperometrici (TA), rilevano il valore efficace delle forme d'onda delle correnti dell'impianto.

Questi valori vengono elaborati da un'unità elettronica di protezione che, in caso di sovraccarico, cortocircuito e guasto verso terra, attiva uno sganciatore che agisce sul dispositivo di sgancio dell'interruttore, provocandone l'apertura.

Di particolare importanza, in queste apparecchiature elettroniche, è l'affidabilità e l'immunità da qualsiasi disturbo di tipo elettromagnetico, al fine di garantire un sicuro funzionamento ed evitare interventi non voluti.

Gli sganciatori elettronici consentono un numero elevato di regolazioni sia della corrente che del tempo di intervento, consentendo così di raggiungere un elevato grado di selettività fra le grandezze della stessa gamma di apparecchiature.

In particolare, le apparecchiature mostrate nella fig. 2.58 consentono le seguenti funzioni protettive:

- **L** protezione contro il sovraccarico a lungo tempo inverso;
- **S** protezione selettiva contro il cortocircuito a tempo breve inverso o dipendente o fisso indipendente;
- **I** protezione istantanea contro i cortocircuiti;
- **G** protezione contro il guasto verso terra a tempo breve inverso o dipendente o regolabile indipendente.

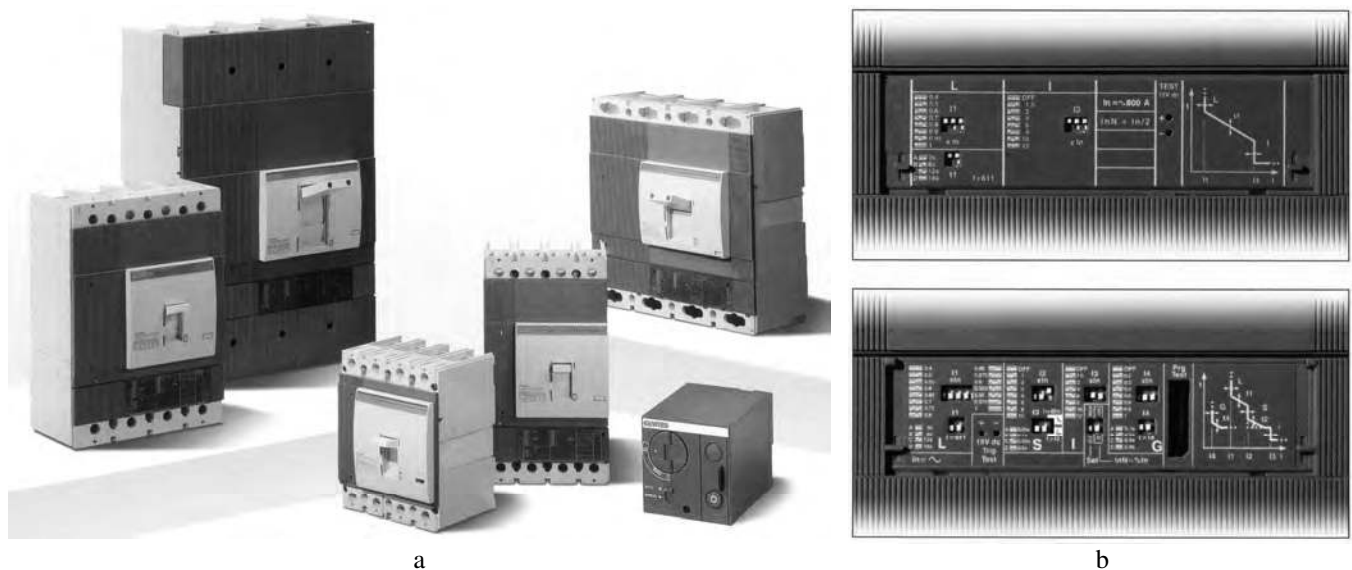


Fig. 2.58 - Interruttori scatolati per la distribuzione di potenza: a) Serie MTSE - b) Esempi di sganciatori elettronici. Nella figura sono presenti i microswitch per l'impostazione delle funzioni protettive L, S, I, G (Gewiss).

2.11 Rifasamento

In un impianto elettrico utilizzatore, la potenza realmente impiegata dall'utente corrisponde alla potenza attiva (P) fornita dall'Ente distributore, mentre il dimensionamento di tutte le macchine elettriche e le linee di trasmissione va fatto in funzione della potenza apparente (S), che dipende dalla potenza attiva e da quella reattiva (Q).

La potenza reattiva, che non può essere trasformata in energia meccanica o termica (energia attiva), serve solo per creare il campo magnetico necessario al funzionamento dei motori elettrici, dei trasformatori, dei reattori necessari per alimentare le lampade a scarica nei gas, delle saldatrici, ecc.

Per l'Ente distributore assumersi il compito di produrre e trasmettere la potenza reattiva richiesta dagli impianti utilizzatori significa avere una serie di maggiori oneri, riassumibili nei seguenti due punti:

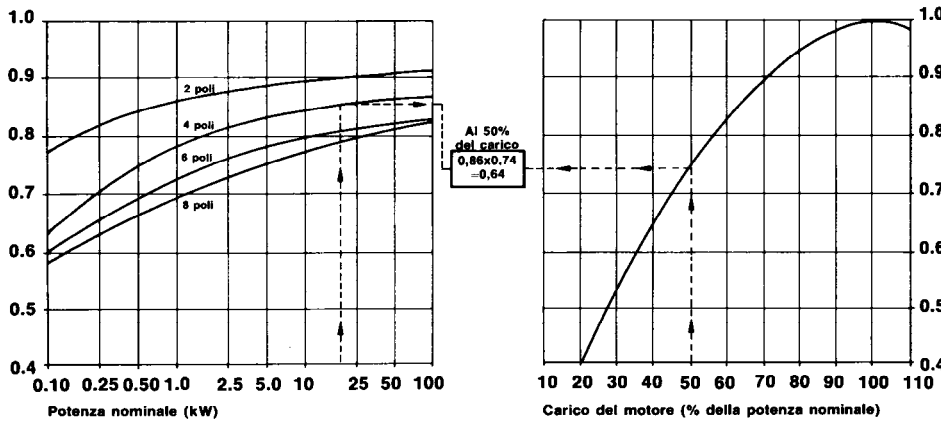
- sovradimensionamento delle linee e delle macchine elettriche costituenti le linee di trasmissione (per esempio, trasformatori);
- maggiori perdite per effetto Joule e più elevate cadute di tensione nelle macchine e nelle linee.

Nello studio degli impianti di rifasamento gioca un ruolo importante il valore del fattore di potenza $\cos \varphi$, che è il rapporto tra la potenza attiva e quella apparente: è uguale a 1 in presenza di carichi che non richiedono potenza reattiva (per esempio, carichi puramente ohmici come le lampade ad incandescenza) e inferiore a 1 quando l'Ente distributore deve fornire anche l'energia reattiva.

Quando la potenza attiva è di molto inferiore alla potenza apparente, si ha un basso fattore di potenza ($\cos \varphi$).

Le cause che in un impianto possono determinare un basso $\cos \varphi$ sono molteplici, come delineato nelle righe che seguono.

- Motori asincroni monofase e trifase:** assorbono una corrente magnetizzante, in genere pari al 20% della corrente nominale; questi motori sono in pratica dei carichi ohmico-induttivi aventi un fattore di potenza variabile a seconda della potenza erogata. Per un motore normale, il fattore di potenza a pieno carico in funzione della potenza nominale è indicato, di seguito, dal grafico di sinistra; per altri carichi, il fattore di potenza è normalmente inferiore, secondo un coefficiente che può essere ricavato mediante il grafico di destra della fig. 2.59. Per avere il fattore di potenza ad ogni carico occorre moltiplicare il fattore di potenza a pieno carico per il coefficiente ricavabile dal grafico di destra. Nell'esempio riportato viene calcolato il fattore di potenza di un motore da 18 kW a 4 poli funzionante al 50% del carico.



Il fattore di potenza indica quanto la corrente assorbita dal motore per le sue necessità di funzionamento è maggiore di quella che corrisponderebbe strettamente alla potenza elettrica assorbita. Per calcolare la corrente assorbita dal motore è perciò necessario conoscere il suo fattore di potenza.
 Nota: quando il motore funziona a vuoto, il fattore di potenza è molto basso: a seconda dei motori esso è compreso tra 0,1 e 0,2.

Fig. 2.59 - Determinazione del fattore di potenza di un motore asincrono trifase.

- Trasformatori:** assorbono una certa quantità di potenza reattiva induttiva, praticamente costante al variare del carico. L'andamento del fattore di potenza in funzione del carico è simile a quella del motore asincrono, però l'assorbimento di potenza reattiva, a causa del minore traferro, è più ridotto. Mediamente, la corrente magnetizzante varia dal 4% all'8% della corrente nominale.
- Impianti di saldatura elettrica:** essi hanno un $\cos \varphi$ molto basso (circa 0,5) a causa della presenza di un'elevata reattanza del circuito di saldatura e delle particolari caratteristiche dei trasformatori.
- Forni ad induzione:** in cui il metallo fuso forma una spira chiusa concatenata con il flusso magnetico, con un'elevata caduta di tensione induttiva. Il valore del fattore di potenza può arrivare in alcuni casi a 0,1 o meno.
- Lampade a scarica nei gas (al neon, al sodio, al mercurio):** data la presenza del reattore, sono in pratica dei carichi ohmico-induttivi. Il valore del $\cos \varphi$ vale 0,5; normalmente, però, gli apparecchi illuminanti sono dotati di un proprio condensatore di rifasamento in parallelo all'alimentazione che porta il valore a $0,86 \div 0,93$.

Tipo di apparecchiatura		Fattore di potenza $\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
Motore asincrono trifase:			
		0,17	5,80
	Fattore di carico %	0,55	1,52
		0,73	0,94
		0,80	0,75
	0,85	0,62	
Lampada a incandescenza		$\cong 1$	$\cong 0$
Lampada fluorescente non rifasata		$\approx 0,5$	$\approx 1,73$
Lampada fluorescente rifasata		$0,86 \div 0,93$	$0,59 \div 0,39$
Lampada a scarica		$0,4 \div 0,6$	$2,29 \div 1,33$
Forni a resistenza		$\cong 1$	$\cong 0$
Saldatura a punti		$0,8 \div 0,9$	$0,75 \div 0,48$
Saldatura ad arco alimentata:	gruppo statico monofase	$\approx 0,5$	$\approx 1,73$
	trasformatore-raddrizzatore	$0,7 \div 0,8$	$1,02 \div 0,75$

Tab. 2.44 - Fattore di potenza $\cos \varphi$ di alcune apparecchiature.

L'Ente distributore, in funzione della potenza reattiva richiesta o del $\cos \varphi$ dell'impianto, applica all'utente tariffe differenziate; precisamente, dato che minor $\cos \varphi$ significa maggiore potenza reattiva e, quindi, maggiori oneri finanziari, vengono applicate delle penalità quando il fattore di potenza scende al di sotto di valori prefissati (la normativa prevede per gli impianti con una potenza elettrica impegnata maggiore di 15 kW il controllo del fattore di potenza ed eventualmente il rifasamento).

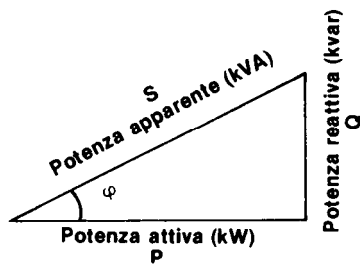
A tale proposito, è stato stabilito che, per le utenze in bassa tensione con potenza impegnata maggiore di 15 kW, venga applicata una tariffa anche per la potenza reattiva e in particolare:

- per $\cos \varphi < 0,7$ vi è l'obbligo del rifasamento;
- per $0,7 \leq \cos \varphi < 0,9$ non c'è obbligo di rifasamento, ma l'utente paga una quota di energia reattiva; la decisione se effettuare o meno il rifasamento deve essere presa in base a criteri di convenienza economica, valutando la spesa annua sopportata per l'energia reattiva, il costo dell'impianto di rifasamento, la durata dello stesso e il tempo occorrente per ammortizzare la spesa;
- per $\cos \varphi \geq 0,9$ non c'è obbligo di rifasamento e non si paga nessuna quota di energia reattiva.

Il problema della regolazione del fattore di potenza, se per l'ente distributore significa possibilità di maggiore disponibilità di potenza negli impianti di trasmissione e minori oneri per il dimensionamento degli stessi, per l'utilizzatore costituisce uno dei criteri fondamentali per una razionale ed economica gestione dell'impianto.

Il fattore di potenza si può determinare mediante appositi strumenti oppure in base alle letture del contatore di energia attiva e del contatore di energia reattiva.

Sono già stati richiamati i concetti di potenza ed energia attiva; aggiungiamo che la potenza reattiva (che produce, nel tempo, energia reattiva) è quella impegnata per far funzionare i circuiti magnetici delle macchine elettriche. Potenza apparente, potenza attiva e potenza reattiva stanno tra loro come l'ipotenusa e i cateti di un triangolo rettangolo.



Il teorema di Pitagora consente di calcolare una delle tre grandezze se sono note le altre due. Infatti, usando i simboli della figura:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \qquad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Osservando il triangolo, si vede che, a parità di potenza attiva P, la potenza apparente aumenta con il crescere della potenza reattiva Q e dell'angolo φ fra P e S.

Sempre osservando la figura, è possibile scrivere, utilizzando nozioni elementari di trigonometria, che:

$$P = S \cdot \cos \varphi \qquad Q = S \cdot \sin \varphi \qquad Q/P = \tan \varphi$$

In particolare, si ha che: $\cos \varphi = P/S$.

Se si indica con E_r e E_a , rispettivamente, l'energia reattiva (in kvarh) e attiva (in kWh) consumate in un certo periodo e dedotte dalle letture dei rispettivi contatori e si effettua il rapporto E_r/E_a , utilizzando apposite tabelle, è possibile ottenere direttamente il valore del fattore di potenza medio nel periodo considerato.

Fig. 2.60 - Relazione tra la potenza apparente (S), la potenza attiva (P) e la potenza reattiva (Q).

Per determinare in un dato istante il fattore di potenza, si può contare il numero dei giri del disco di ciascuno dei due contatori di energia (attiva e reattiva) in un minuto.

Se, per esempio, vengono contati 22 giri sul contatore di energia attiva e 20 giri sul contatore di energia reattiva, tenendo conto dei rapporti dei riduttori di tensione e di corrente e delle costanti rilevabili dalle targhe (2100 giri/kWh e 1800 giri/kvarh), si ottiene:

$$E_a = 22/2100 \cdot 15/0,10 \cdot 10/5 = 3,14 \text{ kWh}$$

$$E_r = 20/1800 \cdot 15/0,10 \cdot 10/5 = 3,33 \text{ kvarh}$$

$$\cos \varphi = E_a / \sqrt{E_a^2 + E_r^2}$$

$$\cos \varphi = 3,14 / \sqrt{3,14^2 + 3,33^2} = 0,69$$



a



b

TRASF. TENS. RAPP. =	15/0,10 KV
TRASF. CORR. RAPP. =	10/5 A
COSTANTE (K.) =	300
IND. MAX.: 1 DIV. =	3 KW

Fig. 2.61 - a) Esempi di dati di targa di un contatore di energia attiva e di uno di energia reattiva - b) Esempio di caratteristiche dei riduttori di tensione e di corrente (ENEL).

Di seguito viene invece presentata una tabella che consente di determinare il fattore di potenza dalle letture del consumo mensile dei contatori di energia reattiva (E_r) e attiva (E_a).

Se si rileva un consumo mensile di 5000 kWh e 3400 kvarh, il rapporto E_r/E_a sarà uguale a 3400/5000 ossia 0,68. Utilizzando la tab. 2.45, in corrispondenza di tale valore, si ottiene un fattore di potenza uguale a $\cos \varphi = 0,83$.

E_r / E_a	$\cos \varphi$	E_r / E_a	$\cos \varphi$	E_r / E_a	$\cos \varphi$	E_r / E_a	$\cos \varphi$	E_r / E_a	$\cos \varphi$
0,11 ÷ 0,17	0,99	0,50 ÷ 0,52	0,89	0,77 ÷ 0,79	0,79	1,04 ÷ 1,06	0,69	1,36 ÷ 1,38	0,59
0,18 ÷ 0,23	0,98	0,53 ÷ 0,55	0,88	0,80 ÷ 0,81	0,78	1,07 ÷ 1,09	0,68	1,39 ÷ 1,42	0,58
0,24 ÷ 0,27	0,97	0,56 ÷ 0,58	0,87	0,82 ÷ 0,84	0,77	1,10 ÷ 1,12	0,67	1,43 ÷ 1,46	0,57
0,28 ÷ 0,31	0,96	0,59 ÷ 0,60	0,86	0,85 ÷ 0,86	0,76	1,13 ÷ 1,15	0,66	1,47 ÷ 1,50	0,56
0,32 ÷ 0,34	0,95	0,61 ÷ 0,63	0,85	0,87 ÷ 0,89	0,75	1,16 ÷ 1,18	0,65	1,51 ÷ 1,54	0,55
0,35 ÷ 0,38	0,94	0,64 ÷ 0,66	0,84	0,90 ÷ 0,92	0,74	1,19 ÷ 1,21	0,64	1,55 ÷ 1,58	0,54
0,39 ÷ 0,41	0,93	0,67 ÷ 0,68	0,83	0,93 ÷ 0,95	0,73	1,22 ÷ 1,25	0,63	1,59 ÷ 1,62	0,53
0,42 ÷ 0,44	0,92	0,69 ÷ 0,71	0,82	0,96 ÷ 0,97	0,72	1,26 ÷ 1,28	0,62	1,63 ÷ 1,66	0,52
0,45 ÷ 0,47	0,91	0,72 ÷ 0,73	0,81	0,98 ÷ 1,00	0,71	1,29 ÷ 1,31	0,61	1,67 ÷ 1,71	0,51
0,48 ÷ 0,49	0,90	0,74 ÷ 0,76	0,80	1,01 ÷ 1,03	0,70	1,32 ÷ 1,35	0,60	1,72 ÷ 1,75	0,50

Tab. 2.45 - Determinazione del fattore di potenza dalle letture dei contatori di energia reattiva (E_r) e attiva (E_a) (ENEL).

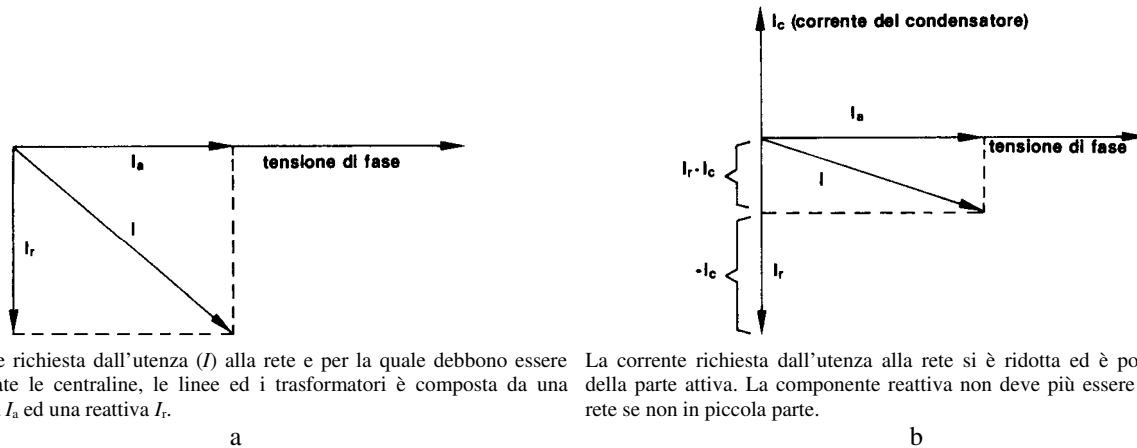
Si può migliorare il fattore di potenza utilizzando le macchine in modo razionale. In particolare:

- usando i motori e trasformatori correttamente dimensionati, in modo che non debbano funzionare troppo a lungo a carico ridotto;
- non lasciando motori e trasformatori in funzione senza carico;
- non mantenendo in funzione motori difettosi.

Quando accorgimenti come quelli ora citati non migliorano sufficientemente il fattore di potenza, occorre rifasare. Per rifasare si ricorre normalmente ai condensatori statici. Infatti, la potenza reattiva impegnata dai carichi induttivi di un impianto utilizzatore, invece di essere prodotta e trasmessa con i conseguenti oneri dall'Ente distributore, può essere resa disponibile presso l'apparecchio utilizzatore semplicemente allacciando alla rete un condensatore; esso, assorbendo una corrente in opposizione di fase con la corrente assorbita dai carichi induttivi, funziona in pratica da generatore di potenza reattiva nei confronti dei carichi induttivi posti a valle, innalzando, in proporzione alla loro potenza, il fattore di potenza del sistema.

Questo apporto di potenza reattiva, a parità di potenza attiva, consente:

- una diminuzione della potenza reattiva richiesta alla rete;
- una conseguente diminuzione della potenza apparente e, quindi, della corrente richiesta;
- minori cadute di tensione e minori perdite negli impianti a monte e, in particolare, nei conduttori di alimentazione.



La corrente richiesta dall'utenza (I) alla rete e per la quale debbono essere dimensionate le centraline, le linee ed i trasformatori è composta da una parte attiva I_a ed una reattiva I_r .

La corrente richiesta dall'utenza alla rete si è ridotta ed è poco maggiore della parte attiva. La componente reattiva non deve più essere fornita dalla rete se non in piccola parte.

Fig. 2.62 - Rappresentazione vettoriale della corrente richiesta dall'utenza prima (a) e dopo il rifasamento (b).

Lampada tubolare fluorescente	Motore trifase
Lampada tubolare fluorescente da 40 W (50 W con il reattore), alimentata a 230 V.	Motore trifase da 7500 W, alimentato a 400 V con un rendimento di 0,8 a pieno carico.
<ul style="list-style-type: none"> • Se il fattore di potenza fosse 1 assorbirebbe una corrente di: $50/230 = 0,21$ A • Invece, con il fattore di potenza di 0,6, la corrente assorbita risulta: $0,21/0,6 = 0,36$ A cioè circa il 58% in più. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se il fattore di potenza fosse 1 assorbirebbe una corrente di: $7500/(1,732 \cdot 400 \cdot 0,8) = 13,53$ A (il fattore $\sqrt{3} \cong 1,732$ compare perché il motore è trifase) • Invece, con il fattore di potenza di 0,84, il motore assorbe: $13,53/0,84 = 16,30$ A cioè circa il 20% in più.

Tab. 2.46 - Esempi di influenza del basso fattore di potenza sul prelievo di corrente dalla rete di distribuzione.

L'ideale sarebbe avere un fattore di potenza di poco superiore a 0,9 per non pagare le penalità previste dalla legge e, nello stesso tempo, per non correre il rischio di avere, con un $\cos \varphi$ troppo prossimo all'unità, un fattore di potenza in anticipo quando l'apparecchio rifasato lavora a basso carico. In nessun caso, comunque, secondo le vigenti normative, l'impianto dell'utente deve erogare potenza reattiva alla rete.

I criteri secondo cui effettuare il rifasamento sono molteplici e la loro scelta è in funzione della natura dei carichi, della loro distribuzione nell'impianto, del tipo di servizio e dell'andamento giornaliero del carico.

Si deve innanzi tutto scegliere tra rifasamento distribuito, per gruppi o centralizzato.

Potenza nominale [kW]	Potenza capacitiva [kvar]				
	2 poli	4 poli	6 poli	8 poli	12 poli
2,2	1	1	1	1,5	1,5
3,7	1,5	1,5	1,5	2	2
7,5	3,5	4	4	4	5
11	4	5	6	6	10
15	5	6	7	7	12
22	7,5	10	10	12,5	15
30	10	12,5	15	15	20
37	15	15	15	20	25
55	15	20	20	25	30
74	25	30	35	35	40
110	40	40	45	50	60
148	45	50	50	60	80
162	45	50	60	70	80

Tab. 2.47 - Potenza capacitiva necessaria per il rifasamento singolo dei motori asincroni trifase in funzione della potenza nominale e del numero dei poli per ottenere un fattore di potenza non inferiore a 0,9.

Nel primo caso, le unità di rifasamento sono disposte nelle immediate vicinanze di ogni singolo carico che si vuole rifasare. Ciò è ottenibile, per esempio, allacciando direttamente i condensatori ai morsetti delle utenze che richiedono potenza reattiva induttiva.

Il rifasamento distribuito è, in linea di principio, la soluzione tecnica preferibile: condensatore e apparecchio utilizzatore seguono esattamente le stesse vicende durante l'esercizio giornaliero dei carichi, per cui la regolazione del $\cos \varphi$ diviene sistematica ed automatica.

Inoltre, rifasando "localmente" non è solo l'Ente distributore che beneficia di uno sgravio di energia reattiva, ma anche tutta la distribuzione interna dell'utente.

Negli impianti industriali, per esempio, il risparmio conseguibile con il rifasamento distribuito, oltre che sotto forma tariffaria, si manifesta anche nel dimensionamento di tutte le linee interne allo stabilimento che collegano la cabina MT/BT con i carichi rifasati.

Un altro vantaggio relativo al rifasamento distribuito è l'installazione semplice e poco costosa, poiché condensatore e carico vengono inseriti e disinseriti contemporaneamente e possono usufruire delle stesse protezioni contro sovraccarichi e cortocircuiti. In definitiva, in rifasamento distribuito:

- permette di ridurre le perdite e le cadute di tensione in tutti i conduttori sino ai morsetti dell'apparecchio utilizzatore (ed è, quindi, fonte di economie nella realizzazione dell'impianto dell'utente);
- non richiede, salvo casi particolari, organi di protezione e di manovra appositi per il condensatore, perché si fa uso degli apparecchi di manovra dell'impianto da rifasare.

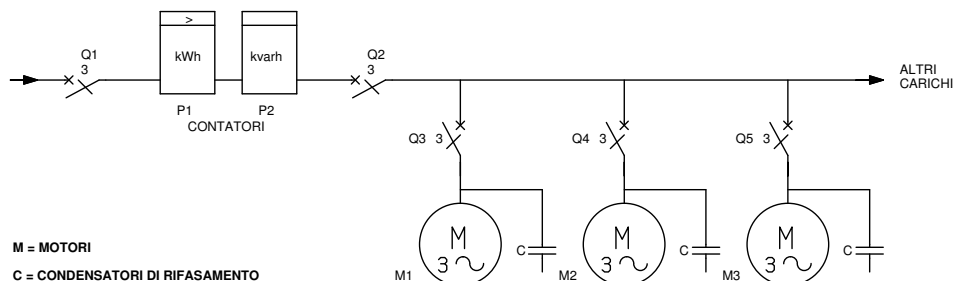


Fig. 2.63 - Esempio di schema di rifasamento distribuito.

Se però gli apparecchi da rifasare sono molti e non vengono usati contemporaneamente, questa soluzione può risultare meno economica di quelle esposte di seguito.

Il rifasamento per gruppi consiste nell'installare uno o più condensatori di potenza complessiva adeguata per ogni gruppo di apparecchi alimentati da uno stesso cavo o disposti in uno stesso reparto.

I condensatori possono essere inseriti o disinseriti secondo le necessità da un regolatore automatico di $\cos \varphi$.

Nel rifasamento centralizzato si installa un'unica batteria di condensatori a monte di tutti i carichi da rifasare e immediatamente a valle del punto di misura del fattore di potenza, per esempio, nella cabina di trasformazione MT/BT o in prossimità del quadro generale dell'impianto. L'andamento giornaliero dei carichi ha un'importanza fondamentale per la scelta del tipo di rifasamento più conveniente.

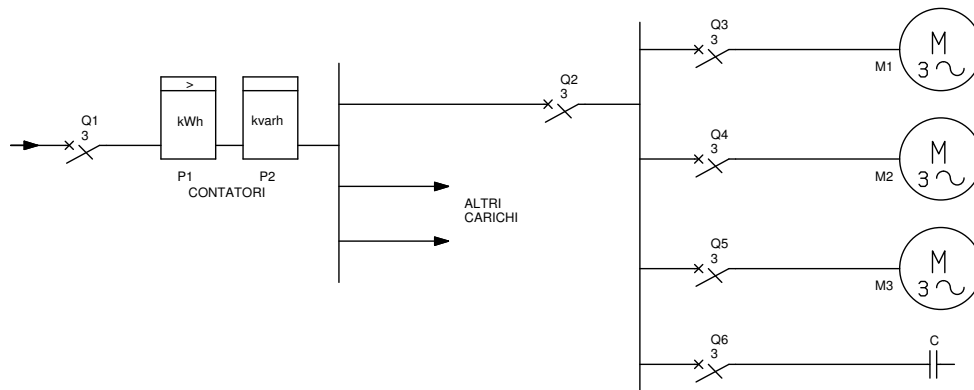


Fig. 2.64 - Esempio di schema di rifasamento per gruppi.

Vi sono molti impianti in cui non tutte le utenze vengono utilizzate contemporaneamente, ed alcune funzionano solo poche ore al giorno. In questi impianti è evidente che la soluzione del rifasamento distribuito diventa troppo onerosa a causa del costo complessivo dei condensatori: per avere i condensatori necessari ad ottenere $\cos \varphi = 0,9$ nel caso, raro, di utilizzo contemporaneo di tutti i carichi, si lascerebbero molti condensatori per lungo tempo inutilizzati.

In definitiva, il rifasamento distribuito conviene quando la maggior parte della potenza reattiva richiesta è concentrata in pochi grossi carichi che lavorano parecchie ore al giorno.

Il rifasamento centralizzato conviene, invece, nel caso di impianti con molti carichi eterogenei che lavorano saltuariamente, per cui si ha un'elevata potenza installata e un assorbimento medio di energia da parte dei carichi in servizio contemporaneo abbastanza modesto; con il rifasamento centralizzato, in questo caso, la potenza della batteria risulta notevolmente inferiore alla potenza complessiva che sarebbe necessaria prevedendo il rifasamento distribuito, tenendo anche presente che il costo per kvar di un condensatore di grossa potenza è inferiore a quello di piccoli condensatori.

La batteria può essere collegata permanentemente solo se l'assorbimento di energia reattiva è abbastanza regolare durante la giornata, altrimenti deve essere variata per evitare di avere il $\cos \varphi$ in anticipo.

Quando l'assorbimento di potenza reattiva è molto variabile durante il funzionamento dell'impianto, è necessaria una regolazione automatica con una batteria frazionata in più gradini. La manovra manuale è consigliabile quando la batteria deve essere azionata, per esempio, due volte al giorno.

La batteria deve essere inserita all'inizio del periodo di lavoro e disinserita al termine dello stesso, per evitare di fornire alla rete, nei periodi di inattività dello stabilimento, potenza reattiva.

Se la richiesta di potenza reattiva ha escursioni notevoli, è necessario prevedere un comando automatico di inserzione e disinserione dei condensatori. Questo schema di rifasamento appare il più semplice, ma non riduce le cadute di tensione e le perdite nell'impianto a valle, cioè all'interno dello stabilimento.

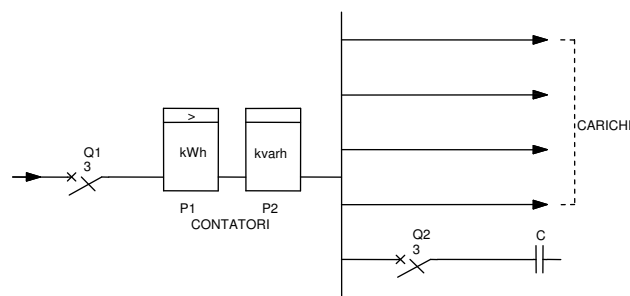


Fig. 2.65 - Esempio di schema di rifasamento centralizzato.

Nella pratica risulta spesso opportuno ricorrere ad un rifasamento misto, distribuito in parte presso gli apparecchi utilizzatori maggiori, in parte all'inizio di certi cavi che alimentano gruppi di apparecchi e per la restante parte centralizzato a valle del gruppo di misura.

Riguardo alle grandezze caratteristiche dei condensatori, può essere utile ricordare che i valori assunti sono in funzione del tipo di sistema (monofase e trifase) e del tipo di collegamento (trifase a stella o a triangolo).

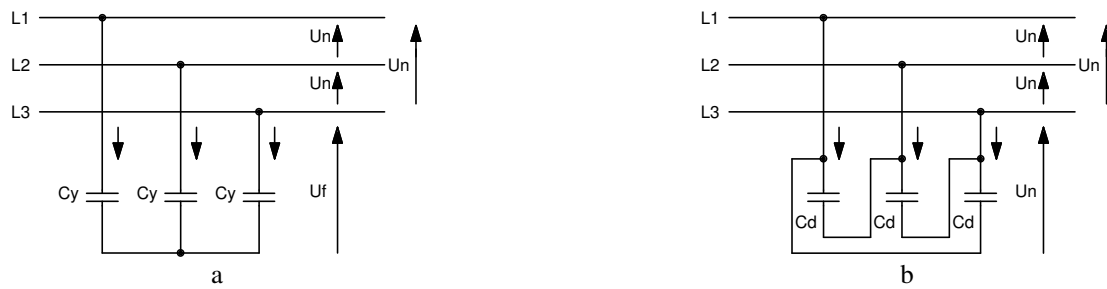


Fig. 2.67 - Collegamento dei condensatori di rifasamento: a) a stella - b) a triangolo.

I dati caratteristici di un condensatore, forniti dalla sua targa, sono:

- tensione nominale U_n , che il condensatore deve poter sopportare indefinitamente;
- frequenza nominale f_n (comunemente pari a quella di rete, 50 Hz);
- potenza nominale Q_n , espressa generalmente in kvar (potenza reattiva della batteria di condensatori).

Dai dati di targa, le grandezze caratteristiche del condensatore possono essere ricavate con le seguenti formule:

- per un'unità monofase, la capacità C della batteria di condensatori è:

$$C = Q_n / 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot U_n^2$$

e la corrente nominale:

$$I_n = 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C \cdot U_n$$

- per ciascuno dei tre condensatori di una unità trifase, si ha invece, (U_n = tensione concatenata del sistema):

1) con il collegamento a stella (y)

$$C_y = Q_n / 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot U_n^2;$$

$$I_n = I_l = 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C_y \cdot U_n / \sqrt{3}$$

2) con il collegamento a triangolo (Δ)

$$C_Δ = Q_n / 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot U_n^2;$$

$$I_n = 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C_Δ \cdot U_n; \quad I_l = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C_Δ \cdot U_n$$

dove I_n è la corrente che attraversa il condensatore e I_l è la corrente di linea.

Da quanto esposto precedentemente, si deduce che, a parità di potenza reattiva, la connessione a stella richiede capacità 3 volte superiori e sottopone i condensatori ad una tensione $\sqrt{3}$ volte minore.

È per questi motivi che viene normalmente utilizzato il collegamento a triangolo per gli impianti funzionanti in bassa tensione, mentre si preferisce utilizzare il collegamento a stella per gli impianti a media ed alta tensione.

Ragionando, invece, a parità di capacità, cioè con gli stessi 3 condensatori, se il collegamento è a stella la potenza reattiva fornita è 3 volte minore (essendo $\sqrt{3}$ volte minore sia la corrente che la tensione sul condensatore) rispetto al caso di collegamento a triangolo.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, i normali condensatori per rifasamento a bassa tensione sono costituiti da elementi capacitivi immersi in olio speciale e contenuti in cassette metalliche ermeticamente chiuse. Ogni cassetta è provvista di morsetti di collegamento al circuito da rifasare e per la messa a terra.

Sono disponibili in commercio sia unità monofasi sia unità trifasi; queste ultime, in particolare, sono spesso costituite da unità monofasi già collegate fra di loro a triangolo e pronte per l'inserzione sulla rete trifase.

Per effettuare l'ordinazione è necessario conoscere le seguente caratteristiche:

- tipo monofase o trifase, a bassa tensione e anche a media tensione, fino a 200 kvar: sono in commercio tanto unità monofasi quanto unità trifasi; per potenze maggiori sono consigliabili unità monofasi da collegare in gruppi trifase;
- potenza nominale in kvar: si tratta in genere di scegliere, tra i valori indicati sui cataloghi dei costruttori, quelli più vicini ai valori calcolati;
- tensione nominale: (è necessario verificare qual è il valore effettivo della tensione nel punto previsto di inserzione) è la tensione più elevata alla quale il condensatore può funzionare con continuità;
- frequenza nominale: in Italia e in Europa, in genere, la frequenza è di 50 Hz; da notare che la potenza di un condensatore, costruito per funzionare per la frequenza americana di 60 Hz, si riduce nel rapporto di 50/60 in caso di impiego sulla rete italiana (per esempio, da 100 a 83 kvar);
- temperatura massima di funzionamento (sono usuali due classi: normale 40 °C e speciale 45 °C);
- eventuale presenza di dispositivi di inserzione e disinserzione automatica;

- necessità del dispositivo di scarica, atto a ridurre, secondo le norme di sicurezza, la tensione ai morsetti del condensatore a meno di 50 V entro un minuto dalla sua disinserzione dalla rete; tale dispositivo non è richiesto solo quando il condensatore è collegato direttamente in parallelo con un motore o con altro avvolgimento, poiché in tale caso la scarica avviene attraverso gli avvolgimenti della macchina.

Attualmente, la maggioranza dei condensatori vengono costruiti con un resistore interno che provvede a scaricarli adeguatamente.

La presenza di questo resistore è indicata sulla targa. Inoltre, possono essere presenti delle induttanze di protezione dalle sovracorrenti che si hanno all'atto della loro inserzione.

Alcuni costruttori inseriscono fusibili nelle custodie dei condensatori, in modo che eventuali elementi interni guasti vengano automaticamente scollegati dalla rete, consentendo la continuità del servizio, sia pure con un modesto squilibrio della generazione di potenza reattiva sulle varie fasi.

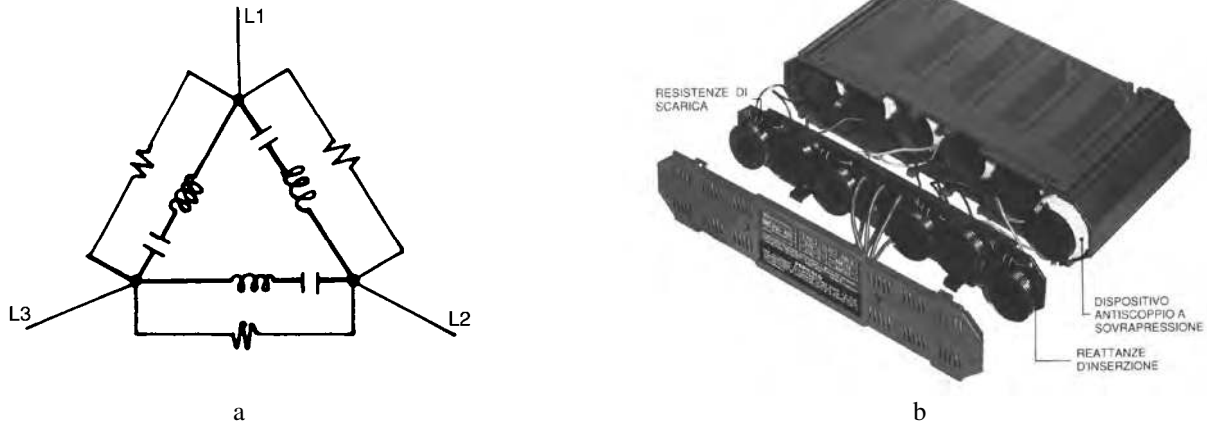


Fig. 2.68 - a) Schema elettrico interno di una batteria di condensatori di rifasamento trifase con resistenze di scarica, dispositivo antiscoppio a sovrappressione e reattanza di inserzione - b) Vista interna di una batteria di condensatori di rifasamento trifase (ELCONTROL).

Potenza nominale [kvar]	Tensione nominale [V]	Corrente nominale [A]	Tipo
2,5	230	6,5	Monofase
5	230	13	
10	230	25	
15	230	38	
20	230	50	
25	230	63	
1	400	1,5	Trifase
2	400	3	
3	400	4,5	
5	400	7	
10	400	14	
15	400	21	
20	400	29	
30	400	43	
40	400	58	
50	400	72	
5	550	5	
10	550	10	
15	550	15	
20	550	20	
30	550	30	
40	550	40	
50	550	50	

Tab. 2.49 - Esempi di valori commerciali delle batterie di condensatori funzionanti alla frequenza di 50 Hz.

Per quanto riguarda l'installazione e la manutenzione, di seguito vengono indicati alcuni punti da tenere in considerazione.

- I condensatori devono essere protetti dall'azione continuata di eventuali vapori acidi o comunque corrosivi.
- Le casse dei condensatori non vanno poste in diretto contatto con il pavimento del locale: è bene interporre spessori di distanziamento per favorire l'aerazione del fondo e diminuire così il pericolo di formazione di ruggine.

- Per le batterie composte da due o più unità, è necessario disporre le singole casse ad una distanza minima di 10 cm l'una dall'altra e dal muro.
- I conduttori di collegamento devono avere una sezione adeguata (vedere le tabelle fornite dai costruttori) ed i morsetti devono essere ben serrati.
- Le custodie metalliche devono essere collegate, mediante gli appositi morsetti, all'impianto di terra; inoltre, le parti in tensione non devono essere accessibili.
- I condensatori devono essere inseriti o disinseriti tramite interruttori o sezionatori di capacità adeguata.
- Prima di accedere ad un condensatore, si devono in ogni caso collegare in cortocircuito tra loro e a terra i relativi morsetti.

Attualmente, i costruttori propongono apparecchiature per il rifasamento automatico che facilitano l'installazione e la manutenzione, in quanto in un unico armadio sono presenti:

- un regolatore automatico per l'inserzione e la disinserzione dei condensatori al variare delle caratteristiche del carico;
- le apparecchiature di comando e protezione, come i contattori, i fusibili, gli interruttori automatici magnetotermici, ecc., con caratteristiche adeguate;
- i condensatori dotati di un dispositivo automatico che li scollega dalla rete in caso di sovrappressione interna, di resistenze di scarica atte a ridurre la tensione a valori imposti dalla Norma CEI 33-5 (per esempio, 75 V in 3 minuti); infine, induttanze di inserzione per la protezione contro le sovracorrenti di inserzione;
- i condensatori sono in genere realizzati utilizzando impregnanti non tossici.

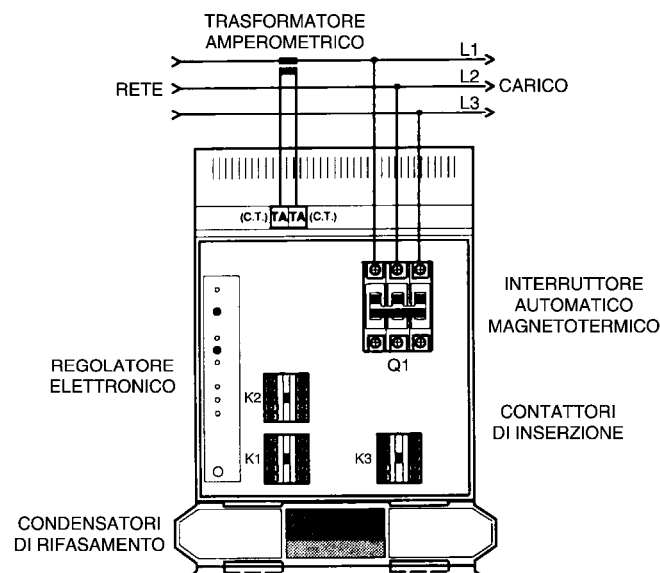


Fig. 2.69 - Esempio di batteria di condensatori autoregolata (ELCONTROL).

Il procedimento di scelta dell'interruttore con relative tarature degli sganciatori magnetotermici si imposta nel seguente modo:

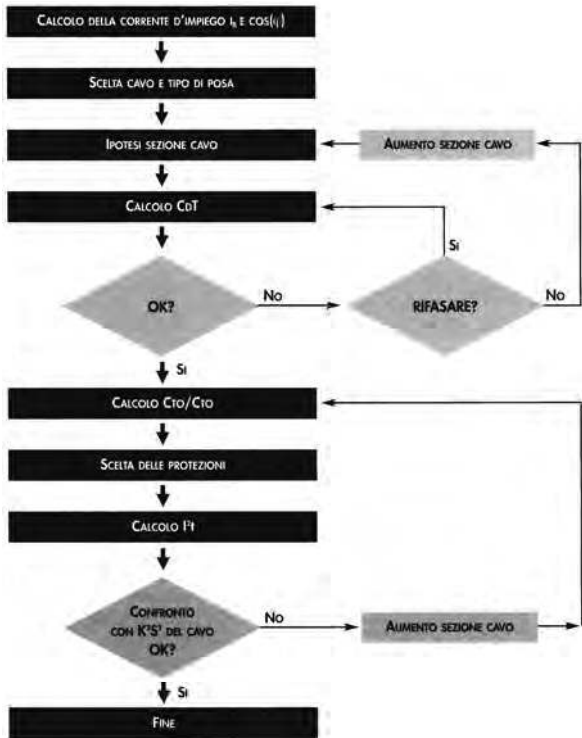
- Q_n : potenza della batteria di condensatori, in kvar;
 - U_n : tensione concatenata nominale della batteria di condensatori, in V.
- 1) $I_n = Q/\sqrt{3} \cdot U_n$ corrente nominale della batteria di condensatori;
 - 2) $I_{ni} = 1,43 \cdot I_n$ corrente nominale dell'interruttore e/o valore di taratura dello sganciatore termico;
 - 3) $I_m \geq 9 \cdot I_{ni}$ valore di taratura dello sganciatore magnetico.

Dalla relazione numero (2) si comprende che ogni interruttore automatico può manovrare batterie di condensatori aventi una corrente nominale fino a $I_{ni}/1,43 = 0,7 \cdot I_{ni}$, cioè può essere utilizzato fino al 70% della corrente nominale dell'interruttore stesso.

La scelta del tipo di interruttore dovrà essere fatta tenendo conto anche del valore della corrente di cortocircuito presunta a valle dell'interruttore; quindi, a parità di corrente nominale, dovrà essere scelto un interruttore avente un adeguato potere di interruzione (i costruttori rendono disponibili apposite tabelle per facilitare la scelta del tipo di interruttore).

2.12 Dimensionamento dei cavi e scelta delle protezioni

Le condutture elettriche sono in grado di svolgere il loro servizio in modo ottimale solo se sono dimensionate correttamente e protette da adeguati dispositivi di manovra e protezione. Nella fig. 2.70, viene mostrato lo schema logico da seguire per il dimensionamento del cavo e per la scelta delle protezioni.



Il progetto del dimensionamento elettrico coinvolge la conoscenza delle condutture e dell'andamento delle correnti che si possono manifestare durante il funzionamento dell'impianto (corrente nominale, corrente di sovraccarico e cortocircuito). La corrente che viene considerata per dimensionamento del conduttore è la corrente di impiego I_b ; partendo da questo è possibile calcolare le altre grandezze elettriche della rete considerata, ovvero la portata dei cavi I_z , la caduta di tensione $\Delta U (C_D T)$, l'energia specifica passante $I^2 t$, ecc.

Fig. 2.70 - Schema logico da seguire per il dimensionamento del cavo e per la scelta delle protezioni (Gewiss).

Esempio. Si ipotizzi di dover alimentare alla tensione nominale $U_n = 400 \text{ V}$ un carico avente una potenza $P = 10 \text{ kW}$ ed un fattore di potenza $\cos \varphi = 0,8$. La corrente assorbita vale:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 27,06 \text{ A.}$$

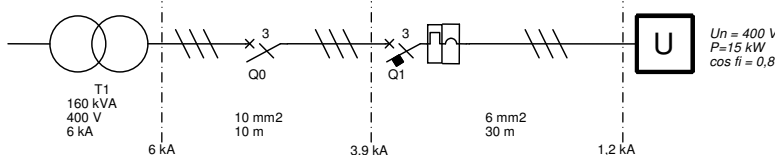


Fig. 2.71 - Schema elettrico.

Si sceglie di alimentare il carico, posto ad una distanza di 30 m, mediante un cavo unipolare in rame, avente una sezione di 6 mm^2 con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e con 3 conduttori caricati (circuitto trifase) la portata è $I_z = 36 \text{ A}$, secondo quanto riportato dalla tab. 2.9.

Si vuole ora verificare il valore della caduta di tensione, che deve essere inferiore al 5%. Secondo quanto riportato nella tab. 2.22, la caduta di tensione unitaria vale $5,28 \text{ mV/Am}$.

Quindi, $\Delta U = (u \cdot I \cdot L)/1000$, allora $\Delta U = (5,28 \cdot 30 \cdot 27,06)/1000 = 4,28 \text{ V}$, pari ad una caduta di tensione percentuale $\Delta U\% = 1,07\%$, inferiore a quella prevista dalle norme.

Si suppone, come riportato dallo schema elettrico di fig. 2.71, che il carico sia alimentato mediante un trasformatore MT/BT della potenza di 160 kVA attraverso una linea avente una sezione di 10 mm^2 alla distanza di 10 m. La corrente di cortocircuito I_{cc} ai morsetti del trasformatore è pari a 6 kA (come risulta dalla tab. 2.34).

Per una linea di sezione 10 mm^2 , lunga 10 m, si identifica nella zona inferiore del grafico il punto "A".

Tracciando una verticale da detto punto, questa incontra nel punto "B" la curva corrispondente ad una I_{cc0} (ai morsetti del trasformatore) di 6 kA. Sull'asse delle ordinate si riscontra in corrispondenza a "B" una corrente di cortocircuito presunta (I_{cc}), nel punto d'impianto considerato (alla distanza di 10 m), pari a circa 3,9 kA.

È possibile scegliere ora l'interruttore automatico magnetotermico tripolare posto a protezione della linea e del carico. Per esempio, è possibile scegliere il tipo tripolare (3P) tra quelli disponibili della serie MTC 45.

Se lo si usa per alimentare un carico U trifase che assorbe la corrente di 27,06 A, I_b sarà 27,06 A, mentre il cavo avrà una portata I_z di 36 A. Le relazioni diventano:

$$27,06 \leq I_n \leq 36 \qquad I_f \leq 1,45 \cdot 36$$

per cui corrente nominale, scelta tra i valore standard disponibili a catalogo, diventa: $I_n = 32$ A.

Si deve ora verificare che il cavo sia in grado di sopportare l'energia specifica di cortocircuito.

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$$

Quindi la relazione diventa, considerando che $K = 115$ per il PVC, $I_{cc}^2 \cdot t \leq 115^2 \cdot 6^2$ ovvero $I_{cc}^2 \cdot t \leq 476100 \text{ A}^2\text{s}$.

Dell'interruttore scelto (tripolare, MTC 45, $I_n = 32$ A) si conoscono le curve dell'energia passante in funzione della corrente di cortocircuito, come mostrato in fig. 2.53.

In particolare, all'inizio della linea, il valore di cortocircuito massimo è pari a $I_{cc/\max} = 3,9$ kA, mentre alla fine della linea si ha una corrente di cortocircuito minima, calcolabile con la formula indicata dalle norme CEI riportata nella tab. 2.36 (cortocircuito fase-fase)

$$I_{cc/\min} = \frac{0,8 \cdot U}{1,5 \cdot \rho \cdot \frac{2l}{S}} = \frac{0,8 \cdot 400}{1,5 \cdot 0,018 \cdot \frac{2 \cdot 30}{6}} = 1185 = 1,2 \text{ kA}.$$

Dai grafici riportati nella fig. 2.53 è possibile osservare, per il modello scelto, che nel punto considerato l'energia passante vale $35000 \text{ A}^2\text{s}$ per una corrente $I_{cc/\max} = 3,9$ kA e $8000 \text{ A}^2\text{s}$ per la $I_{cc/\min} = 1,2$ kA, valori che soddisfano la relazione sull'energia specifica che il cavo scelto è in grado di sopportare.

Infine l'interruttore scelto, con una corrente nominale $I_n = 32$ A, avendo una curva caratteristica tipo C ($5 \div 10 I_n$), prevede una regolazione magnetica di 320 A. Mediante la tab. 2.38, è possibile determinare la lunghezza massima di protezione di un cavo che in questo caso (6 mm^2) vale 93 m, valore superiore a quello richiesto per l'esecuzione dell'impianto.

2.13 L'elettrocuzione

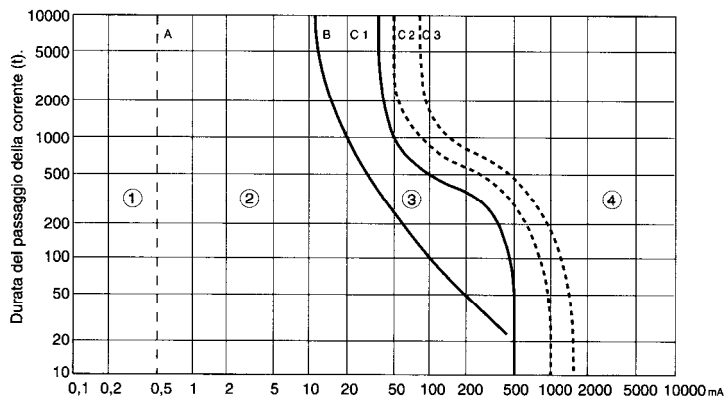
L'elettrocuzione, cioè il fenomeno per cui un corpo umano quando viene sottoposto ad una differenza di potenziale viene attraversato da una corrente elettrica, è in grado di produrre i seguenti effetti lesivi:

- fibrillazione cardiaca;
- tetanizzazione muscolare;
- ustioni epidermiche.

La fibrillazione consiste in uno sconvolgimento dei potenziali elettrici che normalmente sovrintendono al funzionamento del cuore. Questi potenziali sono quelli che vengono normalmente evidenziati dal tracciato di un elettrocardiogramma. Il cuore è un muscolo la cui contrazione ritmica consente il pompaggio a circuito chiuso del sangue nel reticolo di arterie e vene. L'aritmia prodotta dalla fibrillazione inibisce il flusso di sangue. Con esso viene meno l'afflusso di ossigeno al cervello il quale va incontro rapidamente a forme di lesioni irreversibili.

La tetanizzazione è un effetto che inibisce i muscoli attraversati dalla corrente elettrica. Infatti i segnali di comando per la contrazione ed il rilascio dei tessuti muscolari sono costituiti da impulsi elettrici, trasmessi dal cervello a tutte le zone periferiche del corpo.

Se a questi segnali si sovrappone una corrente elettrica di origine esterna, tali impulsi vanno soggetti a saturazione che dà come risultato fisiologico l'immobilizzazione dell'arto o dell'organo messi in movimento da quello specifico fascio muscolare. In pratica, la tetanizzazione *congela* l'infortunato alla parte sotto tensione, nel senso che, in particolare, impedisce il distacco dalla parte in tensione che egli si trova ad impugnare; la corrente così continua il suo passaggio attraverso il corpo.



Zona (1): abitualmente nessuna reazione.

Zona (2): abitualmente nessun effetto fisiologico pericoloso.

Zona (3): abitualmente nessun danno organico. Sono probabili, aumentando l'intensità della corrente e il tempo, disturbi reversibili nella formazione e conduzione degli impulsi del cuore.

Zona (4): probabile fibrillazione ventricolare. Altri effetti pato-fisiologici con l'aumentare dell'intensità della corrente e del tempo, come gravi ustioni, possono avvenire in aggiunta a quelli della zona 3.

Fig. 2.72 - Effetti prodotti dal passaggio di una corrente elettrica alternata (da 15 a 100 Hz) attraverso il corpo umano, lungo il percorso mano sinistra piedi.

L'effetto tetanizzante coinvolge anche i muscoli polmonari, impedendo così al malcapitato di respirare e riducendo drasticamente l'ossigenazione del sangue. L'individuo comunque va incontro alla morte più che per soffocamento per le gravi lesioni che si hanno in seguito al mancato apporto di ossigeno al cervello.

Infine l'ustione è un effetto ricorrente nelle elettrocuzioni su impianti di media tensione, mentre in bassa tensione si verifica solo nel caso di contatto con l'arco elettrico o con frammenti incandescenti di materiali, formatisi a causa per esempio di un arco elettrico.

Per proteggersi dall'elettrocuzione occorre prevenire l'evento o ridurre gli effetti al di sotto della soglia di lesività. In ambito internazionale sono state tracciate delle curve di pericolosità della corrente elettrica (fig. 2.72), pubblicate in Italia sulla guida CEI 1335P: "Effetti della corrente attraverso il corpo".

I vari punti della curva identificano l'abbinamento fra un valore della corrente di elettrocuzione ad uno relativo al tempo di permanenza della corrente attraverso il corpo.

Un primo concetto inerente le tecniche di protezione è quello di fare in modo che i dispositivi di protezione intervengano in modo da aprire il circuito in un tempo inversamente proporzionale all'entità della corrente di elettrocuzione (il valore della corrente di elettrocuzione dipende dalla tensione applicata al corpo umano e dal valore della resistenza elettrica che il corpo oppone al passaggio della corrente e dagli indumenti).

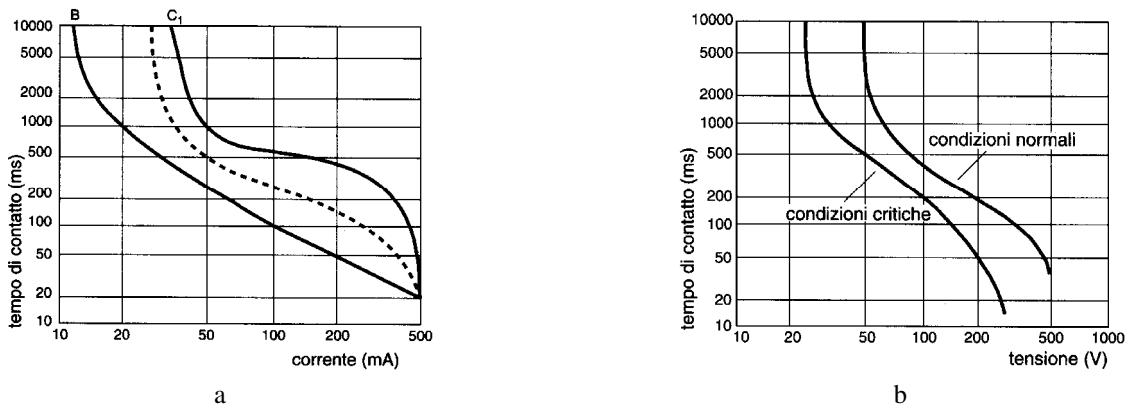
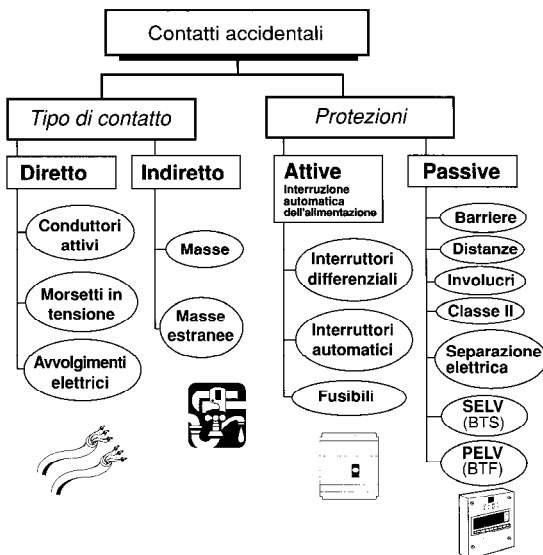


Fig. 2.73 - a) Curva di sicurezza corrente/tempo tracciata nella zona in cui gli effetti fisiologici prodotti dall'elettrocuzione si sono dimostrati reversibili. - b) Trasposizione in termini di tensione/corrente della curva di sicurezza. La curva più restrittiva va applicata per impianti particolari, tipo quelli all'aperto.

La curva di riferimento, denominata anche curva di sicurezza, è tracciata nella zona (3), che è compresa fra le curve di pericolosità B e C; in tale zona normalmente non si verifica alcun danno organico, pur essendo possibili fenomeni di fibrillazione reversibili (fig. 2.73a).

In particolare, le prove e gli studi hanno consentito di rilevare che, in condizioni ambientali normali, soprattutto in assenza di acqua o vapori di acqua che concorrono a ridurre drasticamente la resistenza del corpo umano a livello di epidermide ed indumenti, tensioni non superiori a 50 V in corrente alternata non dovrebbero provocare seri danni all'infortunato. Tale valore di tensione è stato assunto come riferimento per coordinare le protezioni contro le tensioni di contatto.



Il pericolo di folgorazioni è strettamente legato al contatto con parti normalmente o accidentalmente in tensione: la norma CEI 64-8 distingue in contatto di tipo diretto e contatti di tipo indiretto.

Per contatto diretto si intende il contatto di una persona con le parti attive (in tensione) di un circuito elettrico (neutro compreso); per contatto indiretto si intende il contatto di una persona con parti conduttrici e metalliche normalmente isolate da circuito elettrico (masse), che sono andate in tensione per il cedimento dell'isolante principale.

I diversi metodi che si adottano sull'impianto per attuare le protezioni più opportune contro queste situazioni di pericolo si possono concettualmente far rientrare nelle due seguenti tipologie:

- sistemi che non comportano l'interruzione automatica del circuito e che, quindi, possono definirsi preventivi;
- sistemi che prevedono l'interruzione automatica del circuito elettrico e che perciò sono "attivi", nel senso che evitano il contatto pericoloso col corpo umano (sgancio coordinato con la terra) o, comunque, ne limitano le conseguenze (interruttore differenziale e contatto diretto).

Fig. 2.74 - Riepilogo sui tipi di contatto accidentale e relative protezioni.

Questo perché fino a 50 V l'elettrocuzione è considerata sopportabile senza danno, mentre per valori superiori è necessario intervenire in tempi progressivamente inferiori, restando al di sotto della curva tensione-tempo (fig. 2.73b) equivalente alla curva di sicurezza, stante un valore medio della resistenza del corpo umano stimato in circa 1000 Ω . Da notare che per impianti critici, quali sono, per esempio, quelli dei cantieri all'aperto, delle aziende agricole o dei luoghi conduttori ristretti (serbatoi, tralicci, silos, ecc.), la tensione massima sopportabile deve essere ridotta a 25 V.

2.14 La bassissima tensione

In relazione a quanto detto, la pericolosità della corrente elettrica può essere ridotta o annullata ricorrendo a valori di tensione nominale che non superino i 50 V in corrente alternata e 120 V in corrente continua.

La norma CEI 64-8 prevede tre possibili tecniche protettive mediante il ricorso alla bassissima tensione.

La tecnica che offre maggiori garanzie è denominata SELV (*Safety Extra-Low Voltage*) e consiste nell'alimentare i circuiti interessati tramite un trasformatore di sicurezza (fig. 2.75a e fig. 2.156), la cui conformità alla norma CEI 14-6 assicura che, anche in caso di guasto, non possano verificarsi contatti accidentali fra il circuito primario funzionante a 230 o 400 V ed il secondario che ha una tensione di funzionamento non superiore a 50 V.

Le masse degli utilizzatori allacciati ai circuiti SELV non vanno collegate all'impianto di protezione, cioè non richiedono il conduttore PE.

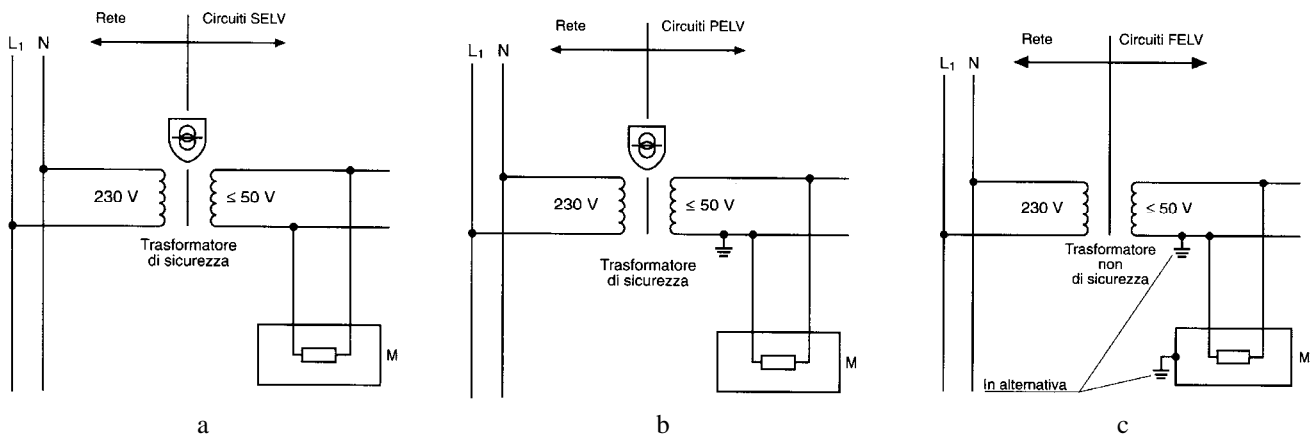


Fig. 2.75 - a) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione di sicurezza (SELV) - b) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione di protezione (PELV) - c) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione funzionale (FELV).

La tecnica PELV (*Protective Extra-Low Voltage*) comporta anch'essa l'impiego di un trasformatore di sicurezza (fig. 2.75b), ma contempla che, per ragioni funzionali (questo tipo di trasformatori vengono utilizzati per alimentare i circuiti ausiliari di controllo delle macchine vedere la norma CEI 44-5), una polarità sul circuito secondario a tensione ≤ 50 V sia collegata all'impianto di protezione del circuito primario.

Infine, la tecnica FELV (*Functional Extra-Low Voltage*) ha uno scopo prettamente funzionale, cioè non protettivo, e pertanto consente l'uso di autotrasformatori o trasformatori non di sicurezza che riducono la tensione a valori ≤ 50 V. In questo caso, non essendo garantita la separazione galvanica dai circuiti a tensione maggiore di 50 V, è necessario il collegamento all'impianto di protezione delle masse o di una polarità del circuito di bassissima tensione (fig. 2.75c).

In particolare la tecnica SELV consente di ottenere elevate garanzie di protezione contro il fenomeno dell'elettrocuzione. In corrente alternata, il valore massimo consentito per un sistema SELV è di 50 V.

In queste condizioni non è necessario collegare a terra le masse degli utilizzatori e degli impianti. Se ci si trova in un ambiente normale (in particolare se non è bagnato), le parti attive dei circuiti possono venire protette contro il contatto diretto, purché la tensione nominale non superi i 25 V.

Ciò che è stato precedentemente esposto è valido se non si possono verificare trasferimenti di potenziale sui circuiti SELV in seguito a difetti di isolamento o contatti accidentali con altri circuiti in bassa tensione.

Per garantire la separazione galvanica fra un sistema che funziona a 230 V o 400 V ed un sistema SELV viene utilizzato un trasformatore di sicurezza.

Le caratteristiche dei trasformatori di sicurezza sono fissate dalle norme CEI redatte dal Comitato Tecnico 96 che comprendono anche i trasformatori di isolamento (sono trasformatori con una tensione secondaria superiore a 50 V).

Nella fig. 2.76 sono riportati i simboli grafici che devono comparire sulla targhetta dell'apparecchio e che ne attestano le caratteristiche.

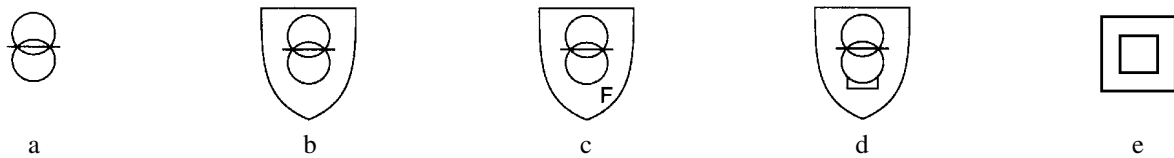


Fig. 2.76 - Simboli grafici che compaiono sulle targhette dei trasformatori per indicarne le caratteristiche e le prestazioni: a) Trasformatore d'isolamento - b) Trasformatore di sicurezza - c) Trasformatore di sicurezza a prova di guasto - d) Trasformatore di sicurezza resistente al cortocircuito - e) Classe II (doppio isolamento).

Fra i trasformatori di sicurezza, quelli a prova di guasto e quelli resistenti al cortocircuito offrono garanzie superiori, sia per ciò che concerne l'affidabilità della separazione galvanica tra il primario e il secondario, sia per quanto riguarda la continuità di esercizio (vedere la tab. 2.50).

Trasformatore resistenti al cortocircuito	Trasformatori a prova di guasto
Un trasformatore di sicurezza si può dire resistente al cortocircuito quando, in presenza di sovraccarichi o cortocircuiti, la sovratemperatura che in esso si manifesta non supera determinati limiti prefissati; tanto che al ritorno delle condizioni normali (dopo l'eliminazione del sovraccarico o del cortocircuito) le sue prestazioni rientrano ancora in quelle prescritte dalla norma.	Un trasformatore si dice invece a prova di guasto quando, in seguito ad un guasto o ad un impiego anormale, non è più in grado di funzionare, ma non presenta alcun pericolo per l'utilizzatore e per le parti adiacenti.

Tab. 2.50 - Prestazioni particolari dei trasformatori di sicurezza.

Un trasformatore di sicurezza ha caratteristiche di isolamento particolarmente spinte fra l'avvolgimento primario e quello secondario, nonché fra ciascuno di essi e le parti metalliche come il nucleo e la custodia.

La tensione di uscita è uguale o inferiore a 50 V ad una frequenza di 50 Hz, e normalmente, ha una tensione normalizzata al secondario di 48, 24 o 12 V. I trasformatori di sicurezza mobili devono essere resistenti al cortocircuito sul secondario, oppure devono essere a prova di guasto.

Un trasformatore resistente al cortocircuito, non per costruzione, sopporta i cortocircuiti per mezzo di un dispositivo di protezione incorporato, nel quale il circuito di alimentazione provvede a ridurre la corrente nel circuito primario o nel circuito secondario quando il trasformatore è sovraccaricato o è in cortocircuito. Per esempio, i dispositivi di protezione possono essere: fusibili, interruttori automatici di massima corrente, bimetalli, termistori.

I trasformatori mobili di potenza nominale fino a 630 VA devono essere costruiti in Classe II, identificata sulla targhetta dell'apparecchio con il segno grafico del doppio quadrato.

In un trasformatore di Classe II, la protezione contro i contatti diretti e indiretti non si basa unicamente sull'isolamento fondamentale, ma anche su misure supplementari e di sicurezza costituite dal doppio isolamento rinforzato. Queste misure non prevedono la messa a terra e non dipendono dalle condizioni di installazione.

Le parti dei trasformatori di Classe II che costituiscono l'isolamento supplementare o l'isolamento rinforzato e che possono essere dimenticate durante il montaggio o durante il rimontaggio a seguito di un'operazione di manutenzione, devono essere fissate in modo da non poter essere rimosse o progettate in maniera tale che sia impossibile il rimontaggio in posizione sbagliata e che il trasformatore possa funzionare anche se è incompleto.

Le custodie dei trasformatori non devono avere aperture che diano accesso a parti sotto tensione, ad eccezione delle aperture necessarie per il corretto funzionamento; inoltre, devono presentare un'adeguata protezione contro i contatti accidentali con parti in tensione e, per i trasformatori di Classe II, con parti metalliche separate da parti in tensione dal solo isolamento fondamentale.

L'avvolgimento secondario non deve essere collegato né alla massa né all'eventuale circuito di protezione.

I trasformatori devono riportare le seguenti indicazioni:

- la o le tensioni primarie nominali oppure la o le gamme di tensione primarie nominali, in volt;
- la o le tensioni secondarie nominali, in volt;
- la potenza nominale, in voltampere o in kilovoltampere;
- la o le frequenze nominali, in hertz;
- il fattore di potenza nominale, se diverso da 1;
- il segno grafico indicante l'applicazione particolare del trasformatore;
- il nome del costruttore o il suo marchio di fabbrica;
- il numero del modello o il riferimento di tipo;
- il simbolo per la Classe II, solamente per i trasformatori di tale classe;
- l'indicazione del grado di protezione IP.

2.15 Protezione contro i contatti diretti

L'elettrocuzione diretta si verifica in seguito al contatto di una persona con due fasi del circuito o con una fase e la terra (rappresentata quest'ultima dal terreno o da una struttura metallica infissa o collegata elettricamente all'impianto di terra). La protezione contro i contatti diretti si realizza principalmente segregando entro contenitori chiusi le parti attive del circuito di bassa tensione.

La norma CEI EN 60529 (classificazione CEI 70-1) riporta i gradi di protezione IP realizzabili sui vari tipi di contenitori (scatole cassette di derivazione, canalette, tubazioni, quadri, armadi, ecc.).

Il primo numero dopo la sigla IP designa il grado di protezione contro la penetrazione dei corpi solidi e della polvere. Il secondo numero designa il grado di protezione contro la penetrazione dell'acqua.

La prima lettera, posta dopo le due cifre (eventualmente sostituite da una X quando la rispettiva definizione non è data), designa la presenza di un grado di protezione antinfortunistica superiore a quello normalmente offerto dagli accorgimenti costruttivi posti in atto per garantire il grado indicato di protezione contro i corpi solidi.

Per esempio, la protezione antinfortunistica contro la penetrazione delle dita può essere garantita da un contenitore con grado IP2X, oppure con grado IP1XB. La protezione antinfortunistica, che tiene conto di fattori particolari, come l'articolazione delle dita e la massima profondità di penetrazione nel contenitore, può essere ottenuta anche mediante schermature interne o allontanamenti delle parti in tensione dalle aperture presenti sulla custodia.

L'assenza della lettera aggiuntiva significa che la protezione antinfortunistica di quel determinato contenitore non supera il livello raggiunto con il grado di protezione indicato contro la penetrazione dei corpi solidi.

L'eventuale seconda lettera, che le norme definiscono "supplementare" ha significati particolari di genere funzionale. Per maggiori approfondimenti, si rimanda alla tabella per l'identificazione del grado di protezione IP riportata più avanti.

2.16 Protezione contro i contatti indiretti

L'elettrocuzione indiretta si verifica per contatto di una persona con una massa (venutasi a trovare accidentalmente sotto tensione a seguito di un guasto) e la terra o una struttura metallica non equipotenzializzata con la suddetta massa. La protezione contro i contatti indiretti si realizza collegando a terra o equipotenzializzando le masse e coordinando i valori dell'impianto di terra con le soglie di intervento delle protezioni attive.

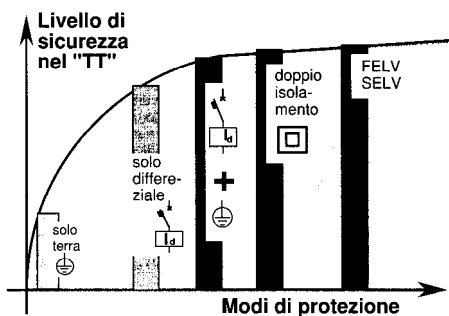
Un'operazione del genere non è necessaria per gli utilizzatori di Classe II, dotati cioè di doppio isolamento fra i circuiti interni e la carcassa metallica e, a maggior ragione, su quelli di classe II con la carcassa interamente costruita di materiale isolante (trapani elettrici portatili).

L'inutilità della messa a terra vale anche per quelle parti d'impianto (per esempio, canalette o tubazioni metalliche) contenente cavi inguainati con tensione nominale di un gradino superiore rispetto a quella effettiva dei circuiti. Quando viene realizzato il collegamento di protezione a terra, la scelta e la taratura dei dispositivi di protezione attiva (interruttori magnetotermici o differenziali) va fatta in relazione al sistema di distribuzione adottato.

Nel sistema TT va soddisfatta la seguente relazione:

$$R_a \cdot I_{dn} \leq 50$$

Quindi il prodotto fra il valore di resistenza R_a (espressa in ohm) dell'impianto di terra (comprendente non solo gli elementi disperdenti, ma anche i conduttori di protezione) e la soglia d'intervento nominale I_{dn} (espressa in amperere) dell'interruttore differenziale non deve superare i 50 V. Sui circuiti di distribuzione, l'intervento differenziale deve avvenire entro un tempo massimo di 1 s, mentre sui circuiti terminali, il tempo d'intervento deve essere conforme alle curve di intervento tipiche degli interruttori differenziali di uso generale.



Con il D.M. n. 37/2008, il differenziale diventa obbligatorio in tutti gli impianti nuovi ma, soprattutto, anche nei vecchi. La soluzione ottimale comprende l'associazione differenziale e impianto di messa a terra. Si osservi che, dovendo optare tra le due condizioni e decidere secondo criteri di sicurezza, di economicità, di funzionalità, di urgenza e priorità, il differenziale si impone su tutti gli altri sistemi di protezione, almeno come prima e indispensabile misura di sicurezza.

Fig. 2.77 - Livelli di sicurezza nei sistemi TT contro i contatti indiretti in funzione del tipo di protezione scelta.

Nel *sistema TN* va soddisfatta la seguente relazione:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

Quindi il prodotto fra l'impedenza Z_s dell'anello di guasto (espresso in ohm) e la soglia di corrente I_a (espressa in ampere), su cui è tarato il dispositivo di protezione attiva, non deve superare il valore di tensione U_0 dell'impianto verso terra.

Nei sistemi TN non assume alcuna importanza, almeno per ciò che attiene le tensioni di contatto per guasti in BT, il valore di resistenza verso terra dell'impianto di protezione, mentre è fondamentale ridurre il più possibile l'impedenza del tratto di anello di guasto compreso fra le masse degli utilizzatori ed il centro stella del trasformatore in cabina (fig. 2.16b).

Sui circuiti di distribuzione, i dispositivi di protezione devono intervenire entro un tempo massimo di 5 s, mentre su quelli terminali, i tempi massimi di intervento sono quelli riportati nella tab. 2.51.

La maggiore pericolosità dei terminali è dovuta al fatto che questi, essendo mobili o portatili, sono soggetti con più probabilità a guasti. Da qui nasce la necessità, per esempio, di proteggere senz'altro tutte le prese a spina con dispositivi in grado di intervenire nei tempi massimi indicati nella tab. 2.51.

Tensione nominale tra fase/terra ⁽¹⁾ U_0 [V]	Tempo massimo di interruzione [s]	
	Impianti normali	Impianti in ambienti a maggior rischio ⁽²⁾
120	0,8	0,4
230	0,4	0,2
400	0,2	0,06
>400	0,1	0,02 ⁽³⁾

(1) Per valori di tensione intermedi (esterni alla banda scelta di tolleranza nominale prevista dalla norma CEI 8-6) deve essere scelto il valore prossimo superiore.
(2) Per esempio: impianti in cantiere, aziende agricole ed allevamenti zootecnici.
(3) Nel caso non fosse garantito un tempo di intervento così breve, dovrebbe essere previsto un collegamento equipotenziale supplementare.

Tab. 2.51 - Tempi massimi di intervento delle protezioni attive contro i contatti indiretti nei circuiti terminali dei sistemi TN.

Per le utenze terminali fisse, le norme consentono un'estensione fino a 5 s del tempo di intervento, purché eventuali guasti a massa su tali utenze non trasferiscano pericolosi valori di tensione sulle masse delle utenze mobili collegate al medesimo quadro o alla stessa dorsale di alimentazione. Per prevenire un evento del genere, è necessario equipotenzializzare in modo accurato le masse e le masse estranee presenti nell'ambiente e verificare che il collegamento equipotenziale principale non presenti un valore superiore a $(50/U_0) \cdot Z_s$.

La verifica va ripetuta in occasione di ogni modifica o ampliamento dell'impianto mentre può essere evitata prevedendo per tutti i circuiti terminali tempi di intervento delle protezioni conformi a quelli indicati nella tab. 2.51.

Come dispositivi di protezione attiva possono venire impiegati sia gli interruttori magnetotermici che i differenziali.

Nel primo caso, vanno realizzate e ripetute in occasioni di ogni modifica le misure dell'impedenza " Z_s " dell'anello di guasto, badando che sia soddisfatta per ogni punto dell'impianto la formula di coordinamento prima riportata.

Se si impiegano interruttori differenziali o interruttori magnetotermici con dispositivi di intervento differenziale, tali misure risultano inutili, poiché il basso valore della soglia " I_a " consente valori anche molto elevati di " Z_s ".

Nel *sistema IT* va soddisfatta la seguente relazione:

$$R_t \cdot I_d \leq 50$$

Quindi il prodotto fra la resistenza " R_t " (espressa in ohm) dell'impianto di terra a cui sono collegate le masse e la corrente di guasto " I_d " (espressa in ampere), che si manifesta fra un conduttore di fase e la terra, non deve superare 50 V.

La relazione è simile a quella vista per il sistema TT, ma la tecnica protettiva non consiste nell'aprire il circuito al primo guasto a massa: risulterebbe difficile, visto che la corrente di guasto è limitata ad una componente capacitiva (essendo il centro stella isolato da terra) (fig. 2.16c). In questo caso, quindi, è meglio sorvegliare con un idoneo apparecchio che controlla il livello di isolamento verso terra dei circuiti (fig. 2.78a).

Il dispositivo di sorveglianza, regolato solitamente ad una soglia di circa 0,5 M Ω , segnala con un allarme acustico e/o visivo il verificarsi del primo guasto a massa.

In questo modo si consente al personale specializzato addetto alla manutenzione di intervenire, individuando e ponendo rimedio al guasto a massa, senza creare dei disservizi all'utenza.

Ciò non toglie che sull'impianto debbano essere installati interruttori magnetotermici o differenziali che, in caso si verificasse un secondo guasto a terra prima dell'avvenuta riparazione del primo, assicurino sui circuiti terminali mobili un intervento entro i tempi riportati nella tab. 2.52 e su quelli di distribuzione e sui terminali fissi entro 5 s.

Tensione dell'impianto U_0/U [V]	Tempo massimo di interruzione [s]			
	Impianti normali		Impianti a maggior rischio ⁽¹⁾	
	con neutro	senza neutro	con neutro	senza neutro
120/140	0,8	5	0,4	1
230/400	0,4	0,8	0,2	0,4
400/690	0,2	0,4	0,06	0,2
580/1000	0,1	0,2	0,02	0,06

(1) Per esempio: cantieri, aziende agricole ed allevamenti zootecnici.
 (2) Nel caso non fosse garantito un tempo di interruzione così breve, dovrebbe essere previsto un collegamento equipotenziale supplementare.

Tab. 2.52 - Tempi massimi di interruzione contro le tensioni di contatto in caso di secondo guasto a terra nei sistemi IT.

In pratica, al secondo guasto a terra, il sistema IT si riduce ad un sistema TN per il quale, contro le tensioni di contatto, vale la formula:

$$Z_s \leq U_0/2 \cdot I_a$$

Nel caso il neutro non fosse distribuito, la tensione U_0 presente nella formula andrebbe moltiplicata per $\sqrt{3}$.

Nelle reti protette per separazione elettrica, come nei reparti e nelle sale operatorie dei circuiti ospedalieri in cui è richiesto un funzionamento senza soluzione di continuità, il livello d'isolamento del circuito viene mantenuto sotto controllo in permanenza da un dispositivo sorvegliante (fig. 2.78b) che:

- segnala otticamente ed acusticamente quando la resistenza di isolamento scende al di sotto di un valore prefissato (comunque $\geq 50 \text{ k}\Omega$);
- assicura che la corrente di circolazione, in caso di guasto diretto a terra del sistema sotto controllo, non superi il valore di 1 mA.

I dispositivi di controllo tecnologicamente più avanzati hanno anche una serie di segnalatori a LED che consentono la lettura diretta, in tempo reale, del livello di isolamento misurato sull'impianto. Ciò al fine di consentire interventi preventivi, fin dal primo accenno di perdita dell'isolamento iniziale.

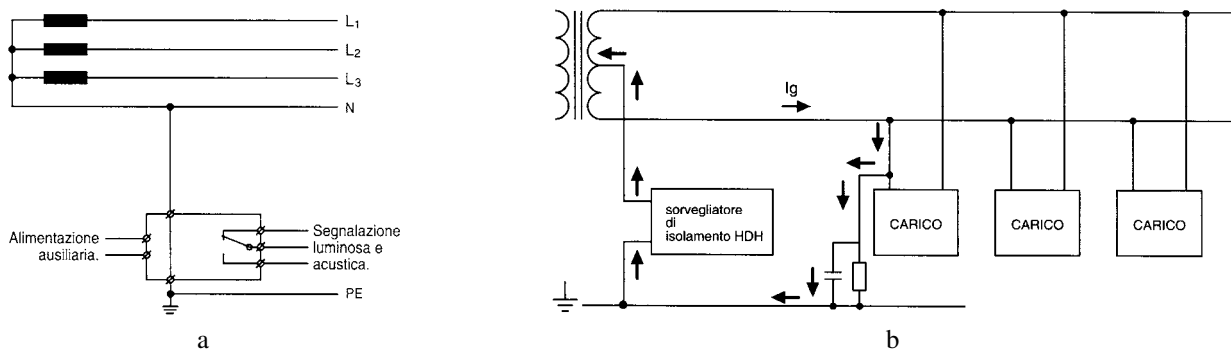


Fig. 2.78 - a) Inserimento del dispositivo di sorveglianza permanente del livello di isolamento su un sistema IT - b) Inserimento del dispositivo di sorveglianza permanente dell'isolamento sui circuiti di un ospedale, realizzati per separazione elettrica. Le frecce indicano il percorso seguito da un'eventuale corrente di guasto a massa.

2.17 Interruttori differenziali

Gli interruttori differenziali vengono utilizzati per assicurare un'efficace protezione contro i contatti indiretti, cioè con parti metalliche che normalmente non dovrebbero essere sotto tensione, e in certi casi anche contro i contatti diretti, cioè con parti normalmente sotto tensione.

Le norme però prescrivono che l'efficacia della protezione delle persone contro i contatti diretti e indiretti offerta dall'interruttore differenziale sia legata al fatto di aver progettato ed eseguito correttamente un efficace impianto di terra.

Le parti metalliche degli utilizzatori devono essere perciò collegate a un impianto di terra con un valore di resistenza opportuno, in modo da evitare in ogni situazione di guasto tensioni di contatto superiori a 50 V.

Il principio su cui si basa questo interruttore è il seguente: in condizioni normali, cioè in assenza di difetti nell'isolamento dell'utilizzatore, la somma algebrica delle correnti che in ogni istante attraversano i conduttori di linea è uguale a zero; l'intensità di corrente che fluisce verso gli utilizzatori ritorna verso la sorgente di alimentazione sia che la linea sia costituita da due conduttori (fase-fase oppure fase-neutro) o da tre conduttori di fase con o senza neutro.

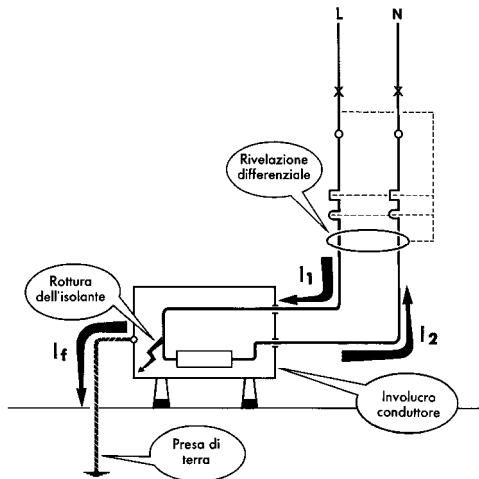
Come si è detto in precedenza, per un corretto funzionamento di questo interruttore è indispensabile che tutte le parti metalliche degli utilizzatori siano messe a terra.

Quando si produce un difetto di isolamento tra il circuito elettrico di un apparecchio e la sua carcassa metallica, si stabilisce una corrente di guasto e la carcassa assumerà una tensione pericolosa per un eventuale contatto col corpo umano.

L'interruttore differenziale nelle sue parti fondamentali è caratterizzato, oltre che dai suoi contatti di potenza, da un organo rilevatore e da un organo di sgancio.

L'organo rilevatore è rappresentato da un trasformatore con un nucleo toroidale entro il quale vengono fatti passare tutti i conduttori di linea (compreso l'eventuale neutro), realizzando così il primo avvolgimento. Il secondo avvolgimento, invece, è costituito da un sottile conduttore, avvolto sul nucleo, ai capi del quale si induce una tensione quando la somma delle correnti nei conduttori di linea è diversa da zero, per via di una dispersione di corrente dal circuito.

Tale tensione agisce sull'organo di sgancio provocando l'apertura dei contatti dell'interruttore differenziale.



In assenza di una anomalia (rottura dell'isolante) si ha $I_1 = I_2$, in presenza di un difetto di isolamento $I_1 > I_2$ con $I_1 - I_2 = I_f$. Il circuito di segnalazione del differenziale registrerà questo scarto fra la corrente "uscente" e la corrente "rientrante", aprendo così i contatti. L'impianto sarà automaticamente messo fuori tensione.

Fig. 2.79 - Principio di funzionamento di una protezione differenziale (Legrand).

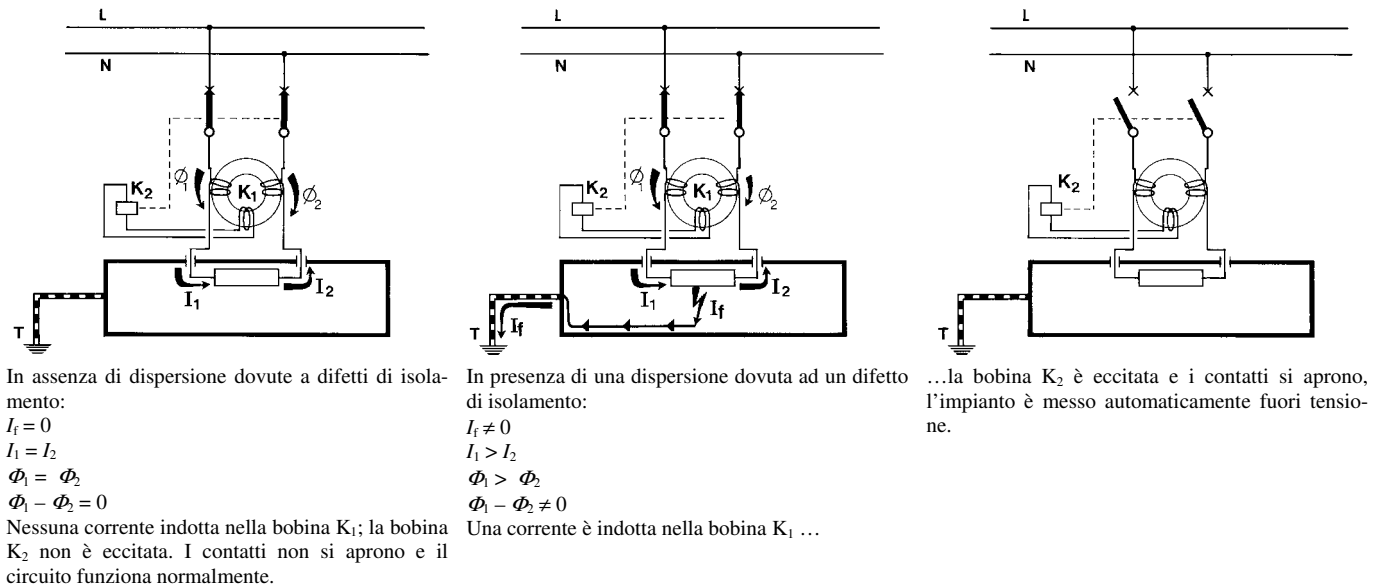


Fig. 2.80 - Principio di funzionamento di un interruttore differenziale bipolare (Legrand).

Gli interruttori differenziali possono essere dotati anche di relè magnetotermici. Nel caso ne siano privi, occorre installare un interruttore magnetotermico o dei fusibili per proteggere l'impianto dai sovraccarichi e dai cortocircuiti. Le soluzioni costruttive (sporgenti o da incasso) sono analoghe, dal punto di vista dimensionale, a quelle degli interruttori automatici magnetotermici già esaminati (modulo europeo 17,5x45 mm).

Vengono realizzati anche interruttori differenziali di piccole dimensioni, i cui moduli sono simili a quelli di altri apparecchi (piccoli interruttori non automatici, prese a spina, ecc.) montati sulla stessa piastra. Talvolta, sono corredati di una lampada di segnalazione presenza rete e di uno scaricatore di tensione.

Il campo di impiego di questi apparecchi è la protezione delle prese terminali destinate ad alimentare piccoli elettrodomestici o come elementi divisionali per ambienti con particolari caratteristiche, come, per esempio, i bagni.

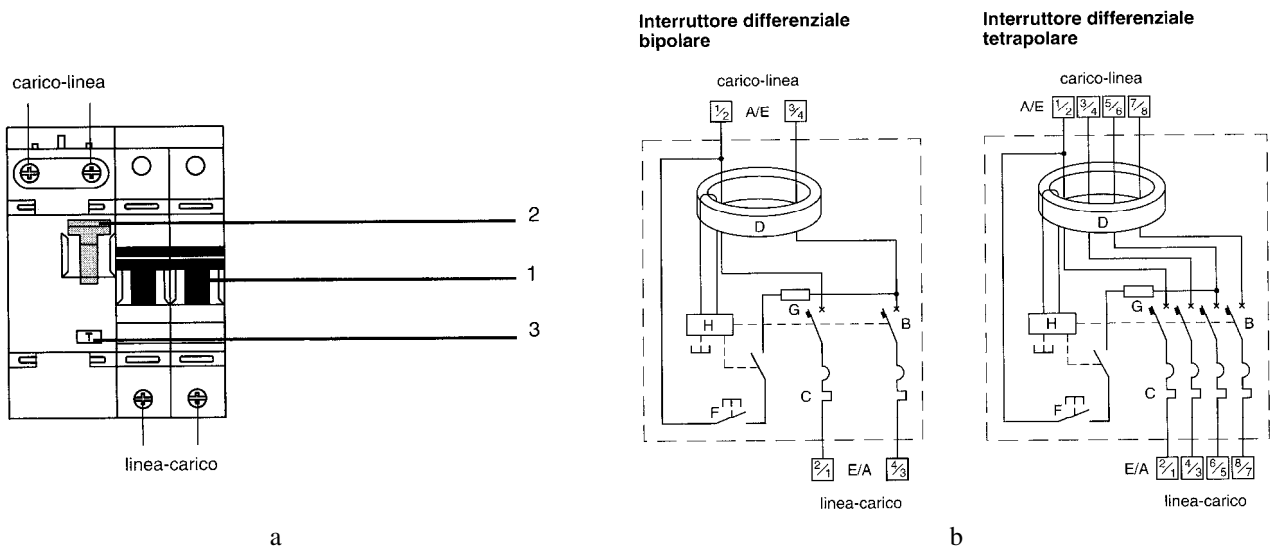


Fig. 2.81 - a) Esempio di interruttore magnetotermico differenziale modulare bipolare : 1) leva di azionamento - 2) leva di riarmo e segnalazione intervento differenziale - 3) tasto di prova - b) Esempi di schemi interni di interruttori magnetotermici differenziali bipolare, tetrapolare: A/E) morsetti - B) contatti principali - C) sganciatori di sovracorrente - D) trasformatore differenziale - F) pulsante di prova - G) resistenza di zavorra - H) dispositivo di sgancio (bticino).

Questi apparecchi sono costituiti da un rivelatore differenziale elettronico, autoalimentato tramite un raddrizzatore incorporato, ciò li rende insensibili ai disturbi di natura elettrica. Dispongono, inoltre, di una protezione contro i sovraccarichi e di una protezione contro il cortocircuito. Per elevare il livello protettivo possono essere scelti con una corrente differenziale nominale (I_{dn} oppure $I_{\Delta n}$) pari a 10 mA.

Si definisce corrente nominale di intervento (I_{dn}) il valore della corrente differenziale d'intervento assegnato dal costruttore. Negli impianti civili devono essere installati preferibilmente interruttori differenziali ad alta sensibilità con una $I_{dn} \leq 30$ mA. È prescritto che l'interruttore differenziale sia munito di un dispositivo di prova (pulsante), atto a provocare una corrente differenziale per controllare il funzionamento dell'interruttore stesso, ma non destinato alla verifica della taratura.

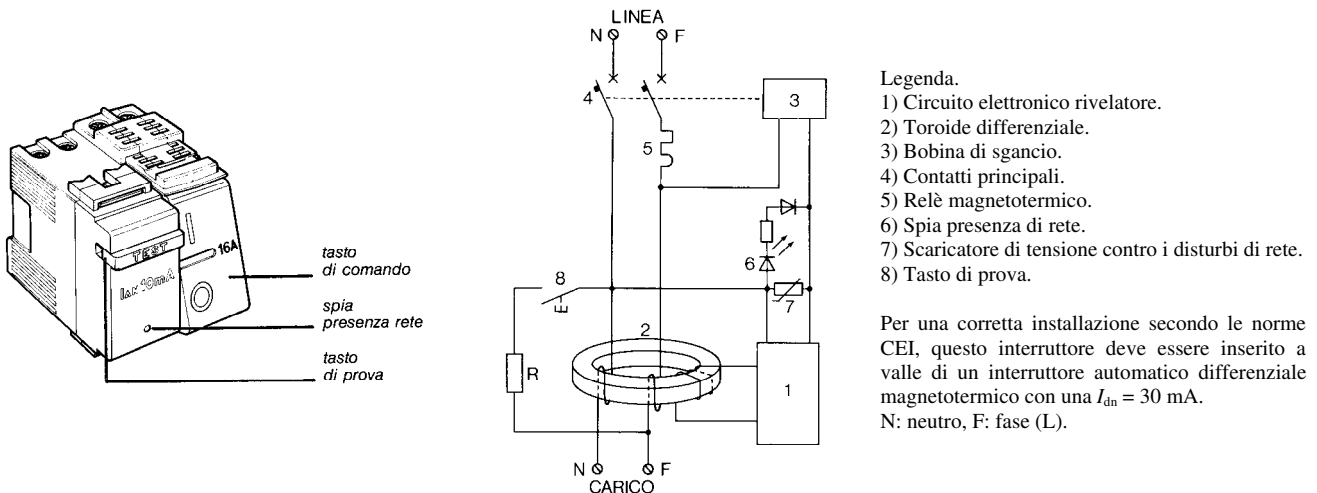


Fig. 2.82 - Esempio di interruttore di piccole dimensioni magnetotermico differenziale con una $I_{dn} = 10$ mA, correnti nominali da 6, 10, 16 A, tensione nominale di 230 V AC 50 Hz, potere di interruzione da 1,5 a 3 kA (bticino).

Al termine del montaggio è necessario controllare il corretto collegamento e l'efficacia dell'interruttore di protezione azionando il tasto di prova. È opportuno raccomandare all'utente di effettuare questa verifica ogni mese, ricorrendo ad un installatore se l'interruttore non interviene a prova effettuata.

In base al numero dei poli, gli interruttori differenziali possono essere bipolari, tripolari e quadripolari.

Per entrambi i tipi di apparecchi, con o senza sganciatore magnetotermico, i valori normalizzati sono:

- tensione e frequenza nominale: 230 e 400 V, 50 Hz;
- corrente nominale: 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125 A;
- corrente nominale differenziale di intervento (I_{dn}): 0,006; 0,010; 0,030; 0,1; 0,3; 0,5; 1 A;
- corrente nominale di cortocircuito nella combinazione formata da interruttore differenziale e dispositivo di protezione contro i cortocircuiti: 1500; 3000; 4500; 6000; 10000 A.

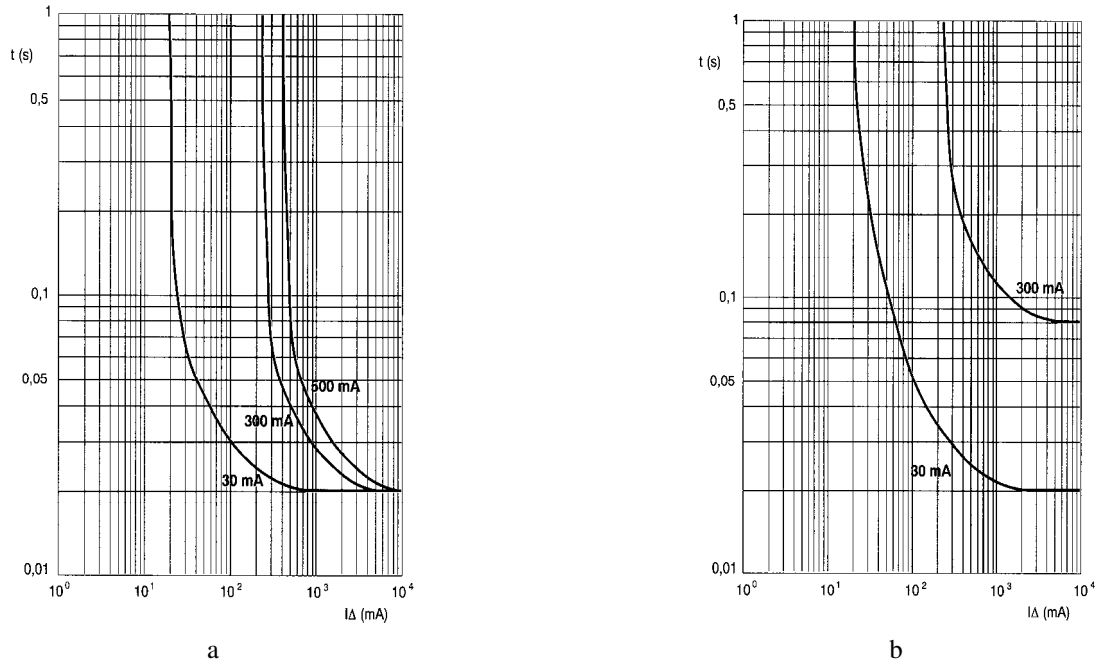


Fig. 2.83 - Caratteristiche di intervento: a) Differenziale degli interruttori magnetotermici differenziali Btdin 3. I_{dn} : 30 mA, 300 mA, 500 mA - b) Differenziali puri di tipo selettivo (S). I_{dn} : 30 mA, 300 mA (bticino).

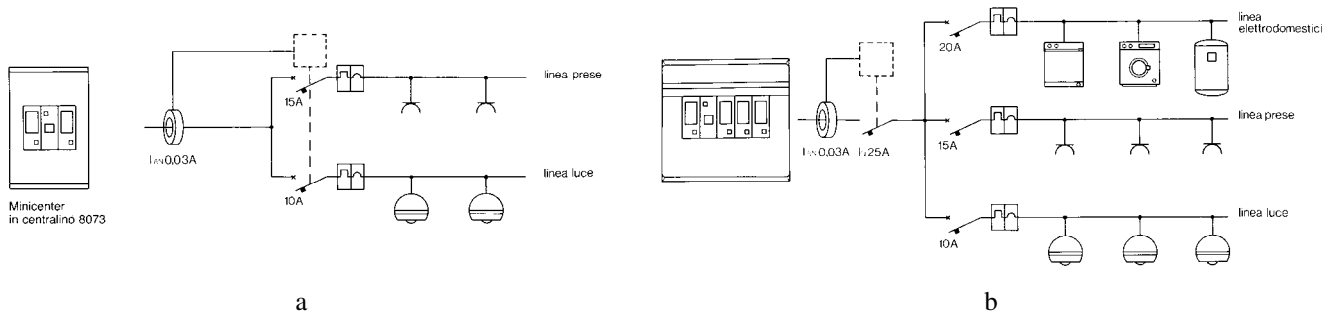


Fig. 2.84 - Esempi di applicazione di interruttore magnetotermici differenziali: a) Centralino residenziale con Minicenter dotato di interruttore differenziale con $I_{dn} = 0,03$ A due interruttori magnetotermici rispettivamente con una $I_n = 15$ A per la linea prese e con una $I_n = 10$ A per la linea luce - b) Centralino con un interruttore magnetotermico differenziale con $I_{dn} = 0,03$ A, $I_n = 25$ A e tre interruttori magnetotermici inseriti in un centralino per il comando di un impianto residenziale che prevede una linea elettrodomestici $I_n = 20$ A, una linea prese $I_n = 15$ A e una linea luce $I_n = 10$ A (bticino).

La normativa per gli interruttori differenziali d'uso domestico e similare (la norma CEI EN 61008-1 per i differenziali senza sganciatori di sovracorrente e la norma CEI EN 61009-1 per i differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati) classifica questi apparecchi secondo la tipologia di intervento:

- tipo **AC**, per gli interruttori il cui sgancio è assicurato per correnti alternate sinusoidali differenziali, applicate improvvisamente o lentamente crescenti; sono insensibili a correnti impulsive oscillatorie smorzate e sono conformi alle norme CEI EN 61008 e CEI EN 61009;
- tipo **A**, per gli interruttori il cui sgancio è assicurato sia per correnti alternate sinusoidali differenziali sia per correnti differenziali unidirezionali pulsanti (con componenti continue), applicate improvvisamente o lentamente crescenti; sono adatti per impianti con apparecchi utilizzatori muniti di dispositivi elettronici per raddrizzare la corrente o per la parzializzazione di tensione o corrente (per esempio, regolatori elettronici di luminosità, re-

golatori di velocità per motori elettrici); vengono alimentati direttamente dalla rete, senza interposizione di trasformatori di isolamento;

- tipo **B**, per corrente alternata e/o pulsante e/o continua; sono adatti per impianti dove sono presenti azionamenti elettronici per motori elettrici, avviatori statici e ogni tipologia di carico che possa generare una corrente di dispersione verso terra di tipo continuo;
- tipo **A immunizzato**, hanno le stesse caratteristiche del tipo A, ma con una maggiore immunità ai disturbi di rete e alle scariche atmosferiche; sono adatti dove si hanno frequenti scatti intempestivi per problemi di rete, ma non rappresentano una soluzione che risolve la totalità dei problemi: per avere il massimo di sicurezza di continuità del servizio occorre utilizzare i tipi con riarmo automatico.

In base al tempo di intervento al verificarsi di una corrente differenziale, le norme identificano due tipi di apparecchi:

- interruttori differenziali di tipo **generale**, senza ritardo intenzionale;
- interruttori differenziali **selettivi**, altrimenti detti del tipo **S**, con ritardo intenzionale, adatti per realizzare la selettività con interruttori differenziali di tipo generale.

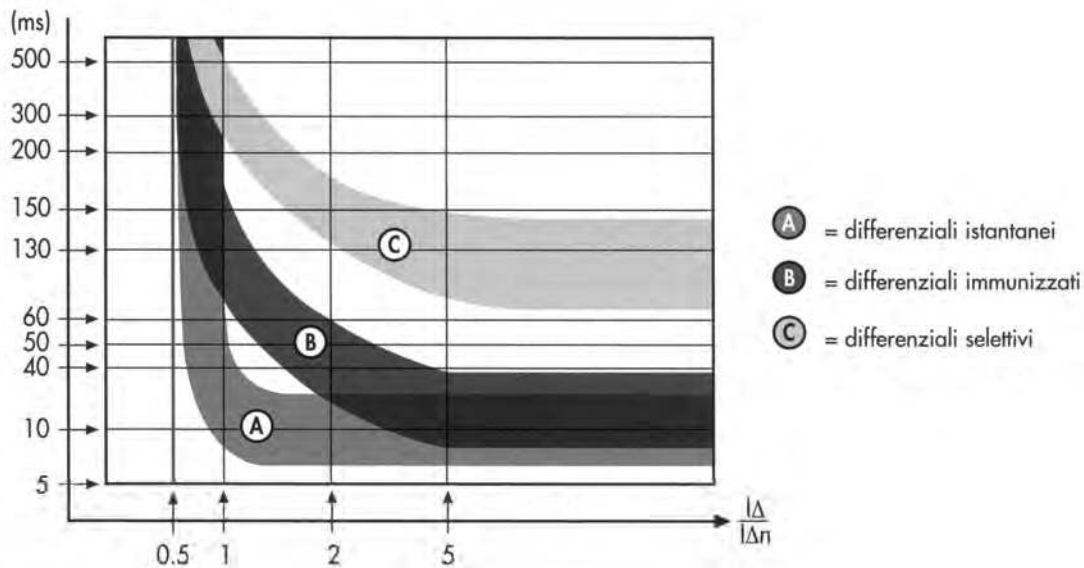


Fig. 2.85 - Caratteristica di intervento degli interruttori differenziali (Gewiss).

Nella tab. 2.53 è riportato un confronto fra i tempi di interruzione dei due differenti tipi di apparecchi.

Tipo di interruttore differenziale		Corrente differenziale			
		$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 A
Generale	Tempo massimo d'interruzione [s]	0,3	0,15	0,04	0,04
	Tempo minimo di non funzionamento	0,13	0,06	0,05	0,04
S	Tempo massimo d'interruzione [s]	0,5	0,2	0,15	0,15
	Tempo minimo di non funzionamento	0,13	0,06	0,05	0,04

Tab. 2.53 - Confronto fra i tempi di interruzione degli interruttori differenziali d'uso generale e quelli degli interruttori differenziali di tipo S.

Infine, sotto il profilo della soglia d'intervento differenziale ($I_{\Delta n}$), le norme prevedono:

- interruttori differenziali con un unico valore della corrente differenziale nominale (negli edifici ad uso residenziale);
- interruttori differenziali con corrente differenziale regolabile a gradini fissi (negli impianti industriali).

Per ciò che concerne gli interruttori differenziali per uso industriale, la norma di riferimento è la CEI EN 60947-2 A1 che contempla gli apparecchi differenziali con la funzione differenziale incorporata nell'interruttore.

Sugli interruttori differenziali per impiego industriale, sia il tempo di intervento che la soglia d'intervento differenziale possono essere regolati a gradini, oppure con variazione continua.

I dispositivi di protezione differenziale possono venire posti in serie, ai diversi livelli di ramificazione di un impianto, realizzando una selettività verticale, basata sia sui tempi sia sulle soglie di intervento differenziale.

Di seguito viene riportato nella fig. 2.87a un esempio di impianto dove viene realizzata la selettività differenziale su tre livelli.

Al **primo** livello trova posto un interruttore differenziale conforme alla norma CEI EN 60947-2 A1, con un dispositivo differenziale elettronico tarato per intervenire con una $I_{dn} = 1$ A ed in un tempo limite di non intervento pari a 1 s.

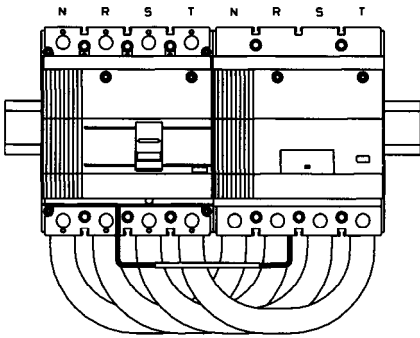


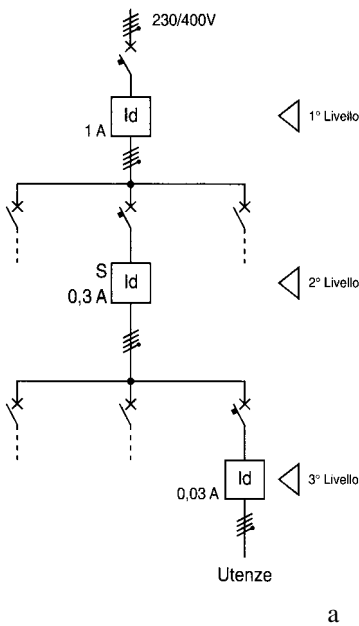
Fig. 2.86 - Esempio di montaggio affiancato di uno sganciatore differenziale per interruttori scatolati per impianti industriali.

Per gli interruttori magnetotermici scatolati per impianti industriali sono disponibili appositi sganciatori per il montaggio affiancato all'interruttore o per il montaggio sottoposta. Questi sganciatori, realizzati con tecnologia elettronica, agiscono direttamente sull'interruttore mediante un solenoide di apertura che viene alloggiato nell'apposita cava ricavata nella zona del terzo polo. Non è necessaria alcuna alimentazione ausiliaria perché vengono alimentati direttamente dalla rete e la loro funzionalità è garantita anche con una sola fase in tensione e/o in presenza di correnti unidirezionali pulsanti con componenti continue. Le condizioni di funzionamento dell'apparecchio possono essere controllate tramite un pulsante di prova del circuito elettronico, nonché un indicatore di intervento differenziale.

Al **secondo** e al **terzo** livello si trovano invece due interruttori differenziali conformi alla norma CEI EN 61009-1. Quello a monte è di tipo S, quello a valle è del tipo di uso generale.

Perché si possa verificare una selettività verticale fra questi due ultimi apparecchi, è necessario che quello a valle abbia un valore di I_{dn} pari ad almeno un terzo di quello dell'apparecchio a monte (il tipo S).

Solo in questo modo le due curve di intervento (fig. 2.87b), non sovrapponendosi in alcun punto, garantiscono che, in presenza di qualsiasi valore di I_d , i tempi massimi di intervento del differenziale a valle siano comunque inferiori a quelli minimi di non funzionamento del differenziale a monte.



1° livello.
Interruttore differenziale di tipo industriale, $I_{dn} = 1$ A e tempo limite di non intervento pari a 1 s.

2° livello.
Interruttore differenziale di tipo S, $I_{dn} = 0,3$ A e tempo limite di non intervento pari a 0,5 s.

3° livello.
Interruttore differenziale di uso generale, $I_{dn} = 0,03$ A, senza ritardo intenzionale.

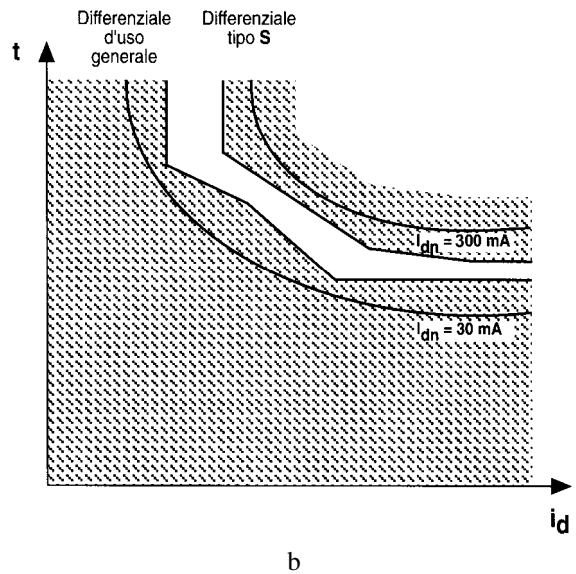


Fig. 2.87 - a) Selettività verticale realizzata con interruttori differenziali posti a tre differenti livelli circuitali - b) La non sovrapposizione in alcun punto delle curve di intervento differenziale garantisce la selettività tra il tipo S con $I_{dn} = 300$ mA posto al 2° livello e quello di uso generale $I_{dn} = 30$ mA posto al 3° livello.

La selettività fra interruttore differenziale di tipo S e quello industriale, installato a monte, è garantita da due fattori:

- la corrente differenziale nominale di non intervento dell'apparecchio a monte (pari a $0,5 I_{dn}$, vale a dire 0,5 A) è superiore alla soglia di intervento nominale dell'apparecchio a valle (0,3 A).
- il tempo limite di non intervento a due volte I_{dn} dell'apparecchio a monte, tarato a 1 s, è superiore al tempo massimo di intervento di un apparecchio di tipo S (0,5 s).

Per conformità alla norma CEI 64-8, il differenziale del primo livello (che potrebbe essere situato nel quadro generale di cabina) deve trovarsi a protezione dei circuiti di distribuzione.

Quello di secondo livello (tipo S) deve essere anch'esso posto a protezione dei circuiti di distribuzione, oppure di utenze fisse dei sistemi TN o IT, sulle quali vengano assicurati i livelli di equipotenzialità visti in precedenza.

Il differenziale del terzo livello è invece preposto alla protezione di utilizzatori mobili o prese a spina.

Negli interruttori differenziali con sganciatori magnetotermici, le caratteristiche di protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti ricalcano quelle degli interruttori automatici non differenziali.

Negli interruttori differenziali senza sganciatori, altrimenti detti "puri", la protezione degli apparecchi stessi contro i cortocircuiti deve essere realizzata ponendo a monte dell'apparecchio un interruttore automatico o dei fusibili con funzione di protezione contro i cortocircuiti.

I dati di coordinamento fra il differenziale e tale dispositivo vengono indicati dal costruttore del differenziale.

Per quanto riguarda i contatti, l'interruttore differenziale può sopportare senza danni correnti di cortocircuito che non superino il valore dichiarato della corrente di cortocircuito nominale condizionale (I_{nc}).

Per ciò che riguarda la funzione differenziale, l'integrità è garantita dal costruttore, purché non venga superato il valore dichiarato della corrente di cortocircuito nominale condizionale differenziale (I_{dc}).

2.18 Interruttori differenziali a riarmo automatico

Gli interruttori differenziali ad alta sensibilità sono costruttivamente complessi e possono generare due effetti indesiderati dovuti al tipo di installazione o alla cattiva manutenzione: **scatti intempestivi** e **mancato funzionamento** del differenziale.





Gli scatti intempestivi rappresentano la stragrande maggioranza degli intereventi dell'interruttore differenziale e sono tutti gli interventi dell'apparecchio che non avvengono per guasto, ma che sono dovuti ad anomalie dell'alimentazione o dei carichi e che, comunque, non rappresentano un pericolo per le persone.

Le cause degli interventi intempestivi sono molteplici e sono generalmente da ricondurre a fenomeni transitori che possono essere generati all'esterno (cause esterne) o dall'interno (cause interne) dell'impianto protetto dal differenziale. Il fenomeno più frequente è la fulminazione durante eventi temporaleschi.

Altra causa di tipo esterno sono le manovre di rete compiute dall'Ente distributore o la presenza nelle vicinanze di grandi carichi (fabbriche).

Un secondo evento indesiderato, meno sentito dall'utenza, è quello del possibile mancato intervento dell'interruttore differenziale.

La precisione di intervento degli attuali differenziali è garantita da tolleranze costruttive molto rigide e da meccanismi complessi. Tuttavia, se non sottoposti ad adeguata manutenzione, possono con il tempo e con l'azione di agenti esterni, deteriorarsi e non garantire più il massimo livello di sicurezza.

					
CAUSE INTERNE	DOMESTICO	TERZIARIO	INDUSTRIA	COMMERCIO	
Carichi elettronici					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Inserzioni di lampade a scarica					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Inserzione di inverter					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Disinserzione di carichi induttivi					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Inserzione di linee con grandi capacità verso terra (linee lunghe o schermate)					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Inserzione di motori					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Inserzione di trasformatori					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Elevate correnti di inserzione					<input type="checkbox"/> Problema non presente
CAUSE ESTERNE	DOMESTICO	TERZIARIO	INDUSTRIA	COMMERCIO	
Fulmini					<input type="checkbox"/> Problema non presente
Manovre sulla rete					<input type="checkbox"/> Problema non presente

Problema non presente

Problema poco frequente

Problema ricorrente

Fig. 2.88 - Cause più frequenti degli scatti intempestivi degli interruttori differenziali (Gewiss).

I costruttori hanno a catalogo dei particolari interruttori differenziali che hanno risolto gli inconvenienti descritti precedentemente. In particolare, la ditta Gewiss propone una serie di prodotti, con riarmo automatico sia per interruttori differenziali che per magnetotermici differenziali modulari e interruttori differenziali puri con riarmo automatico e autodiagnosi incorporata.

Queste apparecchiature sono disponibili nelle versioni a 2 e a 4 poli, con caratteristiche tecniche (corrente nominale, potere di interruzione, sensibilità differenziale, ecc.) simili ai dispositivi non dotati di riarmo automatico e autodiagnosi incorporata.

Nella fig. 2.90b viene mostrato un differenziale puro che esegue un'autodiagnosi settimanale, simulando a tutti gli effetti il test eseguito premendo l'apposito pulsante, con il vantaggio di non togliere tensione all'impianto collegato a valle. Questo dispositivo elimina anche l'inconveniente degli scatti intempestivi. Infatti, a seguito di un suo intervento, questo tipo di interruttore verifica l'integrità dell'isolamento dell'impianto collegato a valle e, nel caso l'isolamento sia corretto, il dispositivo si autoripristina, rialimentando l'utenza collegata.

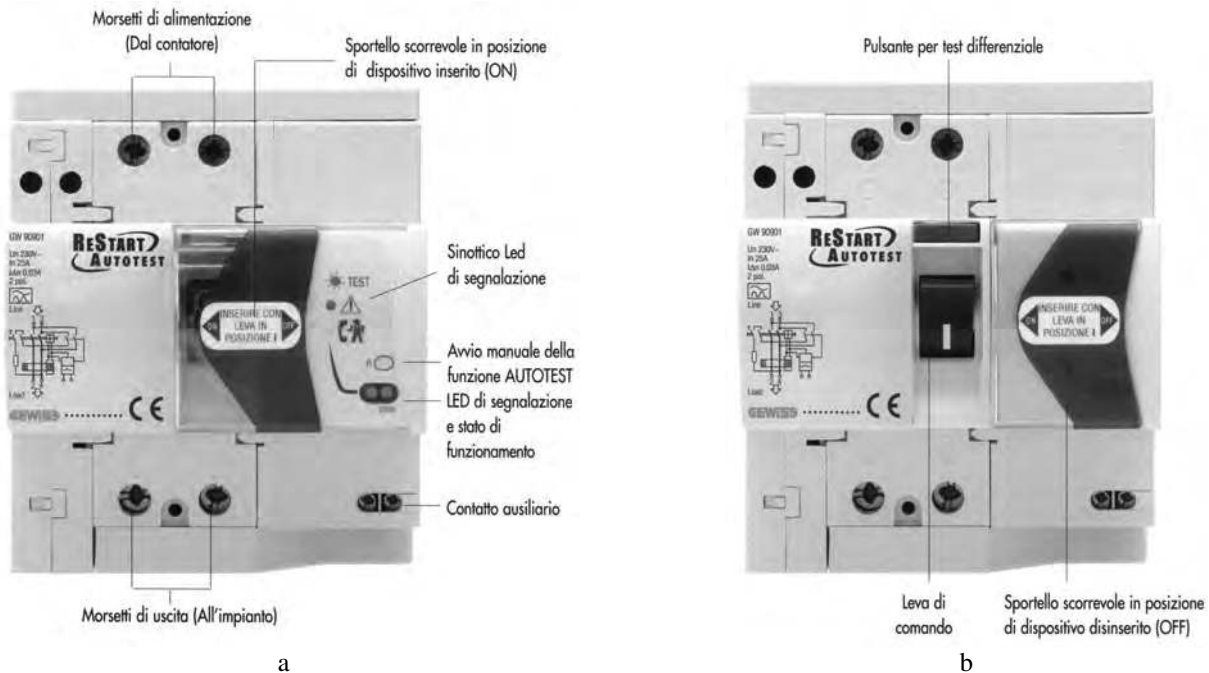


Fig. 2.89 - Interruttore differenziale della serie 90 ReStart e Autotest a 2 poli: a) Funzionamento automatico-autotest e ReStart attivi - b) Funzionamento manuale-autotest e ReStart non attivi (Gewiss).

L'autodiagnosi. L'interruttore mostrato nella fig. 2.89 è un differenziale monoblocco con l'unità di riarmo incorporata, che esegue in automatico e con cadenza settimanale un test dello sganciatore differenziale, identico al test eseguito con la pressione dell'apposito pulsante, come mostrato nella fig. 2.89.

Al momento del test, viene prima chiuso un bypass (K) sui contatti dell'interruttore e, dopo pochi istanti, viene creata una situazione di squilibrio delle correnti e il relè differenziale scatta. La continuità di servizio è garantita dal bypass chiuso precedentemente.

La protezione per le persone è comunque garantita dal fatto che il toroide che rileva la corrente differenziale è sempre attraversato dalla corrente di potenza e quindi è sempre pronto ad intervenire in caso di anomalia nella somma delle correnti.

L'elettronica interna controlla se l'apertura dei contatti di potenza principali avviene correttamente a seguito dell'iniezione della corrente differenziale. Nel caso in cui questi non vengano aperti dal relè differenziale, un LED frontale segnala all'utente l'anomalia, indicandogli che la protezione differenziale potrebbe non essere in piena efficienza. Se, come avviene nella maggior parte dei casi, i contatti di potenza principali si aprono regolarmente, il test è positivo e l'unità integrata di riarmo procede alla richiusura dei contatti di potenza principali. Infine, il bypass si apre e il test è eseguito regolarmente.

A seguito dell'installazione, è possibile avviare in modo manuale l'autotest, al fine di verificare il corretto cablaggio e sincronizzarne il ciclo settimanale.

L'uso di queste apparecchiature, in particolare negli impianti elettrici residenziali, verificando regolarmente l'efficienza dell'apparecchiatura, garantisce un'efficienza costante dalla protezione contro i contatti indiretti.

Il riarmo automatico. Questi tipi di interruttori differenziali risolvono anche il problema dello scatto intempestivo. Infatti, attraverso il riarmo automatico (R) dei differenziali puri o dei magnetotermici differenziali, il dispositivo elimina l'inconveniente dello scatto intempestivo alla radice, rialimentando l'impianto in tempi rapidi.

Questi tipi di differenziali riescono a discriminare l'intervento dovuto ad un guasto da quello dovuto a disturbi (scatto intempestivo), procedendo ad un controllo del buono stato dell'impianto a valle in seguito ad uno scatto del differenziale, come mostrato nella fig. 2.90.

Nel caso il controllo avesse esito positivo, cioè non venissero rilevate correnti verso terra consistenti, il dispositivo esegue il riarmo rialimentando il carico ed eliminando il disagio e i danni economici, anche di notevole entità, dovuti ai lunghi black-out (per esempio, freezer scongelati, impianti di allarme fuori servizio, sistemi di videocontrollo, cancelli, caldaie, acquari, sistemi di irrigazione).

Il ciclo di riarmo avviene dopo uno scatto intempestivo dell'interruttore e a seguito del controllo dell'impianto. Il dispositivo effettua fino ad un massimo di 3 richiuse in caso di sganci successivi ravvicinati (entro 3 minuti), a seguito dei quali il dispositivo va in blocco, segnala l'anomalia e permette il riarmo dell'interruttore solo manualmente, come mostrato nella fig. 2.90c.

Dopo 3 minuti dal riarmo, il conteggio si azzerava.

Il controllo dell'impianto preventivo al riarmo consente di rialimentare l'impianto in sicurezza per le persone e le cose, evitando inutili rischi per l'utenza e scongiurando anche possibili rischi di incendio.

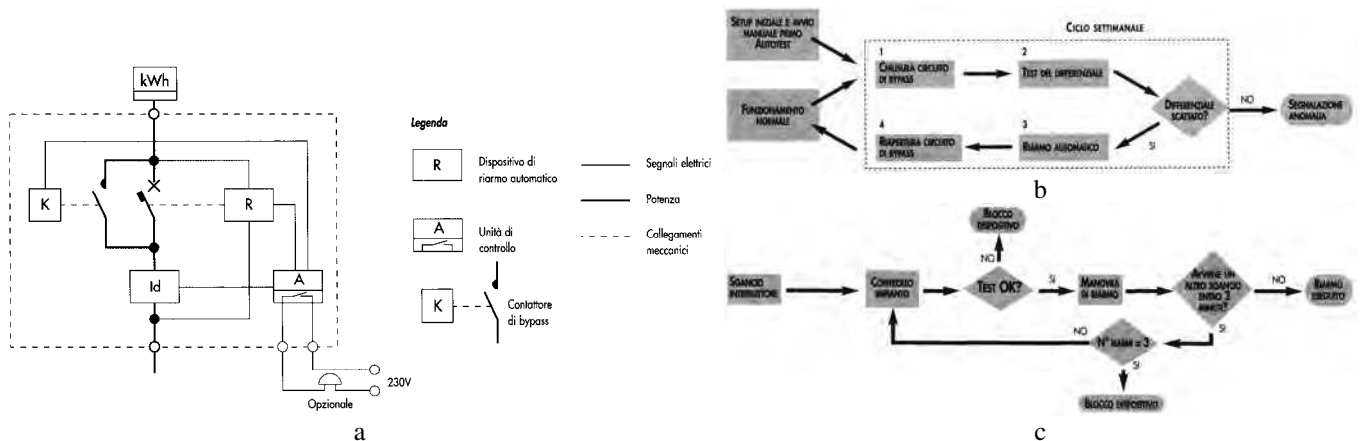


Fig. 2.90 - a) Schema elettrico interno di un differenziale a riarmo automatico - b) Ciclo di test settimanale - c) Ciclo di riarmo automatico (Gewiss).

A seguito di uno scatto, la versione per magnetotermici differenziali esegue, oltre al controllo della presenza di eventuali guasti verso terra, anche un controllo sull'impedenza di linea in modo da escludere la possibilità di un riarmo in caso di cortocircuito.

L'utente ha in ogni momento la possibilità di intervenire manualmente ripristinando lui stesso l'alimentazione, ma la segnalazione di pericolo di impianto con fuga di corrente verso terra gli permetterà di prendere delle precauzioni prima di procedere al tentativo di riarmo manuale, in quanto è già avvisato che il proprio impianto non è perfettamente in sicurezza.

Il contatto ausiliario dell'unità di controllo (A) permette di avere, anche a distanza dall'interruttore, una segnalazione dello stato di attesa del dispositivo, se questo non può riarmare per insufficiente isolamento (per esempio, ad una suoneria, ad un combinatore telefonico, ad un personal computer).

La segnalazione avviene solamente in caso di ritardo o impossibilità nel riarmo. Se il riarmo può essere eseguito immediatamente, non verrà data nessuna segnalazione per non generare falsi allarmi.

2.19 Interruttori a camme

Gli interruttori a camme sono delle apparecchiature di comando non automatiche che funzionano tramite un meccanismo in grado di ruotare mediante una manopola di comando.

I contatti, doppi in lega di argento, che fanno riferimento a dei morsetti di collegamento, sono azionati da una camma, che trasforma il moto rotatorio della manopola di comando in moto lineare del nottolino.

La possibilità di sagomare le camme in vario modo (v. fig. 6.7, Capitolo 6), unita alla modularità che contraddistingue il blocco contatti, consente di realizzare interruttori a camme costituiti da un numero di elementi molto vario, in relazione alle funzioni che i contatti dovranno svolgere nell'impianto.

La costruzione modulare delle piastre porta contatti diventa particolarmente utile qualora sia necessario effettuare delle modifiche al circuito su commutatori già installati, semplificando così la progettazione e riducendo i tempi di montaggio.

Questa caratteristica permette così svariate combinazioni circuitali, poiché esternamente si possono collegare i contatti di un apparecchio con quelli di un altro.

Dal punto di vista costruttivo, sono previsti per il montaggio da retroquadro, dove i morsetti sono accessibili posteriormente, oppure su pannello di fondo e su guida DIN, dove i morsetti sono accessibili frontalmente.

Nella parte anteriore è presente una manopola che sovrasta una targa o mostrina che indica, con la posizione della manopola, la funzione svolta dai contatti.

Alcuni modelli sono forniti di dispositivo blocco porta; inoltre, sono previste delle prolunghe dell'albero di comando per arrivare sino ad una profondità di circa 200 mm.



Caratteristiche generali.

Idonei per l'interruzione, la commutazione, l'inserzione di circuiti e per l'avviamento di motori.

Possibilità di schemi elettrici speciali. Protezione frontale IP40 oppure IP65. Fissaggio al pannello tramite due viti.

Fig. 2.91 - Esempi di interruttori a camme (Lovato).

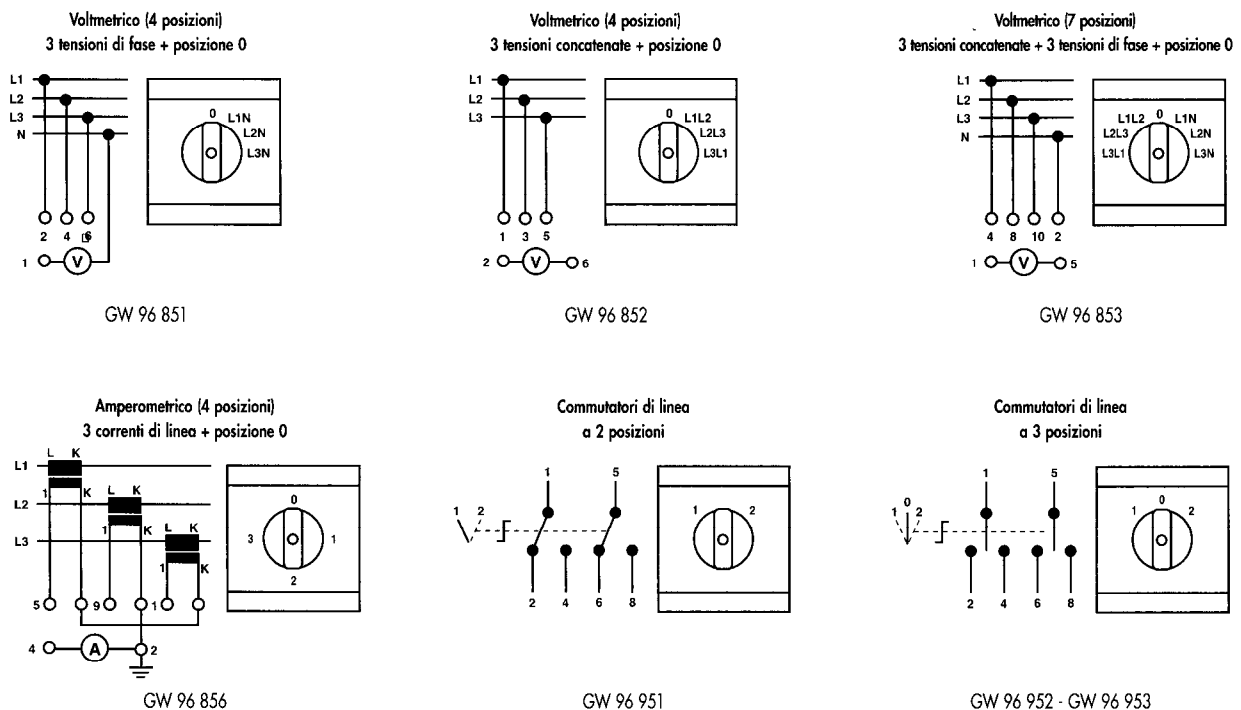


Fig. 2.92 - Esempi di schemi di collegamento degli interruttori a camme (Gewiss).

Altre caratteristiche costruttive rendono semplici e veloci le operazioni di montaggio:

- morsetti di collegamento con viti imperdibili, con testa a croce e intaglio e placchetta serrafilo retrattile;
- guida anche per cacciavite pneumatico o elettrico, per facilitare il cablaggio;
- morsetto fornito già aperto, per un veloce montaggio;
- chiara identificazione della numerazione dei punti di connessione, per evitare possibili errori di cablaggio.

Gli interruttori a camme rappresentano una soluzione economica, come apparecchi di commutazione in circuiti ausiliari, circuiti luce, circuiti di misura, ma possono anche essere utilizzati come interruttori per il comando di motori elettrici, per piccole e medie potenze, fino a poco più di 10 kW.

Possono altresì essere utilizzati, in una macchina, come interruttore principale, in quanto sono conformi alla norma CEI 44-5 e alla norma IEC 204-1, perché dotati di tutti i dispositivi di sicurezza per il sezionamento dei circuiti e per la disattivazione della macchina in caso di emergenza.

Queste apparecchiature, non essendo dotate di un elevato potere di interruzione, devono essere protette contro i cortocircuiti mediante fusibili o interruttore automatico.

Gli interruttori a camme possono svolgere, come si è detto precedentemente, svariati compiti e di conseguenza è possibile trovarli in diverse configurazioni circuitali; di seguito vengono segnalate le più significative:

- semplice interruttore nelle versioni unipolare, bipolare, tripolare, tetrapolare;
- commutatore di linea nelle versioni unipolare, bipolare, tripolare, tetrapolare;
- commutatori per motori, con le seguenti funzioni: invertitore di marcia tripolare, avviatori stella-triangolo, commutatore di polarità, avviatori stella triangolo con invertitori di marcia, commutatori di polarità con invertitori di marcia, invertitori di marcia per motori monofase, ecc.;
- commutatore voltmetrico, per le tre tensioni di fase o per le tre tensioni concatenate, con la possibilità di inserzione diretta o mediante trasformatore voltmetrico;
- commutatore amperometrico, con la possibilità di inserzione diretta o mediante trasformatore amperometrico (TA).

I principali dati che è possibile trovare sui cataloghi tecnici e che caratterizzano queste apparecchiature sono mostrati nella tab. 2.54.

DATI TECNICI								
	In<63A				In≥63A			
Norma di riferimento:	EN 60947-3				EN 60947-3			
Tensione nominale Un (V):	230-400 a.c.				230-400 a.c.			
Tensione nominale d'isolamento Ui (V):	500 a.c.				500 a.c.			
Tensione nominale d'impulso Uimp (kV):	4				4			
Frequenza nominale (Hz):	50				50			
Corrente nominale d'impiego Ie (A):	16	20	32	40	63	80	100	125
Categoria di utilizzo:	AC-23B				AC-22B			
Potere di chiusura nominale (A):	160	200	320	400	189	240	300	375
Potere di interruzione nominale (A):	128	160	256	320	189	240	300	375
Corrente nominale ammissibile di breve durata Icw (A):	192	240	384	480	756	960	1200	1500
Corrente nominale condizionale di cortocircuito (kA):								
MTC 45	4,5	4,5	4,5	3	3	3	3	3
MTC 60 - MT 60	6	4,5	4,5	3	3	3	3	3
MTC 100 - MT 100	6	4,5	4,5	3	3	3	3	3
MT 250	6	4,5	4,5	3	3	3	3	3
MTHP 160 - MTHP 250	3	3	3	3	3	3	3	3
Potenza dissipata per polo (W):	0,45	0,52	0,8	1,5	2	3,2	5	6
Sezione massima conduttori (mm²):	25				50			

Tab. 2.54 - Principali caratteristiche tecniche degli interruttori a camme (Gewiss).

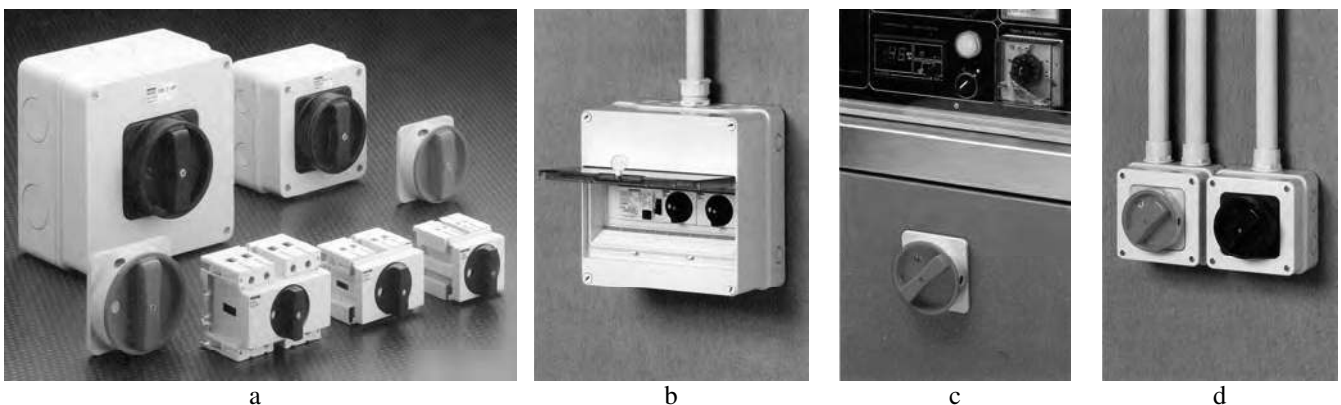


Fig. 2.93 - a) Interruttori rotativi di comando - b) Montaggio di interruttori rotativi su guida DIN-EN 50.022 in un centralino stagno - c) Interruttore rotativo con manopola rossa e flangia gialla montata a quadro - d) Montaggio in batteria di due interruttori rotativi in cassetta stagna (Gewiss).

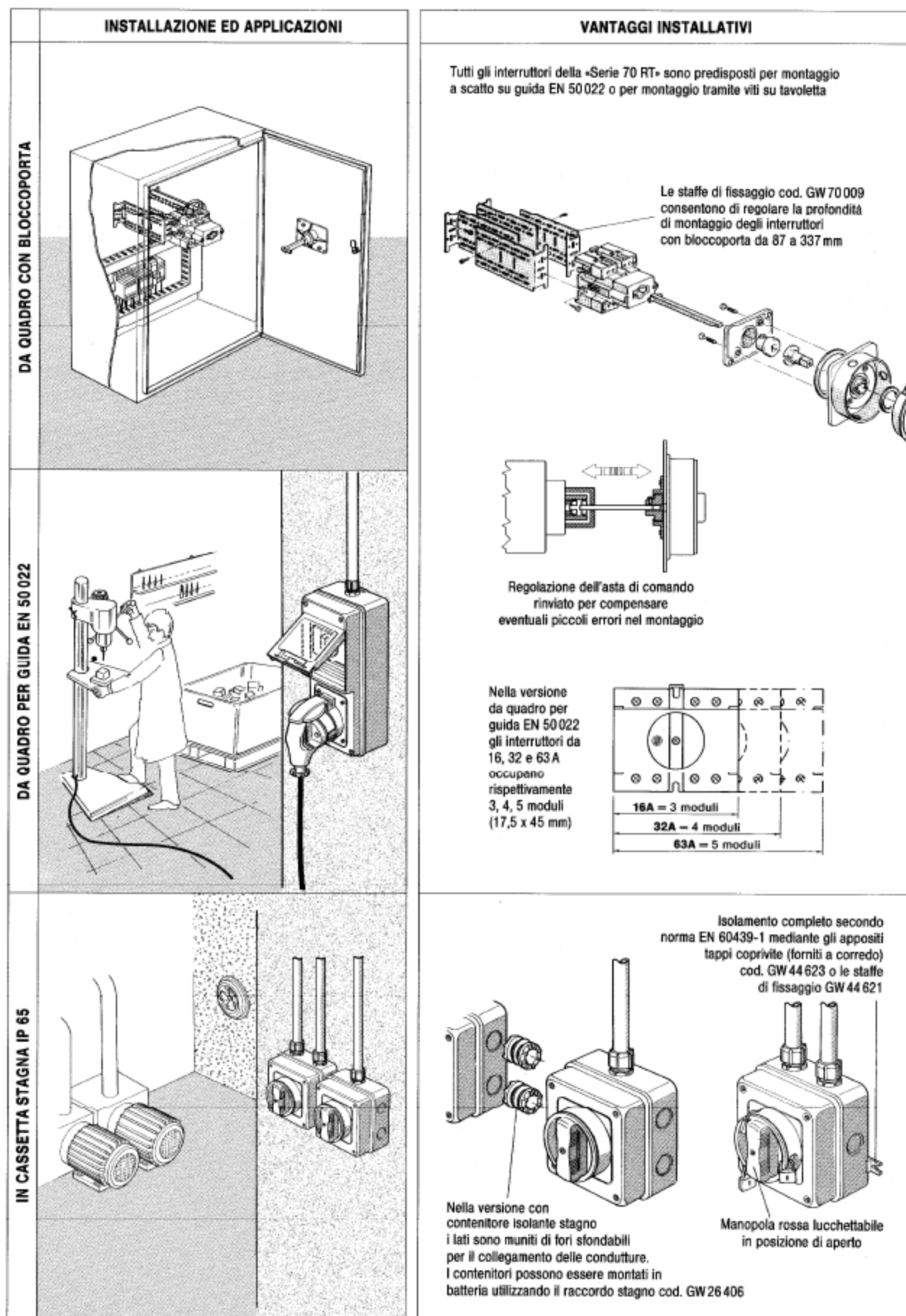


Fig. 2.94 - Esempi di impiego e di installazione degli interruttori sezionatori (Gewiss).

2.20 Fusibili

I fusibili sono apparecchiature con il compito di proteggere i circuiti elettrici dai cortocircuiti e dai sovraccarichi. Le norme che riguardano i fusibili sono numerose e, tra le principali, è bene citare la norma CEI 32-1 “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua. Parte 1: Prescrizioni generali”, la norma CEI 32-4 “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua. Parte 2: Prescrizioni supplementari per i fusibili per uso da parte di persone addestrate (fusibili principalmente per applicazioni industriali)”, la norma CEI 32-5 “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua. Parte 3: Prescrizioni supplementari per i fusibili per uso da parte di persone non addestrate (fusibili principalmente per applicazioni domestiche e similari)” e la norma CEI 32-7 “Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata e a 1500 V per corrente continua. Parte 4: Prescrizioni supplementari per le cartucce per la protezione di dispositivi a semiconduttore”. Tutte le norme definiscono i fusibili come dispositivi di interruzione che aprono il circuito sul quale sono inseriti.

L'operazione è svolta mediante la fusione di una o più parti, dimensionate in modo opportuno per tale scopo, e provoca l'interruzione della corrente, qualora questa superi un determinato valore fissato dal costruttore e per un tempo sufficientemente lungo.

L'apparecchiatura di protezione è composta, in realtà, da due parti, l'una fissa e l'altra mobile: la prima (quella fissa) è rappresentata dal portafusibile, che consente il collegamento tra il fusibile e il resto del circuito; la seconda (quella mobile) è costituita dal fusibile (cartuccia) che deve essere sostituito ogni qualvolta interviene.

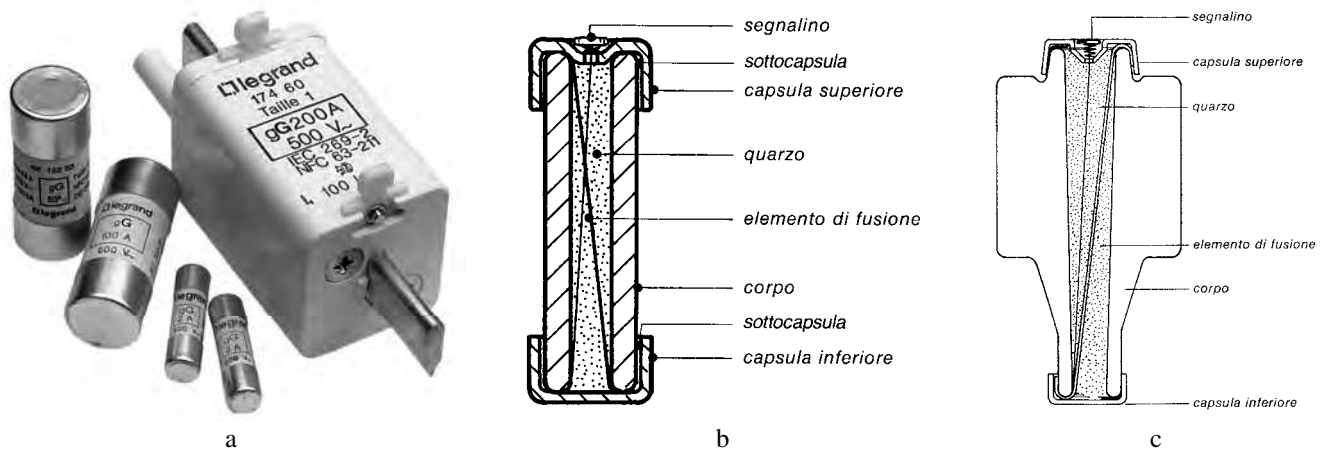


Fig. 2.95 - a) Esempio di fusibili cilindrici e di fusibile a coltello per uso industriale (Legrand) - b) Elementi caratteristici dei fusibili cilindrici - c) Elementi caratteristici dei fusibili tipo D (WEBER).

La cartuccia contiene, in un involucro di porcellana, vetro o ceramica, l'elemento fusibile, costituito da fili o piattine di dimensioni opportune e realizzati con apposite leghe conduttrici.

L'involucro può contenere sabbia di silice o altre sostanze spegniarco. L'elemento fusibile è saldato ai contatti che lo collegano al circuito esterno attraverso il portafusibile.

I fusibili possono avere anche alcuni dispositivi accessori come, per esempio, un dispositivo indicatore che fuoriesce dalla sua sede per segnalare l'intervento del fusibile, oppure un percussore in grado di azionare dei contatti per segnalare l'intervento del dispositivo.

Le grandezze elettriche che caratterizzano i fusibili sono:

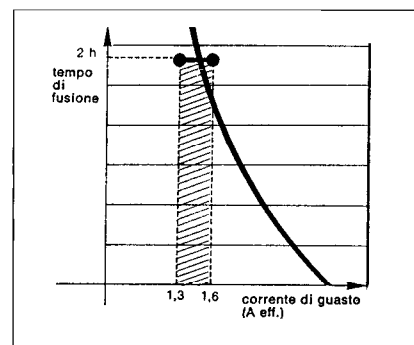
- la *tensione nominale* U_n - esprime la massima tensione di esercizio;
- la *corrente nominale* I_n - indica la massima corrente che il fusibile può sopportare in modo continuo senza deteriorarsi;
- la *corrente convenzionale di fusione* I_f - evidenzia il valore minimo della corrente che, per un prefissato tempo convenzionale, determina la fusione del fusibile;
- la *corrente convenzionale di non fusione* I_{nf} - identifica il valore massimo della corrente che, per un tempo convenzionale determinato, può essere sopportata dal fusibile senza che esso fonda; il tempo convenzionale d'intervento è di 1 ora per i fusibili fino a 63 A e di 2 ore per i fusibili con una corrente maggiore;
- la *corrente presunta* - esprime la corrente che circolerebbe in caso di cortocircuito, se il fusibile fosse sostituito da un collegamento con un'impedenza trascurabile;
- la *corrente limitata* - indica la corrente massima che passa effettivamente nel fusibile prima dell'interruzione, in caso che essa sia inferiore a quella presunta; il fusibile ha la capacità di limitare la corrente ad un valore inferiore alla corrente presunta, risultando particolarmente utile per la protezione contro i cortocircuiti. La caratteristica

di limitazione della corrente determina due benefici, vale a dire la riduzione dell'effetto distruttivo termico, che è funzione dell'energia specifica passante I^2t , e la riduzione dell'effetto distruttivo elettrodinamico, che è funzione del quadrato del valore della corrente durante la fase di cortocircuito;

- il *potere di interruzione* - evidenzia il valore della corrente presunta che il fusibile è in grado di interrompere. Le norme fissano a 6 kA il potere di interruzione minimo dei fusibili con una tensione nominale di 240 V e a 20 kA quello dei fusibili con una tensione nominale di 500 V;
- la *potenza dissipata* - è riferita alla corrente nominale;
- la *durata di prearco* - identifica il tempo che va dall'istante in cui inizia la sovracorrente fino all'inizio dell'arco;
- la *durata d'arco* - esprime il tempo che caratterizza la durata dell'arco;
- il *tempo di funzionamento* - è la somma della durata di prearco e della durata d'arco;
- l'*energia specifica passante (I^2t) o integrale di Joule* - indica l'energia che determina il surriscaldamento nel circuito da proteggere; è riferita, in genere, alla corrente presunta e al tempo di prearco. La presenza dell'elemento di protezione (fusibile o interruttore automatico di tipo limitatore) riduce notevolmente questa energia. In assenza di protezione, tutta l'energia provocata dal cortocircuito tenderebbe a passare, con effetti distruttivi, attraverso le parti componenti l'impianto;

Correnti convenzionali X In			
portata	Inf. corrente di non fusione	If. corrente di fusione	t = tempo convenzionale
In 4 A	1,5 In	2,1 In	1 h
da 5 a 10 A	1,5 In	1,9 In	1 h
da 11 a 25 A	1,4 In	1,9 In	1 h
da 26 a 63 A	1,3 In	1,75In	1 h
da 64 a 100 A	1,3 In	1,6 In	2 h
da 101 a 160 A	1,2 In	1,6 In	2 h
da 161 a 400 A	1,2 In	1,6 In	2 h
da 401 a 1000 A	1,2 In	1,6 In	4 h

Inf: corrente di non fusione
If : corrente di fusione
t : tempo convenzionale



Fissato un tempo convenzionale di 2h, per un gi 100 si ha dal grafico qui sopra: Inf = 1,3 In If = 1,6 In

Fig. 2.96 - Legame tra portata, corrente di non fusione, corrente di fusione e tempo convenzionale (WEBER).

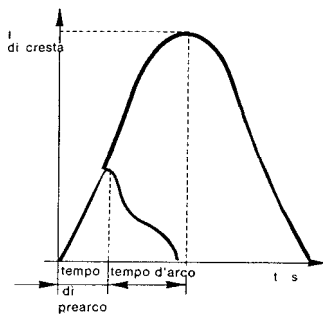


Fig. 2.97 - Grafico rappresentante gli impulsi termici di prearco e di arco (WEBER).

Un fusibile interrompe un cortocircuito in due tempi: prearco e arco. L'impulso termico di prearco corrisponde all'energia necessaria per raggiungere il punto di fusione dell'elemento fusibile. L'impulso termico dell'arco corrisponde all'energia compresa tra la fine del prearco e la fusione totale, ovvero sviluppata durante lo spegnimento dell'arco. È importante considerare che l'impulso termico del prearco è sensibilmente costante, qualunque sia la corrente di guasto.

- le *caratteristiche tempo-corrente* - esprimono, in scala logaritmica, il tempo virtuale di prearco in funzione della corrente presunta di cortocircuito; le norme stabiliscono delle fasce limite da rispettare e ammettono una tolleranza del $\pm 7\%$ nella direzione dell'asse delle correnti; la caratteristica può essere del tipo ritardato, utile, per esempio, per la protezione dei motori asincroni trifase, o del tipo rapido o ultrarapido per la protezione dei semiconduttori;
- la *classe di funzionamento* e la *classe di esercizio* - le norme indicano due classi di funzionamento, vale a dire "g" e "a". I fusibili di classe "g" sono a tutto campo, con corrente di intervento di poco superiore alla corrente nominale. I fusibili di classe "a" proteggono, invece, solo per correnti multiple di I_n , cioè contro i cortocircuiti, e lasciano una larga fascia non protetta che può andare, per esempio, da I_n a $4 I_n$, e sono utilizzati, per questo motivo, in combinazione con i relè termici. La classe di esercizio, invece, è indicata con una lettera maiuscola, vale a dire L per la protezione di cavi, avvolgimenti e motori, M per apparecchi di manovra e motori, R per i semiconduttori, G per impiego generale. È bene ricordare che la norma CEI 32-1 fa riferimento alle classi di esercizio M e G (generica);

- la *selettività* tra fusibili collegati nell'impianto in serie - è ottenuta, in caso di sovracorrente, quando fonde solo il fusibile a valle del circuito interessato dal guasto, mentre i fusibili a monte, aventi una corrente nominale maggiore, non intervenendo, consentono il funzionamento dei rami non interessati dal guasto. Affinché la selettività si verifichi, è necessario che le curve caratteristiche dei fusibili o di un interruttore automatico non si intersechino e siano tra loro distanziate;

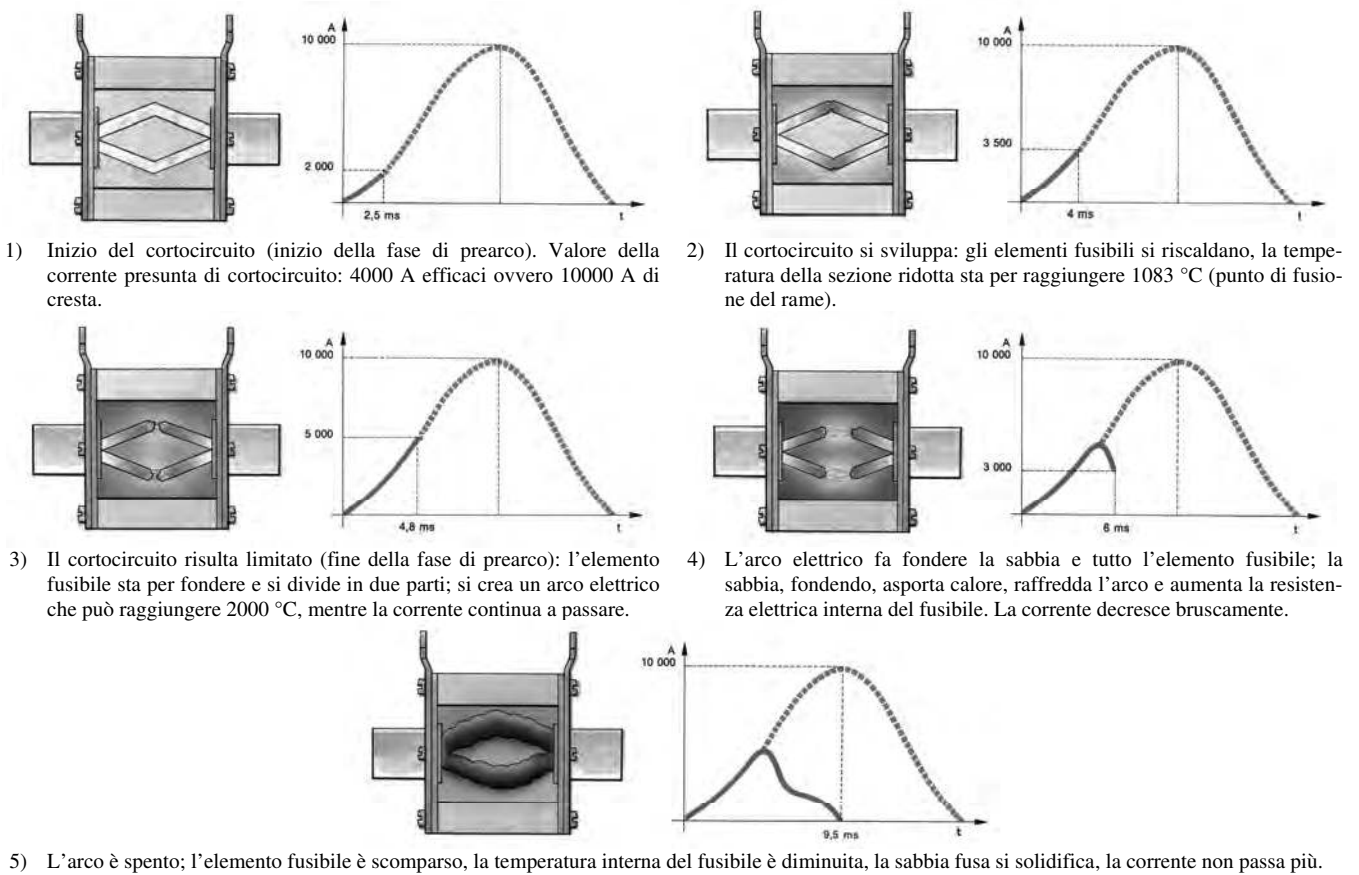
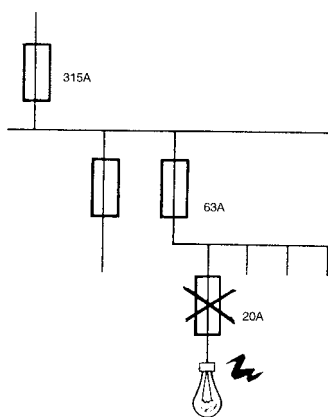


Fig. 2.98 - Comportamento di un fusibile durante il cortocircuito (Legrand).



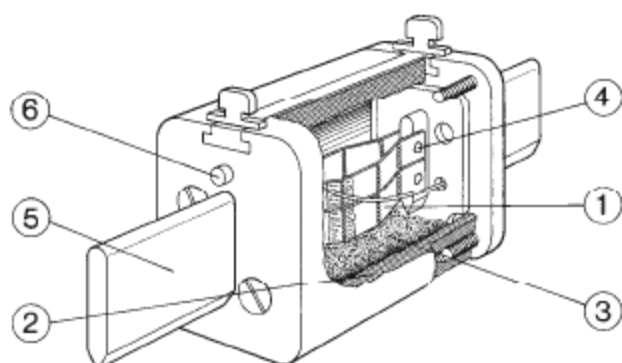
Il fusibile da 20 A interrompe il guasto prodotto sulla linea protetta. Se il fusibile da 63 A o quello da 315 A avesse anch'esso interrotto il circuito elettrico in esame (cattiva selettività), l'insieme dell'impianto sarebbe andato fuori servizio.

Fig. 2.99 - Selettività mediante l'uso dei fusibili.

- la *temperatura ambiente* - le curve caratteristiche sono riferite alla temperatura di 20 °C, ma i fusibili possono operare, normalmente, in modo corretto da -5 °C a +45 °C. Le caratteristiche di un fusibile non sono alterate da aumenti della temperatura ambiente, anche se tali aumenti comportano una riduzione della sua vita. Per valori di temperatura superiori all'intervallo indicato, occorre passare, secondo i costruttori, ad una taglia superiore per ogni aumento di 10 °C rispetto ad una temperatura ambiente di 35 °C. Esiste tuttavia un limite che non può essere superato, in quanto il materiale costituente le cartucce non sopporta temperature superiori a 95÷100 °C. Di conseguenza, oltre questi valori, si registra un invecchiamento molto rapido dei fusibili.

I fusibili hanno diversi vantaggi, quali la resistenza all'invecchiamento e la relativa non variazione delle caratteristiche elettriche, l'elevato potere di interruzione, che può arrivare, nei modelli con tensione nominale di 380/400 V, fino a 100 kA, il basso valore di potenza dissipata, la sicurezza di manutenzione e la già citata capacità di ridurre le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche che, in caso di cortocircuito, si manifestano tra i conduttori.

Sul fusibile sono stampigliati, in genere, il nome del costruttore, il numero di catalogo, la corrente e la tensione nominale.



Legenda.

- 1) L'elemento fusibile: la sua scelta definisce la corrente nominale e la capacità di rottura; da esso dipende il relativo consumo.
- 2) Il corpo: deve essere molto solido poiché supporta sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche molto elevate al momento dell'intervento.
- 3) La sabbia: il suo compito è di soffocare e di raffreddare l'arco; deve essere pura e la sua granulometria varia in funzione dei diversi tipi di fusibili.
- 4) Il collegamento tra il fusibile e i coltelli: non deve perturbare il funzionamento; la qualità della saldatura, operazione delicata, è essenziale.
- 5) I coltelli: assicurano il collegamento elettrico della cartuccia con la base. La qualità del contatto evita i surriscaldamenti.
- 6) Il sistema di segnalazione dell'intervento (segnalatore o percussore): deve essere preciso e affidabile.

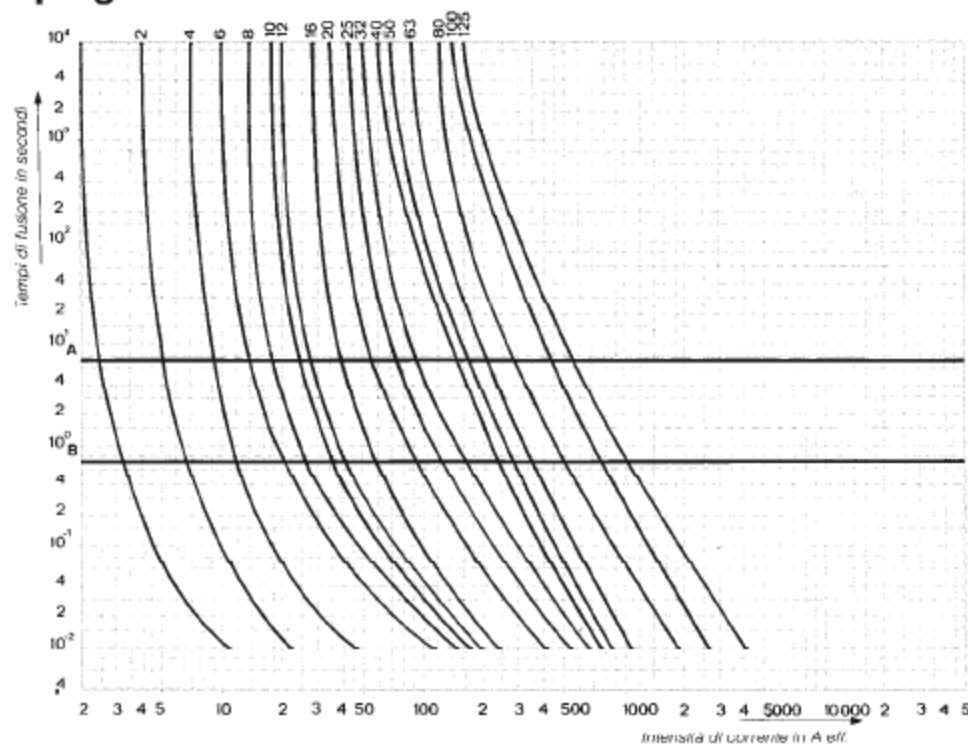
Fig. 2.100 - Elementi fondamentali di un fusibile a coltello tipo NH per uso industriale (Legrand).

Dal punto di vista costruttivo, i fusibili possono avere una forma cilindrica (a tappo) per uso industriale e nel terziario e sono disponibili, in genere, nelle versioni 8,5x31,5 - 10x38 - 10x80 - 14x51 - 22x58, con correnti nominali di 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100 A. I fusibili a coltello possono arrivare a valori più alti di corrente nominale, raggiungendo anche 1000 A.

Sono disponibili in commercio fusibili con tubetto in vetro o in ceramica per la protezione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche ad intervento ritardato, semiritardato, rapido e extrarapido, nelle versioni 5x20 - 5x25 - 5x30 - 6,3x25,4 - 6x30 - 6,3x32, con correnti nominali che vanno da un minimo di 50 mA ad un massimo di 25 A.

Alcuni tipi di fusibili sono caratterizzati dalla presenza sul tubetto di fascette colorate che ne indicano, secondo il codice dei colori che usualmente è utilizzato per determinare il valore di resistenza dei resistori, il valore della corrente nominale.

tipo gG



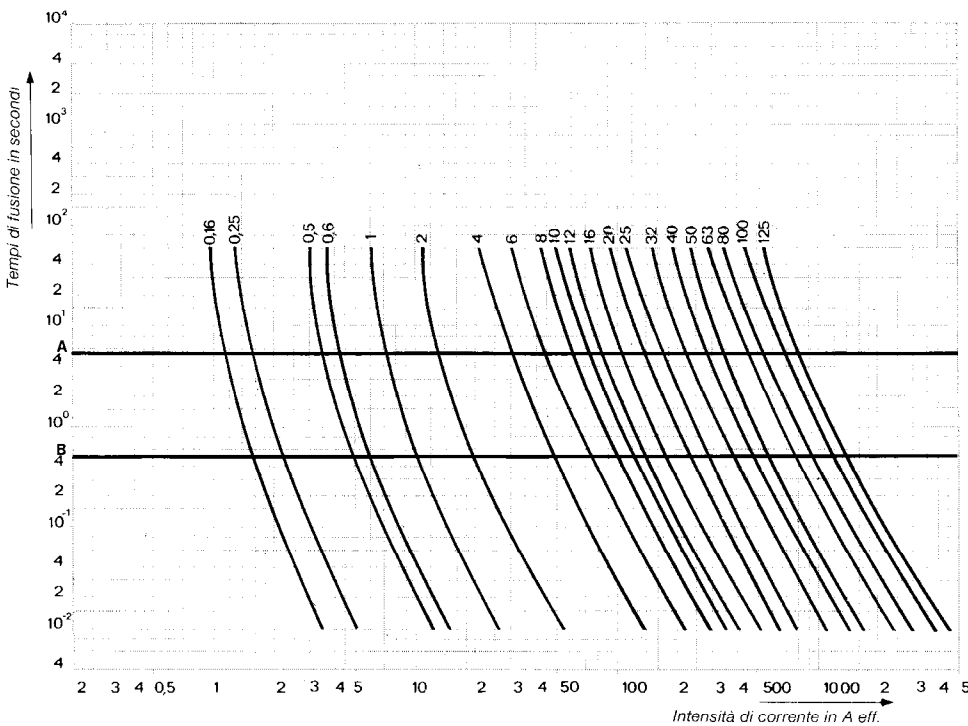
A = tempo max. per la protezione contro i corto-circuiti per $m = 1$
 B = tempo max. per la protezione contro i contatti indiretti per $m = 1$
 $m = \frac{\text{Sezione del conduttore di fase}}{\text{Sezione del conduttore di massa}}$

Valori massimi dell'energia specifica passante in A²s.

Portata (A)	Fusibili cilindrici Classe gG	
	Prearco	Arco
2	5	30
4	30	80
6	90	250
8	180	400
10	100	420
12	200	700
16	320	1250
20	600	2300
25	1100	3200
32	1600	6000
40	3000	10000
50	4800	19000
63	8800	32000
80	16000	60000
100	22000	90000
125 (400 V)	40000	155000

Fig. 2.101 - Esempio di curve di fusione dei fusibili cilindrici tipo gG (Legrand).

tipo aM



A = tempo max. per la protezione contro i corto-circuiti per m = 1
 B = tempo max. per la protezione contro i contatti indiretti per m = 1
 $m = \frac{\text{Sezione del conduttore di fase}}{\text{Sezione del conduttore di massa}}$

Valori massimi dell'energia specifica passante in A² s.

Portata (A)	Fusibili cilindrici Classe aM	
	Prearco	Arco
0,16	3	10
0,25	4	12
0,5	7	18
0,6	7	18
1	10	20
2	35	60
4	110	270
6	200	600
8	400	1100
10	800	2000
12	1000	2800
16	1200	4500
20	1700	7000
25	2700	11000
32	5000	19000
36	--	--
40	9000	28000
45	14000	37000
50	19000	45000
63	30000	70000
80	50000	110000
100	80000	170000
125	100000	185000 (400V)

Fig. 2.102 - Esempio di curve di fusione dei fusibili cilindrici tipo aM (Legrand).

Il fusibile deve essere posto nell'apposito portafusibile, dotato normalmente di una base con morsetti a vite per il collegamento dell'apparecchiatura al circuito. Il portafusibile destinato ad accogliere i fusibili a cartuccia cilindrica si presenta, normalmente, con i poli allineati ed è dotato, in genere, di un apposito aggancio per il fissaggio su profilato normalizzato. In alcuni tipologie, i fusibili sono mantenuti nella sede del portafusibile mediante un'apposita portacartuccia avvitabile, in porcellana o in resina, dotata di una finestrella trasparente, attraverso la quale è possibile controllare il distacco del segnalino che indica l'intervento del fusibile.

In altri modelli (portafusibili sezionabili), il fusibile è posizionato mediante un cassetto estraibile, che ne consente facilmente la sostituzione, al riparo dai rischi di contatto con parti eventualmente in tensione.

Questi tipi di portafusibili sono disponibili in svariate versioni:

- unipolare (1P);
- unipolare + neutro (1P + N);
- bipolare (2P);
- tripolare (3P);
- tripolare + neutro (3P + N);
- unipolare con segnalatore luminoso di fusione (1P + S);
- unipolare + neutro con segnalatore luminoso di fusione (1P + N + S).

Come è possibile notare nella fig. 2.103a, l'interruzione del circuito è visibile dall'esterno e, nelle esecuzioni 1P + N e 3P + N, l'apertura della fase comporta obbligatoriamente l'apertura del neutro.

Durante il sezionamento, la fase si apre prima del neutro; nella chiusura del circuito, essa segue, invece, la chiusura del neutro. Esistono modelli dotati di una segnalazione luminosa, mediante lampada neon a 230 V, che si spegne quando il fusibile è intervenuto. I contatti e i morsetti del portafusibile sono dimensionati dal costruttore in funzione del valore massimo della corrente di taratura del fusibile che esso può contenere.

Per quanto riguarda la manutenzione, occorre ricordare che la sostituzione dei fusibili deve avvenire solo dopo aver aperto l'interruttore generale della macchina o dell'impianto e, per questo motivo, è necessario installarli sempre a valle di tale interruttore. Occorre fare attenzione, durante il cablaggio del quadro elettrico, affinché la spelatura dei cavi non avvenga in modo che pezzi di rame possano determinare dei cortocircuiti e che pezzi di isolante (per esempio, la guaina isolante dei cavi) deteriorino o impediscano il collegamento elettrico.

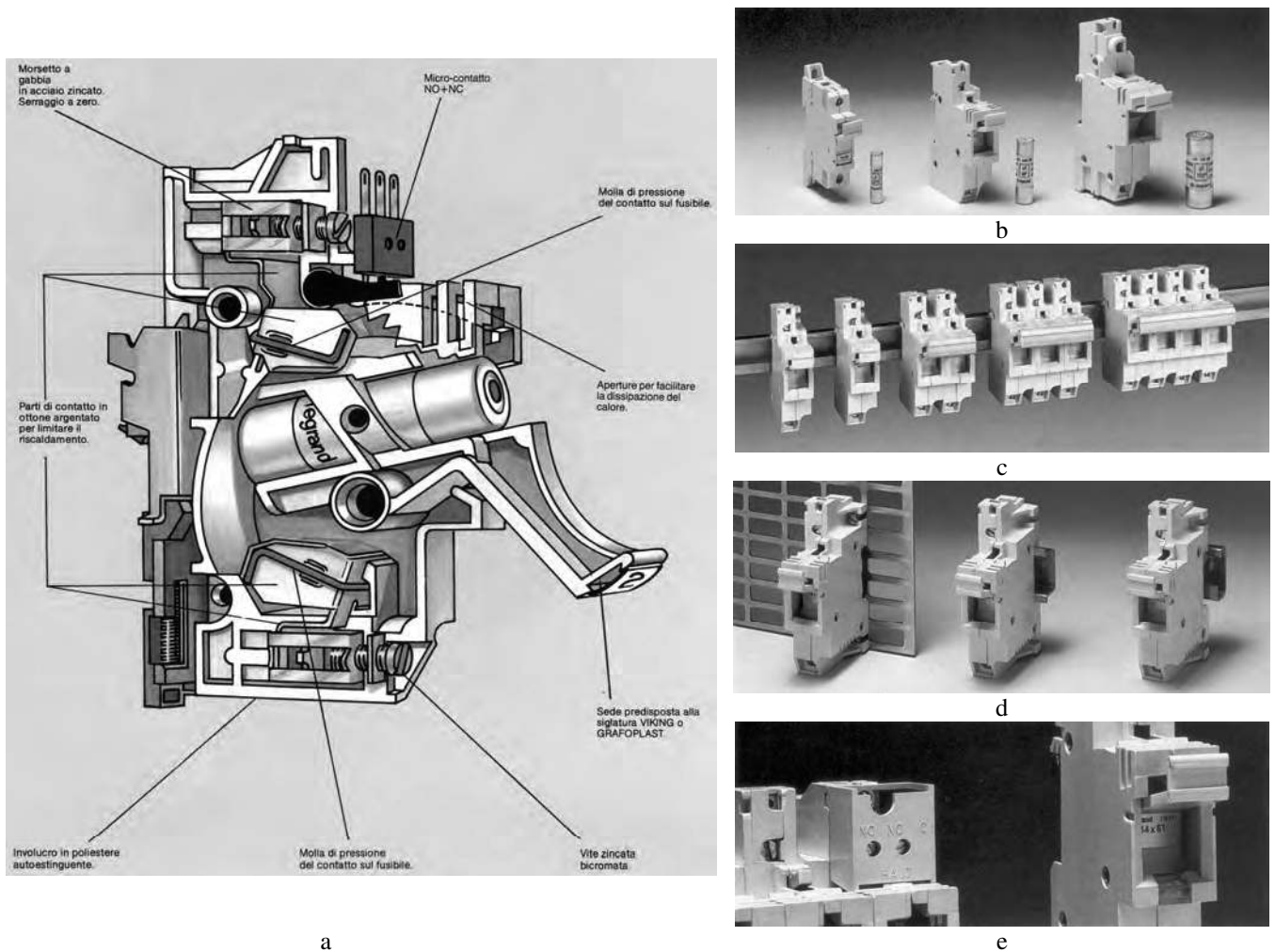


Fig. 2.103 - a) Portafusibile sezionabile per fusibili cilindrici - b) Modelli per fusibili 10x38, 14x51, 22x58 - c) Versioni disponibili, 1P, 1P+N, 2P, 3P+N, 4P - d) Tipi di fissaggio: a vite, per guida simmetrica, per guida asimmetrica - e) Funzioni complementari: microcontatto (NO+NC), segnalatore di fusione (Legrand).

È necessario, per un corretto funzionamento, che la penetrazione di polvere nel portafusibile, l'eventuale ossidazione dei contatti oppure l'errato posizionamento del fusibile non crei delle resistenze di contatto fra il fusibile e il portafusibile. Tali resistenze determinano, al passaggio della corrente elettrica, un surriscaldamento dell'apparecchiatura, che può essere, in alcuni casi, particolarmente dannoso (fusione dei contatti, rammollimento dei portafusibili in materiale plastico). L'eccessivo surriscaldamento può verificarsi anche nel caso in cui non ci sia un perfetto serraggio dei morsetti o dei capicorda che collegano l'apparecchiatura all'impianto.

Alcuni tipi di fusibile (tipo NH) necessitano, per la loro inserzione e disinserione, di apposite maniglie in materiale isolante, che sono normalmente disponibili nei quadri elettrici che utilizzano questi fusibili.

2.21 Apparecchi di comando

Negli impianti elettrici civili è possibile trovare una vasta gamma di apparecchiature con svariate funzioni, come il comando, la segnalazione, la derivazione e, come si è visto, la protezione. Per apparecchiature di comando non automatiche, possiamo considerare gli interruttori, i commutatori, i deviatori, gli invertitori, i pulsanti.

La tensione nominale prevista è solitamente di 250 V, 50 Hz, con una corrente nominale di 10/16 A; si ricorda che la tensione nominale e la corrente nominale sono, rispettivamente, il massimo valore di tensione e di corrente che l'apparecchio può sopportare durante il normale funzionamento e che tali valori si possono rilevare sul corpo dell'apparecchio.

Queste apparecchiature di comando, utilizzate per aprire, chiudere o modificare il percorso della corrente che arriva agli utilizzatori (per esempio, apparecchiature per l'illuminazione), rientrano in un gruppo le cui caratteristiche sono regolamentate dalla norma CEI 23-9.

Attualmente queste apparecchiature eleganti, di uso e funzionamento sicuro, vengono realizzate in forma modulare e possono essere saldamente fissate in contenitori con caratteristiche e grado di protezione tali da poter essere utilizzate in ambienti normali o bagnati, civili o industriali.

Molto spesso, inoltre, esse facilitano la realizzazione dell'impianto in quanto hanno i doppi morsetti, evitando così l'impiego di scatole ausiliarie o di morsetti di derivazione.

Gli apparecchi di segnalazione servono invece per comunicare tramite un segnale acustico e/o luminoso una richiesta da parte di una persona; è possibile trovare apparecchi di segnalazione luminosa (lampade di segnalazione) e di segnalazione acustica (suonerie e ronzatori).

Le apparecchiature di segnalazione possono essere utilizzate per realizzare impianti anche complessi, come, per esempio, gli impianti a guida di luce e impianti più semplici utilizzando i quadri indicatori a cartellini o luminosi.

Gli apparecchi di derivazione consentono il collegamento elettrico tra gli apparecchi utilizzatori e la rete mediante la semplice inserzione di una spina in una presa.

L'altezza da terra di queste apparecchiature deve essere conforme a quanto indicato nella norma CEI 64-50.

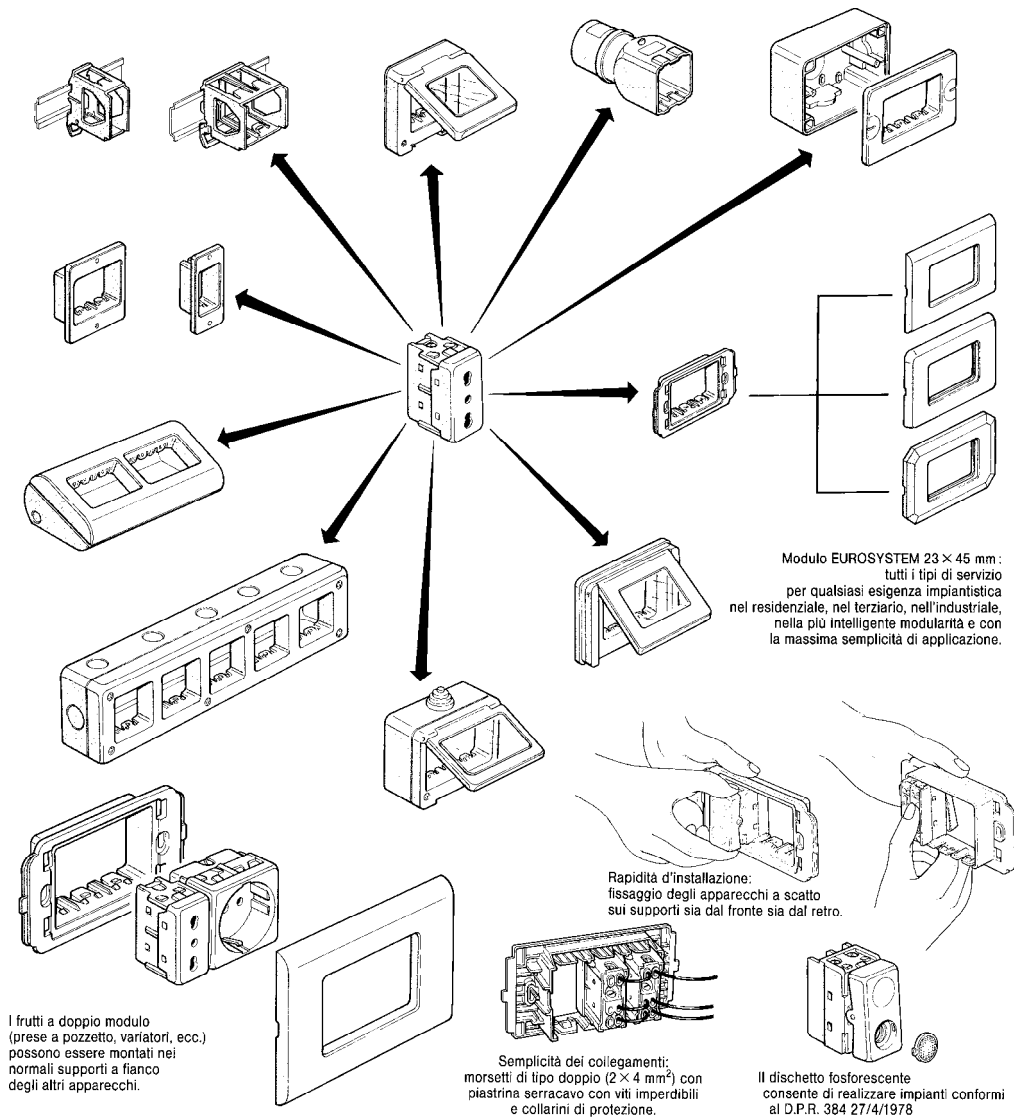


Fig. 2.104 - Esempio di installazioni ed applicazioni di apparecchi modulari (Gewiss).

2.22 Interruttore

L'interruttore è un'apparecchiatura in grado di aprire e chiudere sotto carico un circuito elettrico; ha solo due posizioni (contatto aperto o contatto chiuso), nelle quali deve rimanere anche in mancanza di un'azione esterna, per esempio mediante un dito. A seconda del numero di poli, l'interruttore può essere unipolare, in grado di interrompere un solo polo, oppure bipolare, in grado cioè di interrompere due poli.

L'interruttore unipolare è un'apparecchiatura non automatica in grado di comandare da un punto di comando un carico (una o più lampade), viene utilizzato perciò negli impianti luce di camere, bagni, cantine, ecc. oppure per il comando di piccoli accessori come cappe di aspirazione.

Dal punto di vista costruttivo, l'interruttore è realizzato da un corpo in materiale plastico che contiene il contatto elettrico.

Sulla parte anteriore è possibile trovare il meccanismo di manovra con il relativo tasto, mentre nella parte posteriore sono sistemati i morsetti necessari per il collegamento, mediante cavi, con le altre apparecchiature che costituiscono l'impianto.

I contatti, normalmente, sono realizzati in lega di argento, hanno il meccanismo di scatto studiato in modo da avere un'elevata resistenza meccanica e il tasto dell'interruttore deve essere predisposto per definire con precisione lo stato del contatto (aperto o chiuso), in modo da evitare posizioni intermedie.

Solitamente, oltre al numero di poli, sugli interruttori viene indicato il valore della tensione nominale (250 V) e il valore della corrente nominale (10/16 A).

Le norme CEI prescrivono che gli interruttori siano collegati nell'impianto in modo da determinare la chiusura e l'apertura su tutti i poli in un'unica manovra; questa operazione deve interessare tutti i conduttori attivi (fase), e eventualmente il conduttore neutro, ma esclude in modo categorico il conduttore di protezione (terra).

In un sistema monofase, l'interruttore deve essere collegato in modo da interrompere il conduttore di fase; in genere vengono utilizzati interruttori unipolari per potenze non superiori a 1000 W.

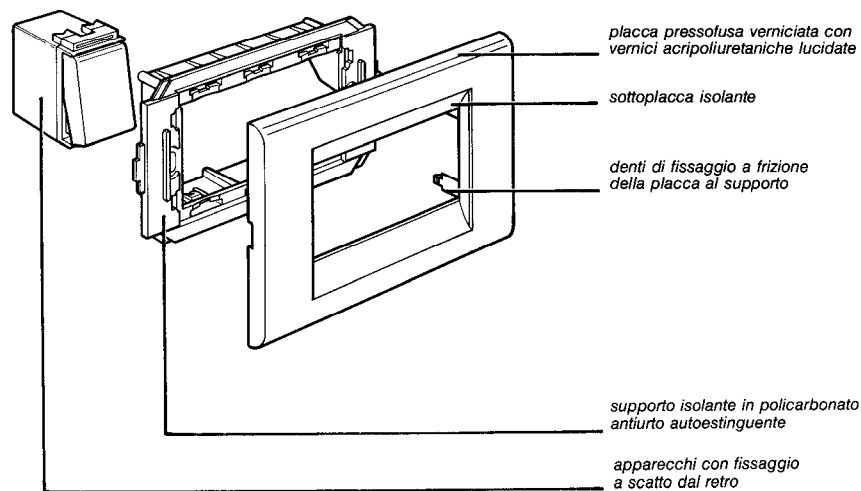


Fig. 2.105 - Esempio di fissaggio di apparecchiature modulari al supporto e alla piastra (bticino).

2.23 Deviatore

Il deviatore è un'apparecchiatura in grado di commutare fra di loro, sotto carico, due conduttori in modo da indirizzare la corrente su due morsetti di uscita in modo alterno.

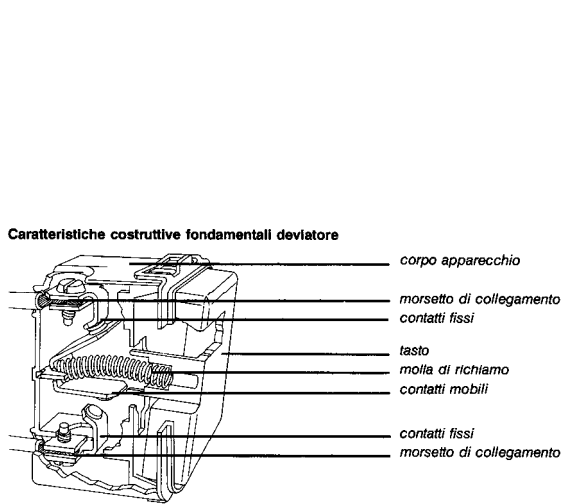
Un deviatore, se inserito in un impianto insieme ad un altro deviatore, consente di aprire e chiudere un circuito da due punti diversi. Si pensi, per esempio, al caso di un gruppo di lampade (una o più lampade) comandate da due punti: azionando indifferentemente uno dei due deviatori, è possibile accendere o spegnere le lampade collegate nel circuito.

In pratica il deviatore è un'estensione dell'interruttore, rispetto al quale ha un morsetto in più. Infatti, dal punto di vista elettrico, ha le medesime caratteristiche dell'interruttore: tensione nominale 250 V e corrente nominale di 10/16 A.

Nella parte posteriore si trovano i morsetti per effettuare i collegamenti: un morsetto, comunemente denominato centrale, e due laterali.

Volendo utilizzare il deviatore come interruttore, è sufficiente usare il morsetto centrale e uno laterale. Se, invece, si vuole comandare un carico da due punti, è necessario collegare i due deviatori come descritto di seguito.

Il morsetto centrale del primo deviatore deve essere collegato al conduttore di fase della linea di alimentazione, mentre i due morsetti laterali del primo deviatore devono essere collegati ai morsetti laterali del secondo deviatore. Infine, il morsetto centrale del secondo deviatore deve essere collegato con il primo morsetto del carico (portalam-pada più lampada), mentre il secondo morsetto del carico deve essere collegato al conduttore neutro della linea di alimentazione.



Caratteristiche nominali e classificazione (secondo norme CEI 23-9) degli apparecchi di comando per usi domestici e similari
 Natura della corrente: alternata 50Hz
 Tensione nominale: 250V~
 Morsetti: posizione posteriore
 Sezione max. conduttori: 2x4 mm²

Tipo di apparecchio	Simbolo elettrico	Numero di poli	Numero di schema	Sistema di comando	Corrente nominale
interruttore		unipolare	1	a bilanciere	16A
interruttore		unipolare	1	a tirante	10A
interruttore		unipolare	1	tasto luminoso	16A
interruttore		bipolare	2	a bilanciere	16A
deviatore		unipolare	6	a bilanciere	16A
deviatore		unipolare	6	tasto luminoso	16A
invertitore		unipolare	7	a bilanciere	16A
pulsante		unipolare	vari	a bilanciere	10A
pulsante		unipolare	vari	a tasto	10A
pulsante		unipolare	vari	a tirante	10A
pulsante		unipolare	vari	tasto luminoso	10A
pulsante		unipolare	vari	a tasto e targa	2A

Fig. 2.106 - Caratteristiche costruttive di un deviatore unipolare. Caratteristiche nominali e classificazione secondo le norme CEI degli apparecchi di comando per usi domestici e similari (bticino).

2.24 Commutatore

Il commutatore o doppio interruttore è un'apparecchiatura in grado di commutare sotto carico due o più circuiti, come, per esempio, il commutatore per un lampadario, il quale consente di alimentare da un punto un solo gruppo di lampade alla volta o entrambe contemporaneamente.

L'apparecchiatura ha tre oppure quattro posizioni o combinazioni definite, una delle quali corrisponde al circuito aperto (lampade spente).

Con l'evoluzione tecnologica e l'avvento degli apparecchi di tipo modulare, questa apparecchiatura, nata in forma monoblocco, non ha più ragione di esistere, in quanto il commutatore viene praticamente realizzato usando due interruttori singoli posti sul supporto uno vicino all'altro.

Considerando che il commutatore ha la possibilità di avere quattro posizioni, è possibile avere nel caso di un lampadario tutte le lampade spente (contatti entrambi aperti), tutte le lampade accese (contatti entrambi chiusi), solo le lampade del primo gruppo accese (contatto del primo interruttore chiuso, mentre il secondo ha il contatto aperto) oppure solo le lampade del secondo gruppo accese (contatto del primo interruttore aperto, mentre il secondo ha il contatto chiuso).

Nell'esecuzione pratica dell'impianto, è necessario collegare il primo morsetto dei due interruttori al conduttore di fase (collegabili tra loro mediante un ponticello) e il rimanente morsetto di ciascun interruttore al rispettivo gruppo di lampade. Naturalmente, per completare il circuito, le lampade devono essere collegate al conduttore neutro.

2.25 Invertitore

Questa apparecchiatura, utilizzata sempre insieme a due deviatori, consente di aumentare la quantità dei punti di comando quando si vuole comandare un carico (per esempio, un gruppo di lampade) da più di due punti. Per esempio per il comando da tre punti sarà necessario utilizzare due deviatori e un invertitore; la regola vuole che per ogni punto di comando in più, oltre ai primi due, occorra inserire un invertitore.

Queste apparecchiature non sono mai installate nell'impianto all'inizio o alla fine, ma devono essere sempre collegate tra due deviatori.

Come per le apparecchiature viste precedentemente, anche l'invertitore è costituito in genere da un corpo in materiale plastico che presenta sulla parte anteriore il tasto per effettuare la manovra e nella parte posteriore i morsetti (normalmente quattro) per il collegamento.

All'interno dell'apparecchiatura è possibile trovare due contatti di tipo deviato che, azionati simultaneamente mediante il tasto, hanno il compito di invertire la sequenza dei collegamenti sui conduttori in entrata.

Se, infatti, i cavi entranti provenienti dal primo deviatore si collegano ai primi morsetti dell'invertitore, dopo aver azionato l'apparecchio si può riscontrare che i conduttori sono collegati agli altri due morsetti con le posizioni invertite.

Utilizzando questa caratteristica, ogni invertitore consente di effettuare l'operazione di chiusura e apertura del circuito, determinando di conseguenza l'accensione e lo spegnimento del gruppo di lampade.

È possibile distinguere i morsetti di entrata da quelli di uscita a seconda della loro posizione sull'apparecchio oppure dal loro colore.

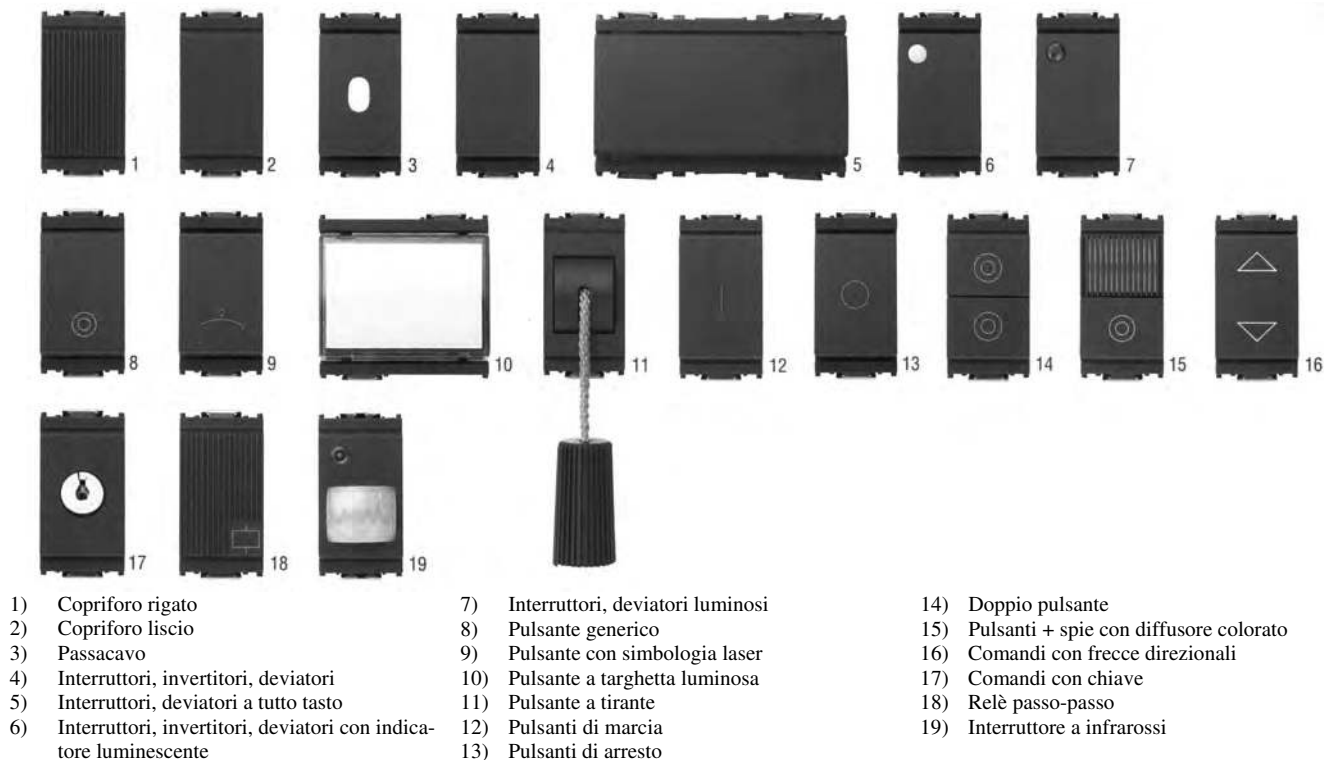


Fig. 2.107 - Panoramica degli apparecchi di comando modulari (VIMAR).

Interruttore	Commutatore	Deviatore	Invertitore

Fig. 2.108 - Simboli e schemi funzionali dei più comuni apparecchi di comando.

2.26 Prese e spine di corrente, prese a ricettività multipla e adattatori

Le prese a spina per usi domestici e similari possono avere diverse forme, in quanto non si è ancora giunti alla definizione di un unico tipo valido per ogni Paese.

Ciò non esclude che esse siano considerate dalle norme CEI (norma CEI 23-50 riguardanti le prese a spina per usi domestici e similari, norma CEI 23-12 per le prese a spina per usi industriali) per quanto riguarda le caratteristiche elettriche e le prove alle quali devono essere sottoposte.

Le prese a spina hanno il compito di permettere il collegamento di utilizzatori (per esempio, elettrodomestici) o di apparecchi industriali che non hanno una localizzazione fissa permanente.

Tralasciando le prese utilizzate negli impianti industriali, la normativa vigente stabilisce che le prese e le spine per gli impianti domestici devono avere una tensione massima nominale non superiore ai 440 V e una corrente massima nominale non superiore ai 32 A.

Per quanto riguarda le dimensioni, ormai tutti i costruttori di materiale elettrico si sono orientati verso dimensioni modulari. In altri termini, le dimensioni frontali delle prese a spina sono analoghe a quelle di interruttori, deviatori, ecc. nonché di altri apparecchi come relè, suonerie, ecc.

Attraverso la modularità, è possibile montare sulla stessa scatola e piastra frontale apparecchi con funzioni diverse, per esempio un interruttore automatico, un interruttore luce, un deviatore, una presa a spina.

Le prese per apparecchi a bassa tensione di sicurezza o con doppio isolamento sono adatte per gli apparecchi utilizzatori di Classe II e hanno solo due poli; tutte le altre hanno anche il polo di terra (PE) e vengono utilizzate per gli apparecchi utilizzatori di Classe I (si veda la classificazione degli apparecchi utilizzatori, riportata nel capitolo 3, relativamente agli apparecchi di illuminazione).

Normalmente gli alveoli e gli spinotti sono simmetrici. L'accoppiamento presa e spina viene detto reversibile, in quanto permette di connettere la spina alla presa in più di un modo. Alcune prese hanno gli alveoli in posizione non simmetrica, in modo che i poli delle spine non possono essere scambiati (prese polarizzate o irreversibili).

Ai fini della protezione contro i contatti diretti (folgorazioni), è opportuno utilizzare prese a spina con alveoli protetti da appositi diaframmi che impediscono il contatto con le parti sotto tensione; in questi modelli le parti in tensione sono accessibili solamente con la spina adeguata perfettamente inserita.

Anche nelle abitazioni le correnti di cortocircuito possono raggiungere valori pericolosi, fino a 3000 A.

L'inserzione attraverso una presa a spina di un carico in cortocircuito può rappresentare un pericolo. Esistono perciò delle prese interbloccate con interruttore magnetotermico, evitando così il rischio che un apparecchio in cortocircuito possa provocare danni alle persone e alle cose.

Con questo tipo di apparecchiatura, infatti, la spina può essere inserita solo quando l'interruttore è aperto. L'interruttore, d'altra parte, non può essere chiuso se la spina non è completamente inserita, mentre si apre automaticamente alla disinserzione.

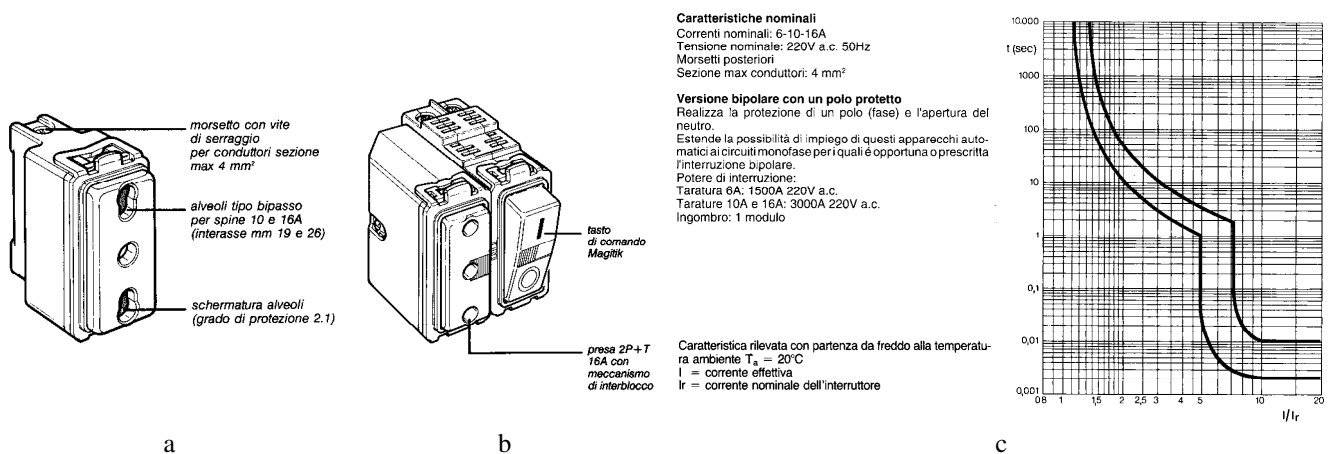


Fig. 2.109 - a) Presa a spina bypass ad alveoli schermati (1 modulo) - **b)** Presa interbloccata (Sicura) con un interruttore magnetotermico bipolare ad un polo protetto (2 moduli) - **c)** Caratteristica di intervento dell'interruttore magnetotermico inserito nella presa interbloccata (bticino).

Questo genere di prese è utile anche nel caso venga utilizzato per alimentare carichi con potenza superiore a 1000 W, dove si deve prevedere un interruttore a monte per permettere l'inserimento ed il disinserimento della spina a circuito aperto, con utilizzatore non funzionante.

Sono disponibili varie versioni (a 2 poli più terra da 10 A o da 16 A), mentre l'interruttore prevede in genere un potere di interruzione pari a 3 kA a 230 V in corrente alternata (AC).

Oltre ai tipi indicati precedentemente, esistono delle prese a spina destinate agli impianti radio TV o telefonici.

I dati nominali che caratterizzano le prese a spina sono:

- la tensione nominale, per esempio 250 V;
- la corrente nominale, per esempio 10 A o 16 A;
- il tipo di corrente (alternata AC o continua DC);
- il tipo di presa (numero di poli e dimensioni);
- il simbolo per il grado di protezione contro la penetrazione dei corpi solidi estranei, se maggiore di IP2X;
- il simbolo per il grado di protezione contro la penetrazione dannosa di acqua, se applicabile, (in questo caso il simbolo per il grado di protezione contro la penetrazione dei solidi deve essere marcato anche se non maggiore di IP2X);
- il numero di catalogo.

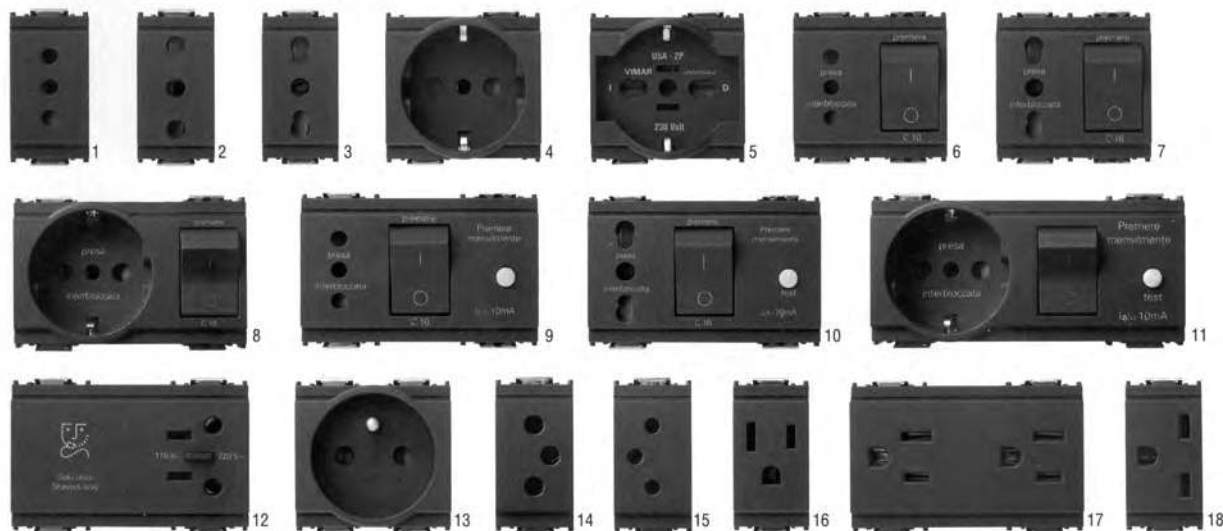
Attualmente sono sempre più utilizzate le prese bivalenti che consentono di effettuare il collegamento sia con spine da 10 A che con quelle da 16 A e adattatori sia con uscita semplice che con uscita bivalente, rispettivamente, da 10 A, 16 A, 10/16 A. Per quanto riguarda le abitazioni civili, è opportuno prevedere le seguenti prese:

- prese da 10 A per carichi fino a 1000 W (apparecchi televisivi, radio, aspirapolvere, ecc.);
- prese da 16 A per carichi con una potenza superiore a 1000 W (cucine elettriche, lavatrici, forni a microonde, ecc.);
- prese bivalenti per usi occasionali (trapani, ventilatori, asciugacapelli, ecc.) collegate sulla linea di forza motrice;
- una presa da 16 A collegata ad una propria linea di alimentazione avente una sezione, per esempio di 4 mm², nel caso esista un carico con una potenza assorbita superiore.

Tipo di apparecchio	N° di poli	Modo di accoppiamento	Protezione contro i contatti diretti (IP)	Sigla di riferimento	Corrente nominale (A)	Natura della corrente (AC/DC)	Tensione nominale (V)	Tipo di apparecchio	Posizione dei morsetti	Sezione massima dei conduttori (mm ²)
Presa a spina ad alveoli segregati	2P+PE	irreversibile	22	P13	10	AC	250	modulare	posteriore	4
Presa a spina ad alveoli segregati	2P+PE	irreversibile	22	P19	16	AC	250	modulare	posteriore	4
Presa a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P11	10	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Presa a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P17	16	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Presa a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P11/17	10 e 16	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Presa a spina con contatti laterali di terra	2P+PE	reversibile	21	---	10 e 16	AC e DC	250	non modulare	anteriore	2x4

Il fissaggio nella scatola, i modi di messa in opera, il grado di protezione dipendono dalla placca e dalla custodia adottata.

Fig. 2.110 - Caratteristiche nominali e classificazione secondo le norme CEI delle prese a spina per usi domestici e similari. Nelle prese di sicurezza ad alveoli totalmente segregati le parti in tensione sono accessibili solo con l'apposita spina che chiude il contatto quando è completamente inserita. Il contatto è garantito dalla pressione delle speciali molle a spirale. Le spine di diversa portata non sono intercambiabili tra loro, pertanto è possibile separare nettamente più circuiti (bticino).



- | | | |
|---|---|--|
| 1) Presa 2P+PE 10 A 250 V~ standard italiano | 8) Presa 2P+PE 16 A terra laterale e centrale interbloccata con magnetotermico | 13) Presa 2P+PE 10-16 A 250 V~ standard francese |
| 2) Presa 2P+PE 16 A 250 V~ standard italiano | 9) Presa 2P+PE 10 A interbloccata con magnetotermico differenziale | 14) Presa 2P+PE 10-16 A 250 V~ standard spagnolo |
| 3) Bpresa 2P+PE 16 A 250 V~ | 10) Bpresa 2P+PE 16 A interbloccata con magnetotermico differenziale | 15) Presa 2P+PE 10 A 250 V~ standard svizzero, tipo 12 |
| 4) Presa 2P+PE 16 A 250 V~ terra laterale e centrale | 11) Presa 2P+PE 16 A terra laterale e centrale interbloccata con magnetotermico differenziale | 16) Presa 2P+PE 15 A 127 V~ standard USA e SASO |
| 5) Presa 2P+PE 16 A 250 V~ Sicurezza Universale | 12) Presa per rasoi con trasformatore d'isolamento | 17) Doppia presa 2P+PE 15 A 127 V~ standard USA e SASO |
| 6) Presa 2P+PE 10 A interbloccata con magnetotermico | | 18) Presa 2P+PE 15 A 250 V~ standard USA |
| 7) Bpresa 2P+PE 16 A interbloccata con magnetotermico | | |

Fig. 2.111 - Panoramica delle prese modulari (VIMAR).

Nell'uso delle prese e delle spine, occorre tenere presente le seguenti prescrizioni.

- Tutte le parti esterne alle prese e alle spine devono essere realizzate in materiale isolante. Non deve essere possibile stabilire una connessione tra uno spinotto di una spina e un alveolo di una presa finché uno qualsiasi degli altri spinotti rimane accessibile. Quando le prese o le spine sono collegate ai rispettivi cavi elettrici, le parti in tensione non devono essere accessibili al dito di prova, mentre la spina viene introdotta anche solo parzialmente nella presa (alveoli schermati e spinotti con calza isolante).
- In genere tutte le viti di fissaggio di calotte, cuffie o morsetti, che devono essere manovrate per effettuare l'installazione o la manutenzione, devono essere facilmente accessibili. Non deve essere possibile rimuovere i coperchi, le calotte o le cuffie senza l'ausilio di un utensile. Le custodie devono racchiudere completamente il complesso dei morsetti, le estremità del cavo e il fermacavo. Non deve essere possibile modificare la posizione del contatto di terra, se non rendendo la presa o la spina inutilizzabili.
- Il morsetto di terra viene contrassegnato dallo specifico simbolo e deve essere collegato al conduttore di protezione (PE) di colore giallo-verde. Durante la fase di inserzione della spina nella relativa presa, prima che i contatti attivi vadano in tensione, si deve stabilire il collegamento tra l'alveolo e lo spinotto di terra, in modo che la massa dell'apparecchio utilizzatore venga collegata a terra prima che vada in tensione. Sarà lo spinotto di terra l'ultimo a disconnettersi durante la fase di estrazione della spina. I contatti di terra devono essere in grado di sopportare una corrente uguale a quella specificata per i contatti di fase.
- Durante il cablaggio delle prese e delle spine, occorre fare attenzione affinché siano evitati possibili contatti accidentali tra le parti in tensione di polarità diversa (per esempio, fase e neutro).



Fig. 2.112 - Esempi di prese mobili: a) Presa mobile, standard italiano 10 A, 250 V - b) Presa mobile bivalente, standard italiano 10/16 A, 250 V - Esempi di spine: c) Spina diritta standard italiano 10 A, 250 V - d) Spina a 90° standard italiano - e) Spina diritta standard tedesco/UNEL/francese con doppio contatto di terra: laterale tipo UNEL e mediano standard francese - f) Spina a 90° standard tedesco/UNEL/francese con doppio contatto di terra: laterale tipo UNEL e mediano standard francese.

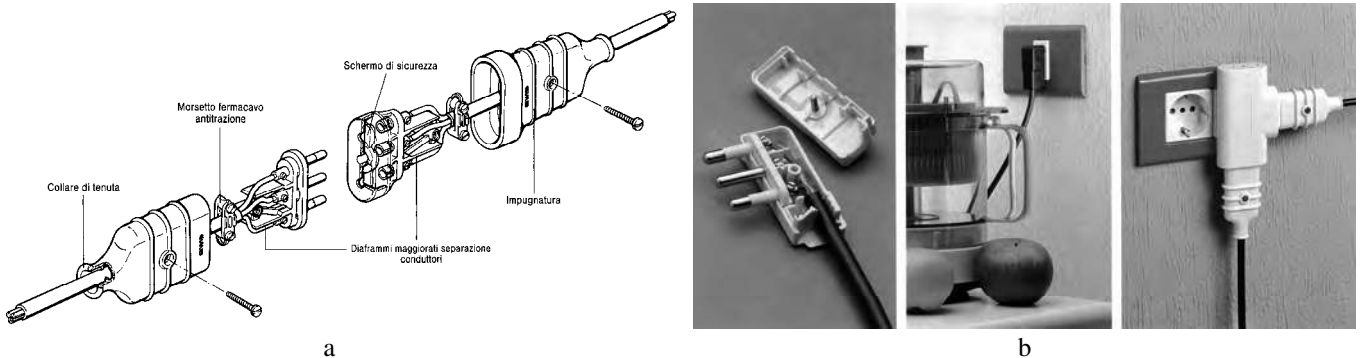


Fig. 2.113 - a) Esempio di presa mobile e spina diritta da 10 A e 16 A con schermo di sicurezza, 250 V AC, standard italiano - b) Esempi di applicazione di prese a spina a 90° (10 A e 16 A) e di un adattatore extrapiatto a tre uscite (10/16 A, max. 1500 W) per usi civili e similari, standard italiano (Gewiss).

I costruttori rendono disponibili a catalogo anche delle prese mobili multiple con cavo (16 A, 250 V AC) e prese mobili con avvolgicavo (10/16 A, 250 V AC) per usi civili e similari.

Le prese mobili multiple, dotate normalmente di un cavo lungo 1,5 m, hanno normalmente dalle 3 alle 6 uscite che possono essere di tipo bivalente con standard italiano (fig. 2.114a) oppure con standard UNEL/bivalente, con terra laterale e centrale (fig. 2.114b).

Alcuni tipi sono provvisti di interruttore generale dotato di lampada spia che segnala quando le prese sono alimentate, come mostrato nella fig. 2.114b.

Le prese mobili con avvolgicavo sono normalmente dotate di un cavo della lunghezza che va da un minimo di 5 m ad un massimo di 50 m e che sono in grado di alimentare, mediante prese con standard italiano o UNEL/bivalenti, carichi che vanno da un minimo di 1 kW ad un massimo di circa 3 kW.

Le prese mobili con avvolgicavo sono caratterizzate da: tensione nominale in volt; simbolo per il tipo di corrente; nome, marchio di fabbrica o identificazione del costruttore o venditore; riferimento di tipo, che può essere un numero di catalogo; simbolo per il grado di protezione contro l'ingresso nocivo dell'acqua, se superiore a IP20; carico massimo che può essere connesso alle prese, dichiarato in watt con l'aggiunta della tensione in volt, nelle condizioni di cavo completamente avvolto e completamente svolto.

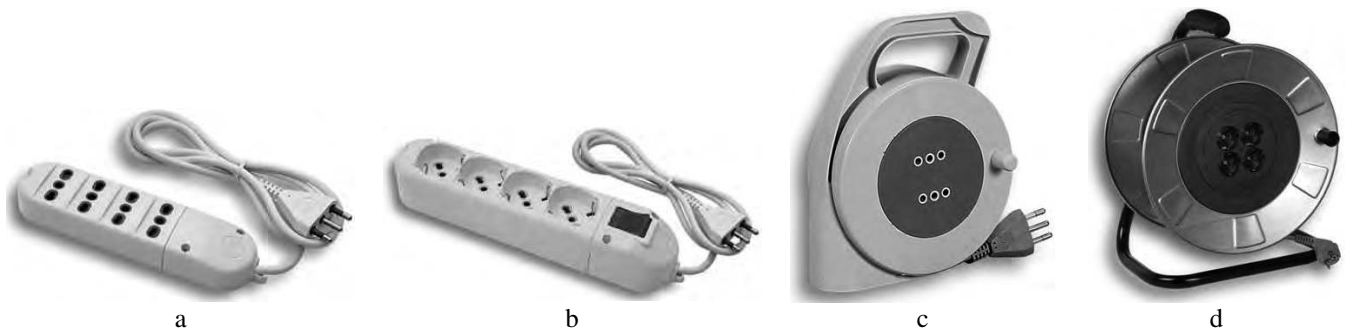


Fig. 2.114 - a) Prese mobili multiple, con 4 uscite bivalenti standard italiano 10/16 A, 250 V AC, 2P+PE - b) Prese mobili multiple, dotata di interruttore con spia, con 4 uscite standard UNEL/bivalenti con terra laterale e centrale 10/16 A, 250 V AC, 2P+PE - c) Prese mobili multiple con avvolgicavo, con 2 uscite standard italiano 10 A, 250 V AC, 2P+PE d) Prese mobili multiple con avvolgicavo, con 4 uscite standard UNEL/bivalenti con terra laterale e centrale 10/16 A, 250 V AC, 2P+PE.

Negli impianti civili, in alcuni casi è necessario utilizzare degli adattatori che sono caratterizzati da un doppio innesto, costituito da organi che prevedono una spina e una o più prese, e che hanno la funzione di connettere, da un lato, una presa e, dall'altro, una o più spine accoppiabili oppure no.

In particolare, un adattatore multiplo è un apparecchio portatile che consente di collegare simultaneamente più di una spina a tutte le prese dell'adattatore, come mostrato nella fig. 2.115b e 2.115e.

Sono disponibili adattatori semplici, che hanno la funzione di spina e una sola funzione di presa, e adattatori doppi, che prevedono sempre la funzione di spina, ma due funzioni di presa rispondenti o no alle stesse prescrizioni dimensionali.

Questi adattatori vengono classificati, in relazione alla protezione contro i contatti diretti, a seconda dell'elemento che ha il più basso grado di protezione.

Gli adattatori più semplici hanno una corrente nominale che è la minore tra quelle della funzione di spina e quella di presa, mentre in genere per quelli doppi la potenza massima derivabile è pari a 1,5 kW.

Se la spina dell'adattatore è provvista di contatto di terra, la presa o le prese devono essere provviste di contatto di terra; se invece la spina ne è sprovvista, la presa o le prese non devono consentire l'introduzione di spine con il contatto di terra.



Fig. 2.115 - Esempi di adattatori (250 V AC, max. 1500 W): a) Adattatore semplice con una uscita da 10 A con schermi di sicurezza - b) Adattatore multiplo con due uscite laterali con schermi di sicurezza, 10 A - c) Adattatori semplici con una uscita 16 A UNEL con terra laterale e centrale 10 A - d) Adattatore semplice spina UNEL con una uscita 16 A bivalente - e) Adattatore multiplo con due uscite bivalenti e una uscita UNEL bivalente con terra laterale e centrale (Gewiss).

2.27 Prese e spine industriali CEE 17 e prese da parete con interruttore interbloccato

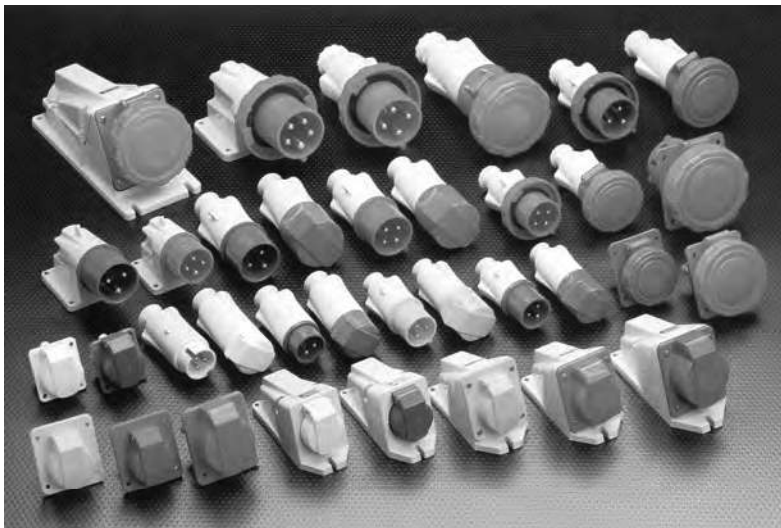
Negli impianti civili, nel terziario e, in particolare, negli impianti industriali, è possibile trovare prese e spine comunemente chiamate CEE 17, in quanto le loro caratteristiche sono regolamentate dalla pubblicazione CEEèl n. 17. La CEEèl era un organismo europeo autorizzato allo studio e la compilazione delle norme riguardanti apparecchiature elettriche destinate ad utilizzatori inesperti, ora confluito nel CENELEC.

Queste prese e spine (regolamentate, in Italia, dalle norme CEI 23-12 e, a livello internazionale, dalle norme IEC 309-1 e IEC 309-2) sono impiegate per tensioni non superiori a 750 V e per correnti non superiori a 200 A, a temperatura ambiente non superiore a 40 °C.

Esse trovano normalmente impiego negli ambienti industriali e agricoli, nei cantieri edili, nei campeggi, nelle officine, negli impianti sportivi, nei laboratori e nel terziario, sia all'interno sia all'esterno. La presa a spina è un dispositivo che serve per collegare, per un numero indefinito di volte, un apparecchio utilizzatore, per mezzo di un cavo flessibile e relativa spina, ad un impianto fisso.

Il sistema è composto da una presa fissa, destinata ad essere collegata con l'impianto, e da una spina che collega, tramite un cavo flessibile, un apparecchio utilizzatore oppure una presa mobile.

Le prese e le spine possono essere del tipo smontabile o non smontabile: quelle smontabili sono costruite in modo tale che il cavo possa essere sostituito, mentre quelle non smontabili sono realizzate in modo tale che, in esse, non sia possibile separare il cavo dalla spina o dalla presa senza renderle inutilizzabili.



a

Tensione nominale di esercizio [V]	Colore
da 20 a 25	viola
da 40 a 50	bianco
da 100 a 130	giallo
da 200 a 250	blu
da 380 a 480	rosso
da 500 a 690	nero

b

Fig. 2.116 - a) Prese e spine fisse e mobili per usi industriali secondo le norme CEI 23-12 (Gewiss) - b) Codice dei colori delle prese e spine mobili per usi industriali secondo le norme CEI 23-12.

Queste apparecchiature sono caratterizzate dai seguenti dati di targa, sovrascritti in modo indelebile sull'apparecchiatura stessa:

- corrente nominale;
- tensione nominale;
- natura della corrente (AC/DC);
- simbolo che indica la frequenza;
- nome del costruttore oppure marchio di fabbrica;
- grado di protezione;
- posizione del contatto di terra;
- marchio di qualità IMQ, che indica la rispondenza dell'apparecchio alla norma CEI 23-12;
- simbolo che indica la posizione del contatto di terra o del punto di riferimento;
- tensione di isolamento;
- polarità.

La norma impone ai costruttori la produzione e la commercializzazione di prese a spina che garantiscano una completa intercambiabilità tra apparecchiature aventi identiche caratteristiche e la non intercambiabilità tra prese e spine con caratteristiche diverse, in modo da rendere impossibile l'inserzione di spine in prese con caratteristiche diverse per portata, tensione, frequenza e numero di poli.

Per ottenere questo risultato, è variata la posizione del contatto di terra. La posizione è indicata con un numero corrispondente a quello del quadrante di un orologio, posizionandosi di fronte alla presa fissa o mobile e guardan-

dola, con tacca di riferimento alla posizione 6. La posizione del contatto di terra è indicata fra le caratteristiche e il numero che la contraddistingue è seguito dalla lettera "h", come, per esempio:

16 A-7h/500 V

Le varie tensioni nominali sono identificate per mezzo di diversi colori convenzionali codificati, che sono gli stessi dei contenitori di queste prese e spine.

Per le prese e le spine con tensione inferiore a 50 V, che non sono munite di contatto di terra, è presente un contatto di riferimento ausiliario, posizionato con la stessa convenzione.

Per frequenze da 60 Hz a 500 Hz inclusa, è possibile usare, qualora fosse necessario, il colore verde in combinazione con il colore della tensione nominale di esercizio.

Gli alveoli e gli spinotti devono essere contraddistinti con i simboli L1, L2 e L3 per i conduttori di linea, con la lettera N per il conduttore di neutro e con il simbolo di terra per il conduttore relativo.

Gli alveoli devono essere posizionati nell'ordine suddetto, in senso orario, guardando gli alveoli dal davanti.

I morsetti per il collegamento dei cavi devono essere in grado di ricevere conduttori aventi determinate sezioni, come è mostrato nella norma CEI 23-12/2. Gli spinotti, naturalmente, risulteranno ordinati in senso contrario.

Le norme per queste apparecchiature prescrivono che, quando la spina è collegata ai relativi cavi, tutte le parti in tensione non siano accessibili; inoltre, non deve essere possibile stabilire il contatto tra lo spinotto e l'alveolo, quando gli altri spinotti sono ancora accessibili.

Di conseguenza, è necessario porre particolare attenzione quando si effettua il cablaggio di queste spine o prese, in modo tale da chiudere bene le custodie senza schiacciare o far fuoriuscire nessun conduttore.

Vale la pena ricordare che, in fase di montaggio, è necessario infilare la custodia prima di effettuare i collegamenti al monoblocco, dove sono presenti gli spinotti di linea e di terra, e stringere la fascetta presente all'interno della presa e della spina volante attorno al cavo, al fine di evitare che eventuali sforzi meccanici sul cavo si ripercuotano sui morsetti di collegamento (v. fig. 2.117a).

Le normali prese e spine di tipo comune, aventi un grado di protezione pari a IP 44, sono dotate di un coperchio per le prese e di un nasello di ritenuta per le spine. Nei modelli protetti contro gli spruzzi o addirittura stagni (grado di protezione IP67), le prese sono dotate di un apposito coperchio e di un particolare innesto a baionetta, mentre le spine hanno un nasello di ritenuta e un anello a baionetta.

Il nasello di ritenuta e l'anello a baionetta hanno il compito di impedire la fuoriuscita della spina a causa di vibrazioni od altro.

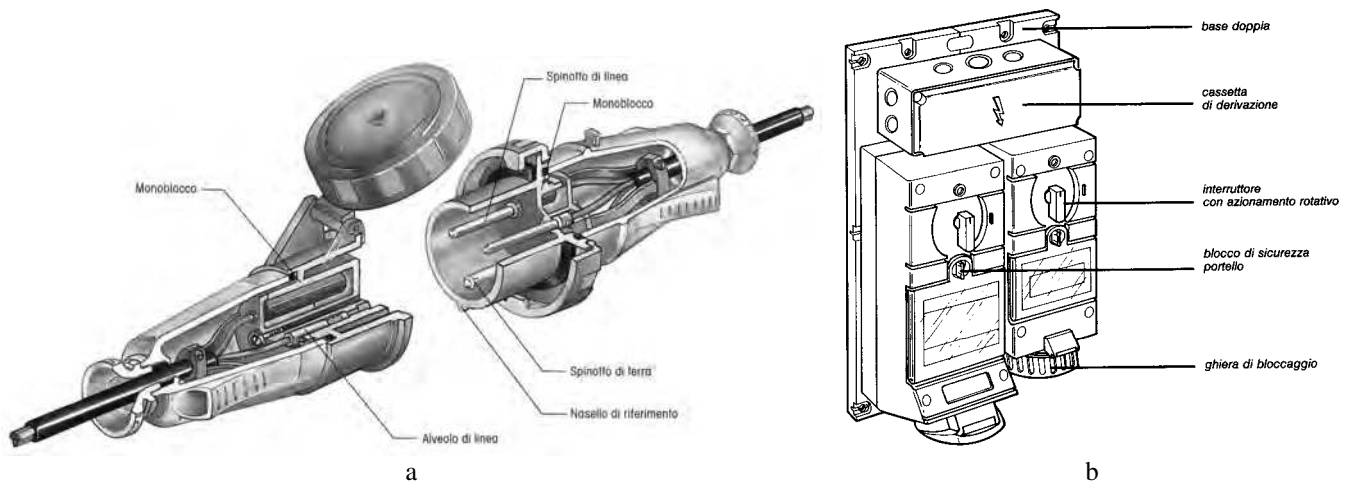


Fig. 2.117 - a) Spina e presa volante stagna 2P + PE 16 A/230 V: spaccato e particolare del monoblocco (Gewiss) - b) Prese da parete stagne con interruttore di blocco (bticino).

Le norme precisano che le spine e le prese devono avere un adeguato potere di interruzione e sopportare, senza usura eccessiva o altro danno, gli sforzi meccanici, elettrici e termici che si presentano nell'impiego usuale.

Qualora il potere di interruzione sia insufficiente (e ciò si verifica normalmente nelle prese di portata più elevata), deve essere previsto, per la presa, un opportuno dispositivo di interblocco, che agisce su un interruttore in modo da realizzare le seguenti condizioni:

- non deve essere possibile dare tensione alla presa fino a che la spina non è completamente inserita;
- non deve essere possibile estrarre la spina dalla presa se l'interruttore non è aperto e se gli alveoli non sono sotto tensione;
- non deve essere possibile aprire il contenitore della presa fintanto che l'interruttore non è stato aperto e, quindi, la presa non è più in tensione.

Tale blocco può essere realizzato sia per via meccanica sia per via elettrica. Nel primo caso, l'interruttore e la presa devono formare un corpo unico, all'interno del quale è realizzato tale blocco.

Nel secondo caso, sarà presente, invece, un contatto ausiliario, montato sulla presa e azionato inserendo la spina: tale contatto andrà ad agire sulla bobina di ritenuta dell'interruttore (che, di conseguenza, sarà munito di sganciatore a minima tensione), consentendone la chiusura solo a spina inserita e causandone l'apertura non appena si inizia il movimento di estrazione della spina stessa, prima che si interrompa il contatto fra spinotti e alveoli.

Alcuni costruttori hanno realizzato delle prese da parete con interruttore di blocco e base portafusibile.

Queste tipologie di prese, oltre ad avere l'interruttore interbloccato con la presa, sono provviste di un ulteriore blocco che, ad interruttore chiuso, impedisce l'apertura dello sportello (in alcuni casi trasparente, al fine di facilitare il controllo sullo stato dei fusibili) del vano fusibili, consentendo l'operazione di sostituzione o controllo solo nelle più totali condizioni di sicurezza.

Lo sportello non permette, se non è perfettamente chiuso, la chiusura dell'interruttore.

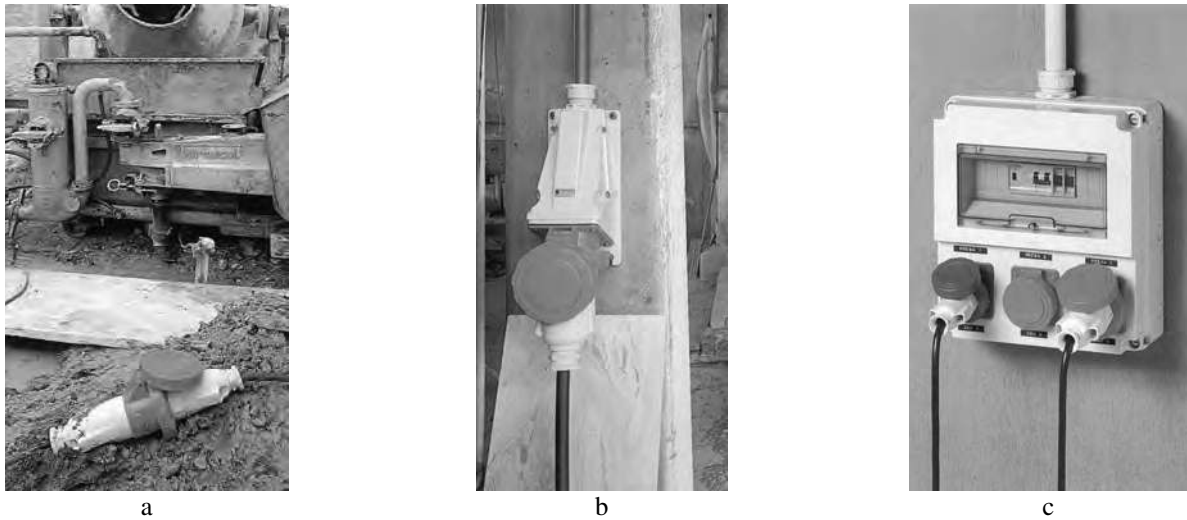


Fig. 2.118 - Esempi applicativi di spine e prese a norme CEI 23-12: a) Tipo volante - b) Tipo da parete - c) Tipo da incasso, su quadretto (Gewiss).

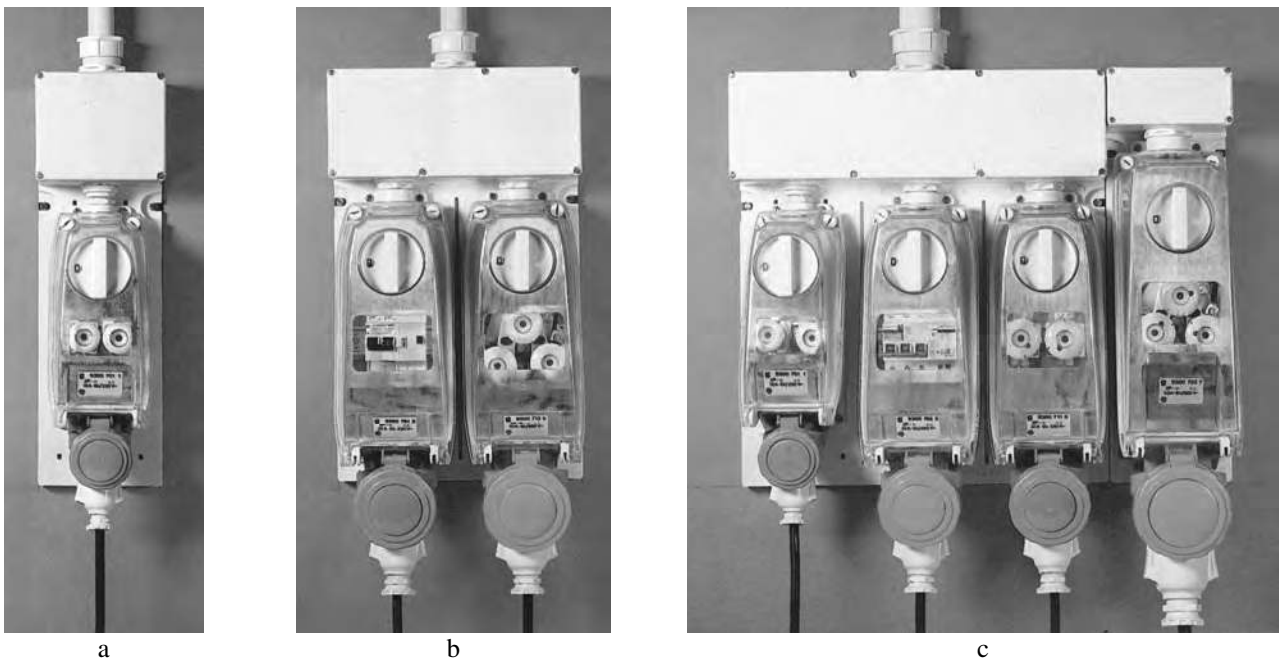


Fig. 2.119 - Esempi applicativi di montaggio delle prese da parete stagne con interruttore di blocco su basi modulari a 1/2/3 moduli: a) Modello da 16 A-6h/230 V, protezione mediante fusibili - b) Modello da 32 A-6h/230 V, protezione mediante interruttore magnetotermico differenziale bipolare; modello da 32 A-6h/400 V, protezione mediante fusibili - c) Modello 16 A-6h/230 V protezione mediante fusibili; 32 A-6h/400 V, protezione mediante interruttore magnetotermico differenziale tripolare; modello da 32 A-6h/230 V, protezione mediante fusibili; modello da 63 A-6h/400 V, protezione mediante fusibili (Gewiss).

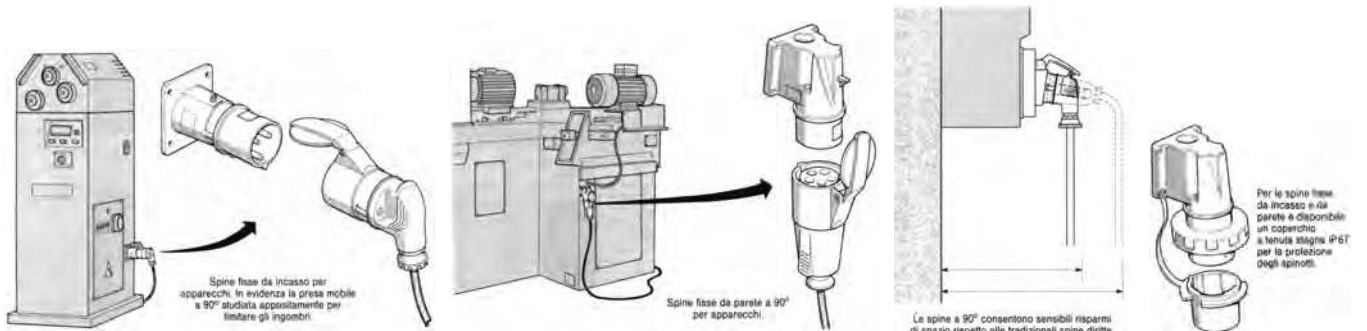
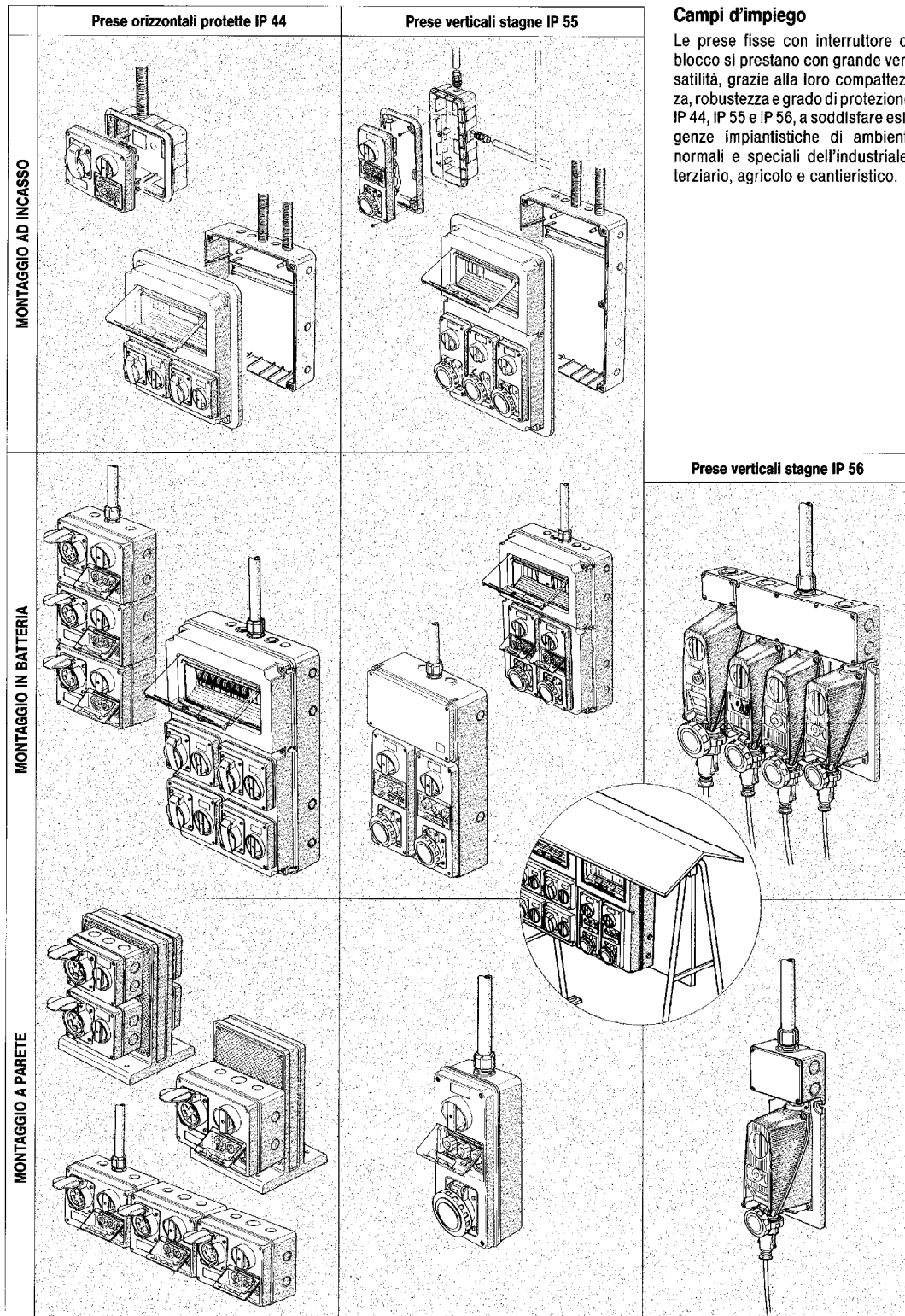


Fig. 2.120 - Esempi di impiego ed installazione (Gewiss).

Nella tab. 2.55 sono riportate le caratteristiche delle prese e delle spine per uso industriale secondo la norma IEC 309-2, rispettivamente, per bassa e bassissima tensione.

Le sottoindicate tabelle sono estratte dalla norma IEC 309-2, 2a edizione 1989 «Prese e spine per uso industriale» parte 2a: prescrizioni di intercambiabilità dimensionale per apparecchi con spinotti ed alveoli rotondi. La nuova tabella è adeguata alle esigenze installative e d'impiego a livello mondiale e pertanto sono state introdotte nuove gamme di tensioni nominali di impiego. Gli apparecchi GEWISS sono progettati per soddisfare queste nuove esigenze di carattere mondiale.

BASSA TENSIONE (IEC 309-2)

NUMERO DEI POLI	FREQUENZA Hz	TENSIONE NOMINALE D'IMPIEGO V	POSIZIONE DEL CONTATTO DI TERRA PRESE A SPINA (*)		COLORE DI IDENTIFICAZIONE
			16 e 32 A	63 e 125 A	
2P + +	50 e 60	100 ÷ 130	4h	4h	Giallo
		200 ÷ 250	6h	6h	Blu
	60	277	5h	5h	Nero
		50 e 60	380 ÷ 415	9h	9h
	480 ÷ 500		7h	7h	Nero
	Alimentazione da trasformatore da isolamento	12h	12h	(***)	
	100 ÷ 300 incluso	oltre 50	-	-	Verde
	301 ÷ 500 incluso	oltre 50	2h	-	Vite
	corrente continua	50 ÷ 250 incluso	3h	3h	(***)
		oltre 250	8h	8h	(***)
3P + +	50 e 60	100 ÷ 130	4h	4h	Giallo
		200 ÷ 250	9h	9h	Blu
		380 ÷ 415	6h	6h	Rosso
	60	440 ÷ 460 (**)	11h	11h	Rosso
		50 e 60	480 ÷ 500	7h	7h
	600 ÷ 690 (***)		5h	5h	Nero
	Alimentazione da trasformatore da isolamento	12h	12h	(***)	
	50 e 60	380 ÷ 440 (****)	3h	-	Rosso
100 ÷ 300 incluso	oltre 50	10h	-	Verde	
301 ÷ 500 incluso	oltre 50	2h	-	Verde	

BASSA TENSIONE (IEC 309-2)

NUMERO DEI POLI	FREQUENZA Hz	TENSIONE NOMINALE D'IMPIEGO V	POSIZIONE DEL CONTATTO DI TERRA PRESE A SPINA (*)		COLORE DI IDENTIFICAZIONE
			16 e 32 A	63 e 125 A	
3P + N + +	50 e 60	57/100 ÷ 75/130	4h	4h	Giallo
		120/208 ÷ 144/250	9h	9h	Blu
		200/346 ÷ 240/415	6h	6h	Rosso
		277/480 ÷ 288/500	7h	7h	Nero
		347/600 ÷ 400/690	5h	5h	Nero
	60	250/440 ÷ 265/460 (**)	11h	11h	Rosso
	50 e 60	220/380 - 250/440 (****)	3h	-	Rosso
	100 ÷ 300 incluso	oltre 50	-	-	Verde
	301 ÷ 500 incluso	oltre 50	2h	-	Verde
	Tutti i tipi	Tutte le tensioni nominali d'impiego e/o le frequenze non coperte da altre configurazioni			

(*) La posizione del contatto di terra è relativa al punto di riferimento.
(**) Principalmente per installazioni a bordo delle navi. Le posizioni indicate da un trattino - non sono unificate
(***) Vedi art. 2.1.01 della norma CEI 23.12.
(****) Colore secondo la tensione.
(*****) Solo per container refrigerati (normalizzati da ISO)

BASSISSIMA TENSIONE (IEC 309-2)

NUMERO DEI POLI	TENSIONE NOMINALE D'IMPIEGO V	FREQUENZA Hz	POSIZ. DEL PUNTO DI RIFER. AUSILIARIO (1)	COLORE DI IDENTIFICAZIONE	
				16 e 32 A	2P 3P
2P e 3P	20 - 25	50 e 60	SENZA RIFER.	Viola	
				Bianco	
	40 - 50	50 e 60	12h	Bianco	
				Verde	
	20-25 e 40-50	da 100 a 200 incluso	4h	Verde	
				Verde	
				Verde	
	20-25 e 40-50	da 401 a 500 incluso	11h	Verde	
				Verde	
	20-25 e 40-50	corrente continua	10h	Bianco	
Bianco					

(1) La posizione del punto di riferimento ausiliario è data in relazione al punto di riferimento principale.

Tab. 2.55 - Tabelle sinottiche delle caratteristiche delle prese e delle spine per uso industriale secondo la norma IEC 309-2 (Gewiss).

2.28 Pulsanti

Il pulsante (v. fig. 2.107) è un'apparecchiatura caratterizzata da una sola posizione di riposo che corrisponde alla posizione fissata da una molla di richiamo; il pulsante, dopo essere stato premuto, ritorna nella posizione di riposo.

I pulsanti vengono costruiti con due tipi di contatti: NO (*Normally Open*) con il contatto aperto quando il pulsante non è azionato, NC (*Normally Closed*) con il contatto chiuso a pulsante non azionato; possono essere realizzati pulsanti anche con due contatti del tipo NO oppure del tipo NO + NC.

Vengono utilizzati, in particolare, negli impianti per il comando di relè oppure negli impianti di segnalazione.

In questi casi, è sufficiente chiudere o aprire il contatto per determinare un cambiamento nello stato dei contatti dell'apparecchiatura comandata oppure per dare la segnalazione acustica o luminosa richiesta.

Il pulsante ha una corrente massima di 10 A e può avere diverse forme: da incasso o volante; può essere comandato mediante un tasto, un tirante oppure con un tasto dotato di targa.

A richiesta, le ditte costruttrici di materiale elettrico possono fornire pulsanti con stampigliato sul tasto un determinato simbolo che indica lo scopo per il quale esso è utilizzato.

Alcuni pulsanti hanno al loro interno una lampadina al neon 230 V AC che aiuta la loro localizzazione se l'ambiente in cui sono collocati è buio; un esempio tipico è il comando del temporizzatore luce scale.

2.29 Relè

Si definisce relè un'apparecchiatura, in genere elettromeccanica (esistono però anche versioni elettromeccaniche-elettroniche o completamente elettroniche), in grado di aprire o chiudere dei contatti, se viene alimentato il suo circuito di entrata, costituito in genere da una bobina.

Nel caso i relè siano di tipo elettromeccanico, il loro funzionamento è basato sull'azione esercitata dal campo magnetico generato dalla corrente elettrica che attraversa una bobina su di un'ancora mobile solidale ad un meccanismo in grado di muovere i contatti.

Un relè elettronico, invece, viene definito *statico* in quanto la funzione di apertura o di chiusura non viene svolta da un contatto elettrico, bensì da un componente elettronico senza ricorrere quindi ad elementi meccanici mobili.

I relè costituiscono l'oggetto della norma CEI 23-62: "Apparecchi di comando non automatici per installazione elettrica fissa per uso domestico e similare, sezione 2: Interruttori con comando a distanza (RCS)".

La gamma dei tipi disponibili in commercio è molto ampia.

Per quanto riguarda i tradizionali impianti elettrici negli edifici civili, i relè maggiormente utilizzati sono:

- **relè monostabili**, caratterizzati da un solo stato di riposo, possono essere suddivisi in ausiliari, serie o speciali per controlli elettronici;
- **relè bistabili**, caratterizzati da due possibili stati di riposo, sono del tipo a ritenuta magnetica e presentano pertanto due bobine distinte che hanno la funzione di attrarre o rilasciare i contatti;
- **relè passo-passo**, chiamati anche relè ciclici o ad impulso, sono caratterizzati da una bobina che agisce su di un meccanismo che aziona, tramite una camma, uno o più contatti. Con il comando ad impulsi di uno o più pulsanti (fra loro in parallelo) è possibile cambiare lo stato dei contatti.
- **relè temporizzatori**, (che verranno descritti in un successivo paragrafo), possono essere del tipo ritardato all'eccitazione, alla diseccitazione oppure con la commutazione dei contatti istantanea all'eccitazione della bobina e ritardata alla diseccitazione. Il ritardo può essere ottenuto mediante l'uso di un meccanismo ad orologeria, pneumatico, a motorino sincrono e, più diffusamente, con circuiti elettronici.

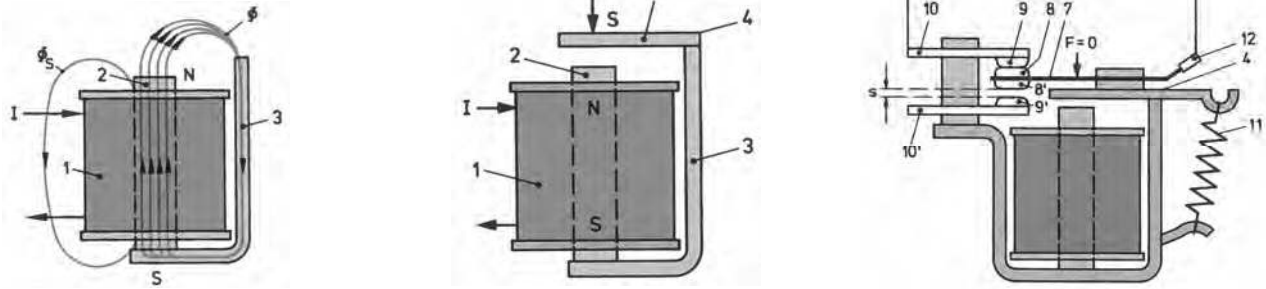
Il primo tipo preso in esame, mostrato nella fig. 2.121 e fig. 2.122, è il **relè monostabile o a rilascio**, nel quale trova posto una bobina con un nucleo ferromagnetico. Se la bobina viene percorsa da una corrente elettrica, si crea una forza che attrae un'ancora mobile.

Questa agisce su dei contatti che consentono di inserire o disinserire il carico. Quando la bobina non è più alimentata, una molla di richiamo e, in alcuni casi, l'elasticità dei contatti stessi, riportano il tutto nella posizione di riposo.

I contatti consentono di inserire o disinserire il carico. Possono avere sia contatti NO che contatti NC.

Per facilitare le operazioni di manutenzione, questi relè possono essere dotati di una levetta esterna per l'azionamento dei contatti e di un indicatore meccanico o elettronico (LED) che indica la posizione dei contatti (relè eccitato o diseccitato), come mostrato nella fig. 2.124.

I **relè a ritenuta magnetica o meccanica**, invece, hanno un comportamento bistabile. Mediante un impulso elettrico inviato ad una bobina, il relè assume la posizione di funzionamento, mentre con un secondo impulso ad un'altra bobina, si ripristinano le condizioni di partenza con i contatti nella posizione di riposo, come mostrato nella fig. 2.123.



Quando una bobina (1) è attraversata da una corrente elettrica I, nasce nel suo nucleo ferromagnetico (2) un flusso Φ che attraversa il giogo (3). L'estremità dell'elettromagnete da cui esce il flusso si chiama polo nord, mentre l'altro si chiama polo sud. Φ_s = flusso disperso.

L'elettromagnete viene ora completato con un'ancora mobile (5), che viene attratta con una forza F attraverso la spalla del giogo (4). Sarà la forza F di attrazione che determinerà il movimento dei contatti. Cambiando la direzione della corrente, varia anche la polarità dell'elettromagnete.

Le precedenti rappresentazioni vengono ora completate con i contatti (8, 8', 9, 9'), la molla (7), i contatti mobili, i bracci dei contatti fissi 10 e 10' e la molla di richiamo (11), nonché con il contatto fisso comune (12). Il carico (V) verrà alimentato dalla sorgente (Q) mediante la chiusura e l'apertura del contatto (8, 9).

Fig. 2.121 - Principio di funzionamento dei relè elettromeccanici monostabili.



Fig. 2.122 - Esempio di relè monostabile tipo MK3P: a) Alcuni modelli disponibili - b) Collegamenti. Questi relè sono reperibili in commercio con i terminali ad innesto, con 2 o 3 contatti in deviazione, indicatore meccanico o a diodo LED e pulsante di prova. Sono disponibili modelli con bobina funzionante in AC (6÷240 V) o DC (6÷110 V). La corrente massima di passaggio è di 10 A, mentre la tensione massima di funzionamento è di 440 V AC e 250 V DC (Omron).

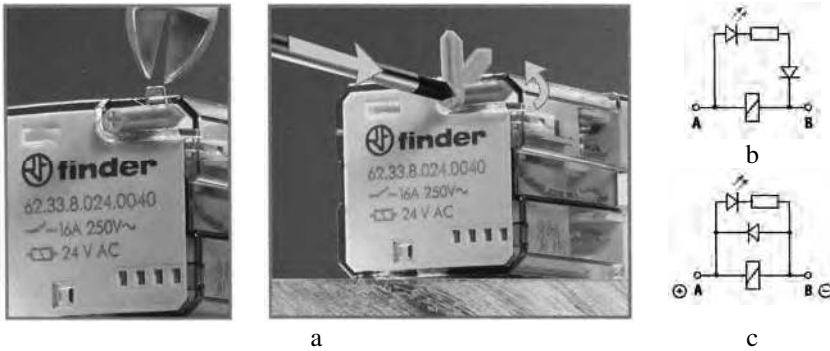


Fig. 2.123 - Esempio di relè bistabile tipo MK2K e MYK: a) Modelli disponibili - b) Collegamenti. Questi relè, del tipo a ritenuta magnetica o meccanica, sono disponibili con i terminali ad innesto e per circuito stampato (MYK), con 2 contatti in deviazione e con indicatore meccanico di stato. Sono disponibili modelli con bobina funzionante in AC (6÷230 V) o DC (6÷110 V). La corrente massima di passaggio è di 5 A, mentre la tensione massima di funzionamento è di 440 V AC e 250 V DC (Omron).

Il funzionamento è basato su di un'azione magnetica, oppure su un dispositivo meccanico. Per il corretto funzionamento, gli impulsi devono avere una durata di almeno 20÷50 ms.

La ritenuta di tipo meccanico permette anche un interblocco, in modo tale che ognuna delle due bobine possa far assumere al relè la posizione di funzionamento solo se l'altra è diseccitata.

Come i relè monostabili, anche questi tipi di relè, per facilitare le operazioni di manutenzione, possono essere dotati di una levetta esterna per l'azionamento dei contatti e di un indicatore meccanico o elettronico (LED) che ne indichi la posizione, come mostrato nella fig. 2.124.



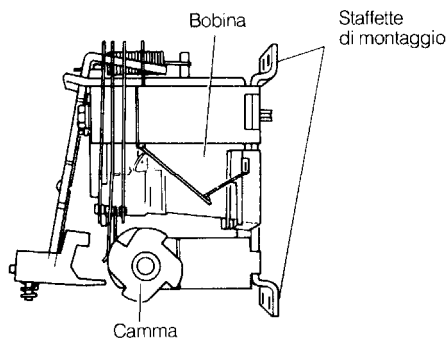
Il pulsante di prova bloccabile può essere usato in due modi. Nel primo modo il peduncolo in plastica (situato sopra il pulsante di prova) rimane intatto. In questo caso, premendo il pulsante di prova, i contatti commutano. Quando il pulsante di prova viene rilasciato, i contatti ritornano allo stato iniziale. Nel secondo modo, il peduncolo di plastica viene rotto (per mezzo di un apposito utensile). In questo caso, (oltre che la suddetta funzione), quando il pulsante di prova viene premuto e ruotato, i contatti restano bloccati nella posizione di lavoro e rimangono così fino a quando il pulsante di prova non viene riportato nella posizione precedente.

Fig. 2.124 - Varianti dei relè: a) Pulsante di prova bloccabile - b) Indicatore LED funzionante in AC - c) Indicatore LED funzionante in DC (Finder).

I relè *passo-passo* dispongono di un meccanismo dotato di una rotella a denti di sega e di un eccentrico che agisce sui contatti, chiudendoli e aprendoli alternativamente ad ogni eccitazione della bobina, come mostrato nella fig. 2.126. Esistono modelli in cui il meccanismo di apertura e chiusura dei contatti è sostituito da un circuito elettronico, presentando quindi il vantaggio di avere una vita meccanica ed elettrica più lunga e di essere particolarmente silenziosi. Un esempio tipico è il relè commutatore/interruttore utilizzato negli impianti civili per il comando di apparecchi di illuminazione.

Relè interruttore/commutatore		Sequenze			
		1°	2°	3°	4°
MORSETTI RELE					

Fig. 2.125 - Sequenze del relè modulare passo-passo interruttore/commutatore art. 5313N. Da notare che per utilizzarlo come relè interruttore è necessario usare il contatto 1-2 (bticino).



I relè passo-passo dispongono di un meccanismo dotato di una rotella a denti di sega (camma) e di un eccentrico che agisce sui contatti, chiudendoli e aprendoli alternativamente ad ogni eccitazione della bobina.

Fig. 2.126 - Meccanismo interno di un relè passo-passo elettromeccanico (Omron).

Nella figura che segue vengono presentati tre schemi elettrici che mostrano come è possibile comandare un relè monostabile (a), bistabile (b) e passo-passo (c).

Nel primo caso (a) mediante il pulsante S1 si chiude il circuito attraverso il pulsante normalmente chiuso S2 e il relè K1 viene eccitato (set), determinando così la chiusura dei contatti 13-14 e 23-24; il primo contatto (contatto di autoalimentazione) provvederà ad alimentare la bobina di K1 anche quando verrà rilasciato il pulsante S1, mentre il secondo contatto alimenterà il carico, rappresentato in questo caso da una lampada P1.

Il segnale proveniente dal pulsante S1 viene così memorizzato; per diseccitare il relè è sufficiente premere il pulsante S2 (reset) che consente di riportare i contatti nella condizione di riposo.

Da notare che, senza l'uso del contatto di autoalimentazione, il relè monostabile K1 si diseccita ogni qualvolta si rilascia il pulsante S1.

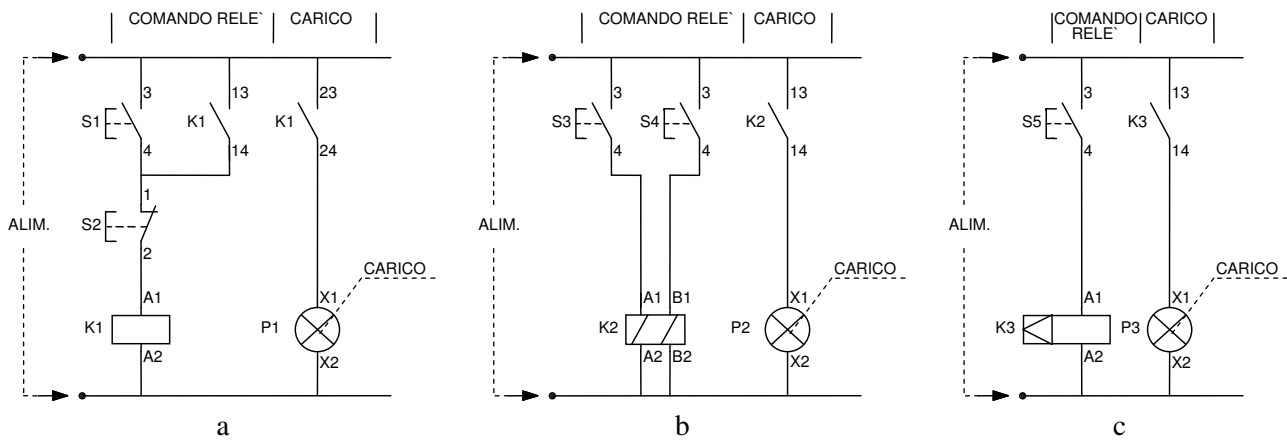


Fig. 2.127 - Tipi di comando di un relè: a) Monostabile - b) Bistabile - c) Passo-passo (interruttore).

Il secondo schema presenta invece il comando di un relè bistabile (b). In questo caso premendo il pulsante S3 (set) si alimenta la bobina A1-A2 che provvede ad eccitare il relè K2. Si determina così la chiusura del contatto 13-14 che, conseguentemente, alimenta il carico (P2). Il relè, date le sue caratteristiche costruttive, rimane eccitato anche se si rilascia il pulsante S3, consentendo così la memorizzazione del segnale.

Per ripristinare le condizioni di partenza, e cioè per riaprire il contatto 13-14 di K2, è necessario premere il pulsante S4 (reset), determinando lo spegnimento della lampada P2. In questo caso, entrambi i segnali provenienti dai due pulsanti vengono memorizzati mediante il meccanismo interno del relè.

L'ultimo schema propone il comando di un relè passo-passo (interruttore) (c) che possiamo considerare come un relè bistabile dotato però di una sola bobina. In questo caso, infatti, basta premere il pulsante S5 per eccitare la bobina del relè K3 e per ottenere la corrispondente chiusura del contatto 13-14 e l'alimentazione del carico P3.

Un successivo azionamento del pulsante S5 determina una nuova eccitazione della bobina del relè e la corrispondente apertura del contatto che alimenta il carico.

Questo funzionamento è reso possibile dal meccanismo interno (passo-passo) che, ogni qualvolta la bobina viene eccitata mediante l'azionamento di un unico pulsante, consente la chiusura e la successiva apertura dei contatti.

Negli impianti di illuminazione sono di particolare importanza i relè passo-passo i quali consentono, a seconda dei tipi di contatti utilizzati, di ottenere le seguenti funzioni:

- interruttore unipolare;
- interruttore bipolare;
- deviatore;
- commutatore a 4 sequenze;
- commutatore a 3 sequenze;
- deviatore a 4 sequenze.

Tipo di relè	N° di impulsi	Sequenze			
		1°	2°	3°	4°
Interruttore unipolare	2				
Interruttore bipolare	2				
Deviatore	2				
Commutatore a 4 sequenze	4				
Commutatore a 3 sequenze	3				
Deviatore a 4 sequenze	4				

Tab. 2.56 - Sequenze di vari tipi di relè passo-passo (Finder).

I tipi maggiormente utilizzati sono il relè interruttore unipolare e il relè commutatore. Il primo tipo è costituito da una bobina e da un meccanismo che aziona tramite una camma un contatto.

Ad ogni impulso che arriva, in genere da dei pulsanti, il contatto commuta (il contatto ha due posizioni di lavoro: contatto aperto e contatto chiuso); questi relè vengono utilizzati per sostituire apparecchi tradizionali come interruttori, deviatori e invertitori.

Il relè commutatore ha due camme (comandate da un'unica bobina), ciascuna delle quali aziona un contatto. Si possono ottenere quindi quattro posizioni di lavoro: aperto-aperto, chiuso-aperto, chiuso-chiuso, aperto-chiuso.

Ad ogni impulso che arriva alla bobina, si passa da una posizione a quella successiva, svolgendo essenzialmente un comando di commutazione.

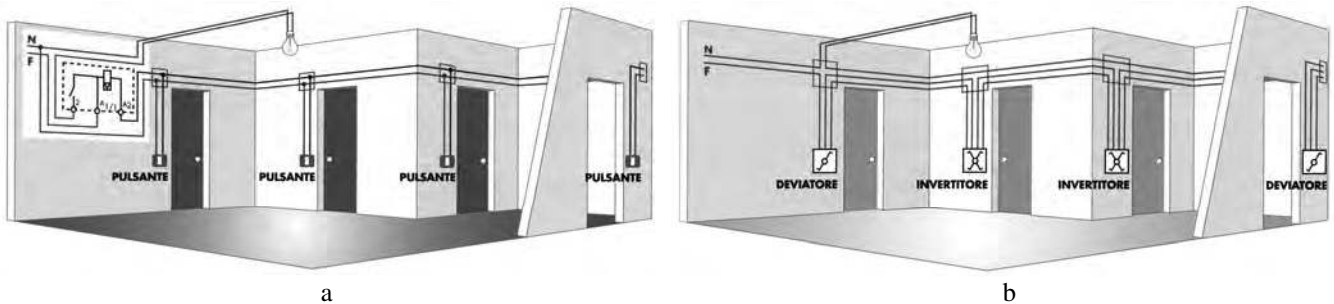


Fig. 2.128 - Confronto tra impianto relè interruttore (a) e impianto tradizionale (b) per il comando di un gruppo di lampade da quattro punti. Raffrontando le due soluzioni impiantistiche, si può constatare che, anche per la funzione di interruttore, l'impianto a relè risulta vantaggioso. Infatti per il circuito di comando del relè sono sufficienti due soli conduttori che possono essere di sezione inferiore; per l'impianto tradizionale, invece, i conduttori devono essere rigorosamente di sezione adeguata al carico ed in numero superiore. In termini economici, oltre alla riduzione dei costi sui materiali, va considerato anche il risparmio di tempo ottenibile dal tecnico per la realizzazione dell'impianto a relè, il quale permette inoltre facili interventi per modifiche o ampliamenti.

È interessante confrontare il sistema di comando con uso di relè con quello tradizionale realizzato con interruttori, deviatori e invertitori:

- l'installazione di un impianto con relè può risultare economicamente vantaggioso solo se i punti di comando sono numerosi;
- qualora l'impianto sia costituito da vari punti di comando, l'uso dei relè permette una notevole semplificazione nella realizzazione pratica dell'impianto in quanto è necessario collegare in parallelo dei pulsanti;
- se l'impianto viene realizzato con un relè ad eccitazione separata, il circuito di comando costituito dalla bobina e dai pulsanti lavora con tensioni di valore molto basse, determinando così una maggiore sicurezza per l'utente;
- se la scelta è ricaduta su di un relè ad eccitazione separata, è possibile utilizzare per il circuito di eccitazione dei conduttori aventi sezioni più piccole, contribuendo così alla riduzione del costo dell'impianto.

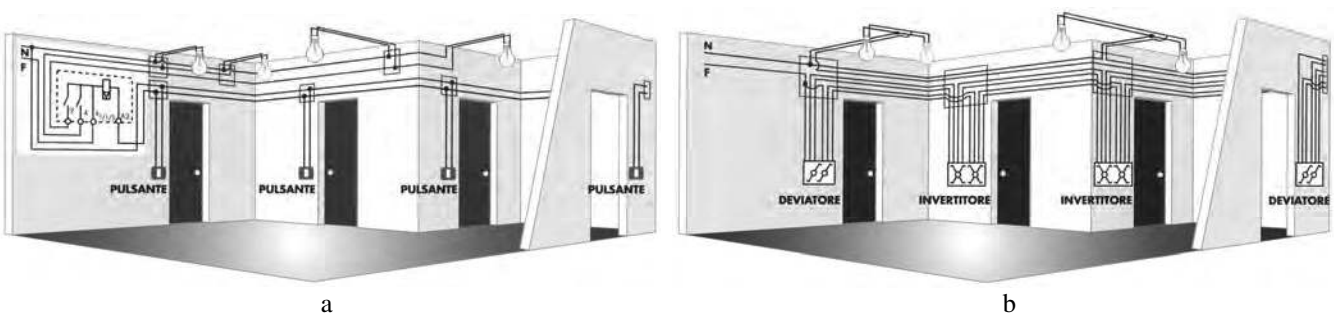


Fig. 2.129 - Confronto tra impianto relè commutatore (a) e impianto tradizionale (b) per il comando di due gruppi di lampade da quattro punti.

I relè sono caratterizzati, oltre che dalla modalità di eccitazione, anche dal valore di tensione e dal tipo di corrente di alimentazione (AC o DC) della bobina, considerando che la tensione del circuito in cui viene inserito il contatto è negli impianti di illuminazione degli edifici civili a 220/230 V.

Se la bobina viene alimentata con la stessa tensione di quella a cui funziona il contatto, il relè viene denominato a eccitazione comune; se, invece, il relè ha la bobina che funziona con una tensione minore di quella del contatto (per esempio, 24 V AC oppure DC), il relè viene denominato ad eccitazione separata.

Vale la pena ricordare che la tensione nominale della bobina rappresenta il valore per il quale il relè è stato costruito.

Nella pratica, la tensione di alimentazione può essere anche diversa da quella nominale e occorre fare attenzione in particolare ai seguenti valori: tensione minima di funzionamento (il valore minimo che consente al relè di funzionare correttamente), tensione massima di funzionamento (il valore che consente al relè di funzionare correttamente senza che la bobina si surriscaldi eccessivamente), tensione di mantenimento (il valore che consente alla bobina, una volta eccitata, di mantenere alimentato il carico), tensione di rilascio (il valore che sicuramente diseccita la bobina), tensione di non funzionamento (il valore che non consente alla bobina di eccitarsi) e, infine il campo di funzionamento (ovvero i valori di tensione compresi tra la tensione massima e minima di funzionamento).

Per i relè sono previste generalmente le seguenti tensioni nominali di alimentazione della bobina: 24 V AC/DC; 110÷127 V AC; 220÷240 V AC; 42÷48 V AC/DC; 60 V AC/DC.

I contatti, normalmente, sono in grado di interrompere una corrente massima di 10÷16 A ad una tensione massima di 250 V in corrente alternata.

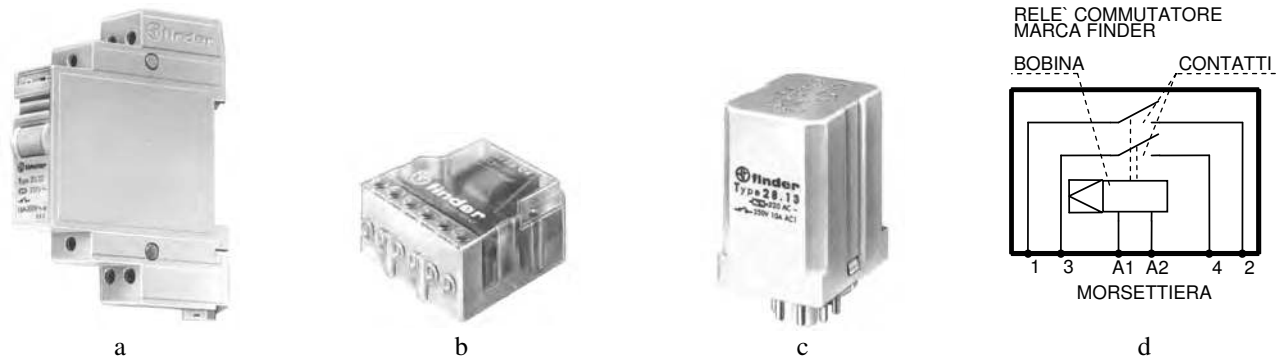


Fig. 2.130 - Esempi di relè passo-passo: a) Relè di potenza modulare (17,5 mm) - b) Relè con fissaggio a vite e morsettiera - c) Relè con connessioni mediante zoccolo octal - d) Morsettiera relè con fissaggio a vite e morsettiera, per le sequenze di lavoro vedere la tab. 2.56 (Finder).

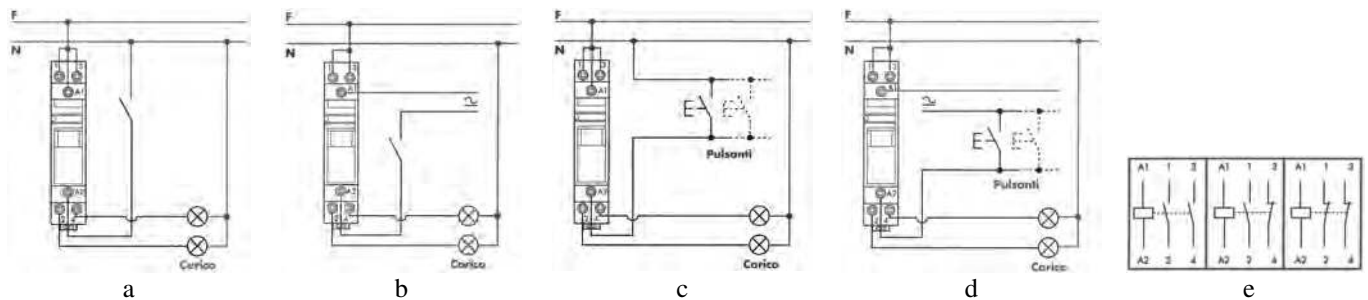


Fig. 2.131 - Schema di collegamento dei relè modulari: a) Tipo monostabile con alimentazione coincidente con la rete - b) Tipo monostabile con alimentazione del comando a bassa tensione - c) Tipo passo-passo con alimentazione coincidente con la rete - d) Tipo passo-passo con alimentazione del comando a bassa tensione - e) Schema dei contatti (Finder).

I relè monostabili sono caratterizzati dal numero dei contatti in commutazione (da 1 a 4), dal collegamento esterno (terminali ad innesto su zoccolo o a saldare per circuiti stampati) e dall'esecuzione (a giorno o protetta con calotta trasparente).

I relè possono essere del tipo modulare, da montare direttamente su guida DIN, oppure nella versione a zoccolo per il montaggio su guida DIN o il fissaggio in un quadro elettrico.

L'innesto a zoccolo può essere di tipo rettangolare oppure circolare (octal=8 fori o undecal=11 fori); sulle macchine industriali, per evitare che il relè si possa disinserire dal proprio zoccolo a causa delle vibrazioni della macchina, può venire applicata un'apposita molletta di ritegno impernata sui bordi dello zoccolo.

Il collegamento dei conduttori può essere fatto mediante attacchi a vite, terminali tipo faston, oppure a saldare per il montaggio su circuito stampato.

Sullo zoccolo è presente normalmente la numerazione per l'identificazione dei terminali dei contatti e della bobina. Questa soluzione ne consente la facile individuazione e agevola la fase di montaggio o di manutenzione del quadro elettrico.

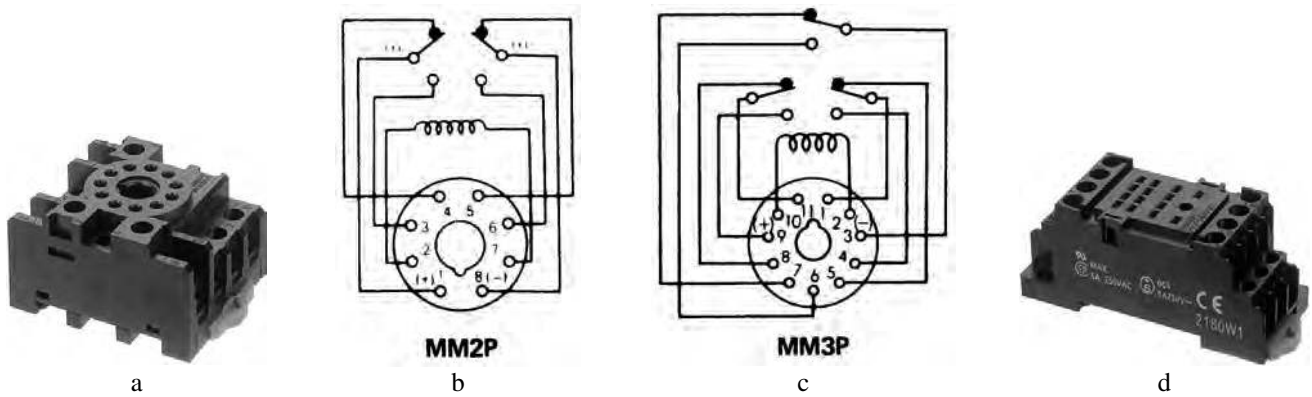


Fig. 2.132 - Zocchi per relè elettromeccanici: a) Tipo circolare undecal - b) Collegamenti tipo circolare octal - c) Collegamenti tipo circolare undecal - d) Tipo rettangolare (Omron).

Esistono dei modelli con attacchi a saldare dalle ridotte dimensioni per il fissaggio su circuito stampato. Questi relè vengono utilizzati, per esempio, nei circuiti di uscita delle schede elettroniche e dei controllori logici programmabili.

Oltre ai modelli con esecuzione verticale, ci sono anche i modelli piatti, con asse della bobina e dei contatti paralleli al piano del circuito stampato.

Sono disponibili per queste applicazioni anche i cosiddetti relè reed, nei quali i contatti sono contenuti in un'ampolla di vetro riempita di gas inerte, funzionando quindi in un'atmosfera protetta.

Questi contatti, simili a quelli utilizzati nei sensori magnetici, vengono azionati da un campo magnetico generato da una bobina che li avvolge completamente.

I contatti sono ricoperti in superficie da un piccolo strato di rodio, che consente di sopportare carichi con un'elevata corrente di spunto, senza subire delle microfusioni.

La bobina e l'ampolla reed sono incapsulate in resina epossidica e vengono racchiuse in un unico contenitore che ne garantisce la robustezza meccanica e un'elevata protezione contro gli agenti atmosferici.

Questi relè consentono un elevato numero di commutazioni (circa 100 milioni) anche a velocità di lavoro particolarmente alte (500 Hz); hanno tempi di chiusura che varia da 0,5 a 3 ms a seconda dei tipi.

Esistono modelli che, con una singola bobina, riescono a comandare più contatti.

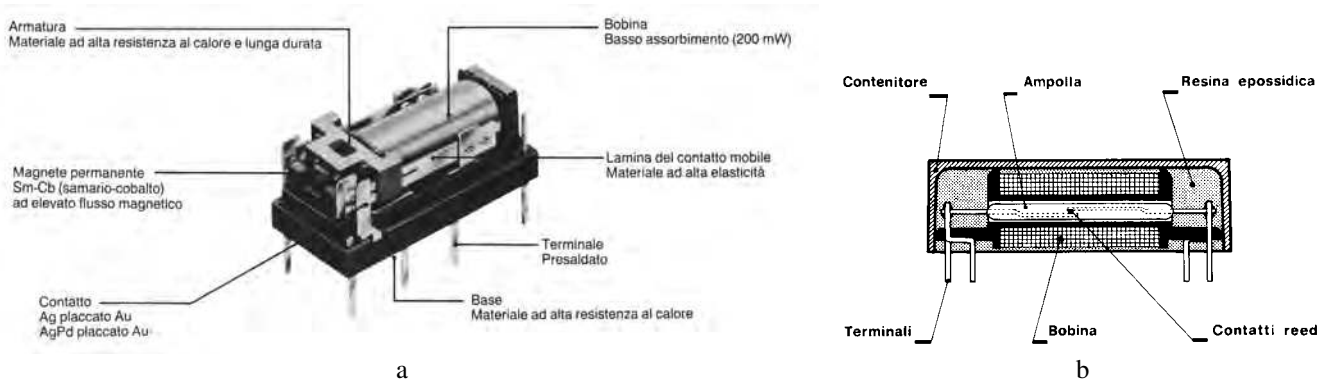


Fig. 2.133 - a) Esempio di relè miniaturizzato per circuiti stampati (Omron) - b) Relè reed: sezione interna.

La parte più delicata dei relè sono i contatti. La fig. 2.134 riporta due grafici: il primo rappresenta la curva di vita elettrica in funzione della potenza commutata. Al valore ricavato si deve applicare un coefficiente di riduzione dovuto al fattore di potenza del carico, ricavabile dal secondo grafico.

I carichi fortemente induttivi riducono notevolmente la vita dei contatti a causa delle elevate sovratensioni che si manifestano proprio sui contatti durante la fase di apertura

Se il circuito funziona in corrente alternata, si può ovviare al fenomeno utilizzando un gruppo RC o un varistore inserito in parallelo al carico (elettrovalvola, elettromagnete, ecc.).

Se, invece, il circuito funziona in corrente continua, è possibile collegare, sempre in parallelo al carico, un diodo collegato con il catodo al polo positivo di alimentazione, anche se questa soluzione può determinare un aumento del tempo di sgancio nell'ordine dei 30÷40 ms.

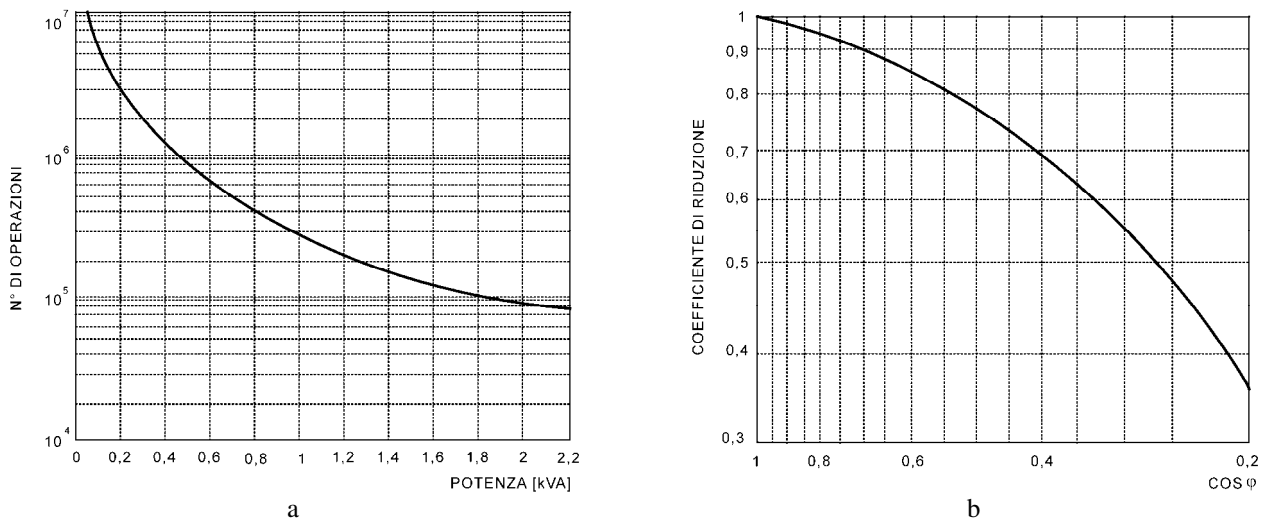


Fig. 2.134 - Curve caratteristiche dei relè elettromeccanici: a) Vita elettrica: numero delle operazioni in funzione della potenza commutata - b) Determinazione del coefficiente di riduzione da applicare alla vita elettrica di un relè in base al fattore di potenza del carico.

2.30 Relè temporizzatori

I relè temporizzatori o, più comunemente, i temporizzatori sono apparecchiature elettromeccaniche o elettroniche normalmente utilizzate negli automatismi per determinare le sequenze operative.

Queste apparecchiature, quando comandate, intervengono automaticamente dopo un arco di tempo prefissato, chiudendo o aprendo dei contatti che, a loro volta, comandano altre apparecchiature elettriche (lampade, relè, elettrovalvole, motori per aspiratori per cucine e bagni, ecc.).

L'applicazione dei temporizzatori negli impianti industriali è molto vasta: dai semplici comandi per motori asincroni, ai cicli automatici per macchine utensili e per la produzione.

Dal punto di vista del funzionamento, il ritardo può essere ottenuto in vari modi, per esempio per mezzo di azioni meccaniche o elettromeccaniche (con un motorino sincrono che chiude, mediante un'opportuna riduzione meccanica, dei contatti), pneumatiche (con un sistema di smorzamento ad aria, si ottiene aggiungendo un modulo all'unità base del contattore) o elettroniche (consentono svariate funzioni e dispongono in genere di segnalazioni di stato mediante LED o un display a diodi LED o a cristalli liquidi LCD). Le funzioni di ritardo possono essere sostanzialmente di tre tipi: all'eccitazione, alla diseccitazione oppure ad entrambe.

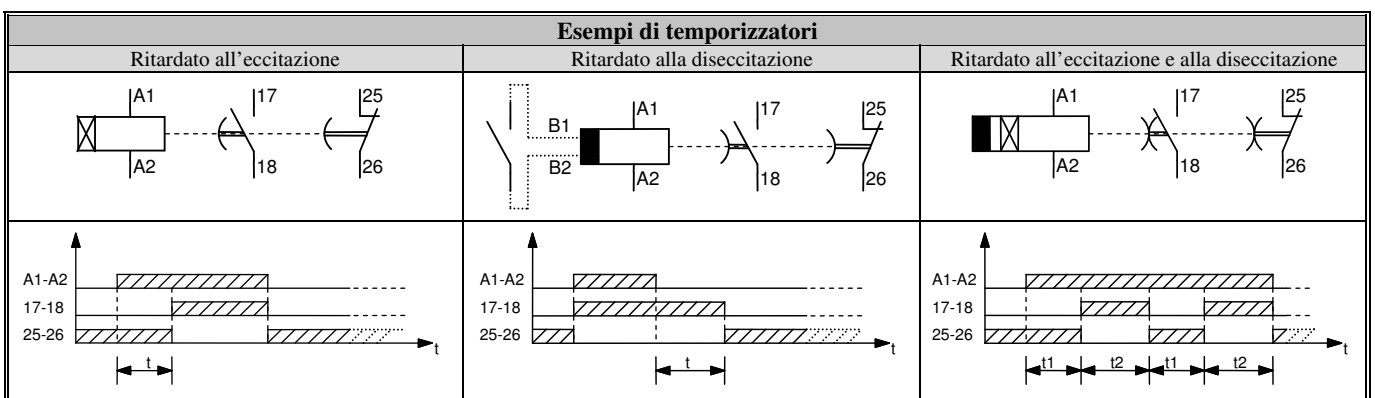


Fig. 2.135 - Schema di collegamento e diagramma di lavoro di temporizzatori elettronici: ritardato all'eccitazione, ritardato alla diseccitazione, ritardato all'eccitazione e alla diseccitazione. Il tipo ritardato alla diseccitazione può presentare in alcuni modelli i morsetti B1 e B2; in questo caso prevede il seguente funzionamento: in presenza della tensione ai capi dei morsetti A1 e A2, i contatti rimangono nella posizione di riposo (17-18 aperto e 25-26 chiuso). Cortocircuitando i morsetti B1 e B2 mediante un contatto in chiusura a potenziale libero (relè, contattore, ecc.), i contatti vengono immediatamente azionati (17-18 chiuso e 25-26 aperto). Interrompendo il collegamento tra i morsetti B1 e B2, i contatti, trascorso il tempo impostato, ritornano nella posizione di riposo (ritardo alla diseccitazione).

Nel primo tipo, quando si alimenta la bobina del temporizzatore, inizia la fase di temporizzazione, al termine della quale si ha la commutazione dei contatti. In pratica, la temporizzazione inizia solo quando si alimenta l'apparecchio e solo alla fine del ritardo si ottiene la commutazione dei contatti.

Nel secondo tipo, quando si alimenta l'apparecchiatura, si ottiene la commutazione immediata dei contatti, mentre il ripristino delle condizioni iniziali si ha alla fine della temporizzazione, che inizia con l'interruzione dell'alimentazione o mediante un segnale di comando, che viene applicato ad una seconda bobina.

Il terzo tipo comprende entrambe le funzioni.

I temporizzatori elettromeccanici, ormai sostituiti da quelli di tipo elettronico, basano il loro funzionamento sull'uso di un piccolo motore sincrono il quale, mediante un meccanismo, comanda i contatti. Questi temporizzatori hanno la caratteristica di dipendere, per il loro funzionamento, dalla frequenza e dalla tensione di alimentazione.

I temporizzatori elettronici basano il loro funzionamento sull'uso di un circuito RC (resistenza e capacità) con un comparatore, oppure mediante un circuito oscillante (oscillatore RC o al quarzo) con un circuito di conteggio degli impulsi.

Il primo principio di funzionamento si basa sulla carica e sulla scarica di un condensatore nel quale, durante il funzionamento, il valore di tensione, che varia nel tempo, viene confrontato con quello di riferimento mediante un circuito comparatore. Quando viene raggiunto il valore di tensione prefissato, viene attivata l'uscita.

Regolando il valore della resistenza, mediante l'uso di una resistenza variabile, risulta possibile variare il tempo di impostazione.

Una buona precisione di funzionamento si ottiene con i modelli che utilizzano un circuito con oscillatore RC, oppure, per avere una maggiore precisione, al quarzo. In questi casi, l'oscillatore fornisce una sequenza di impulsi che vengono contati e confrontati con il valore impostato; quando i due valori sono uguali, l'uscita viene attivata (relè).

I temporizzatori elettronici hanno caratteristiche più pregiate rispetto ai temporizzatori elettromeccanici; infatti, hanno una regolazione più ampia dei tempi (campi di regolazione del tempo commutabili da 0,001 s fino a 9999 h), un'elevata ripetibilità del tempo di intervento, un grado di precisione più elevato, che risulta indipendente dalle variazioni della frequenza e dalla tensione di alimentazione ($0,8 \div 1,1 U_n$), un funzionamento ad elevate temperature (fino a $+55^\circ\text{C}$), un'elevata resistenza agli urti ed alle vibrazioni e hanno un minor tempo di riassetto. Sono disponibili con uno o due contatti in scambio ritardati e, in alcuni casi, anche con un contatto istantaneo.

Per i temporizzatori elettronici sono previste generalmente le seguenti tensioni di alimentazione: 24 V AC/DC; 110÷127 V AC; 220÷240 V AC; 42÷48 V AC/DC; 60 V AC/DC.

Tramite appositi morsetti, alcuni modelli possono funzionare a differenti tensioni di alimentazione e a differenti tipi di corrente. Questa caratteristica permette di coprire i più usuali campi di impiego nei quadri elettrici di comando con pochi apparecchi.

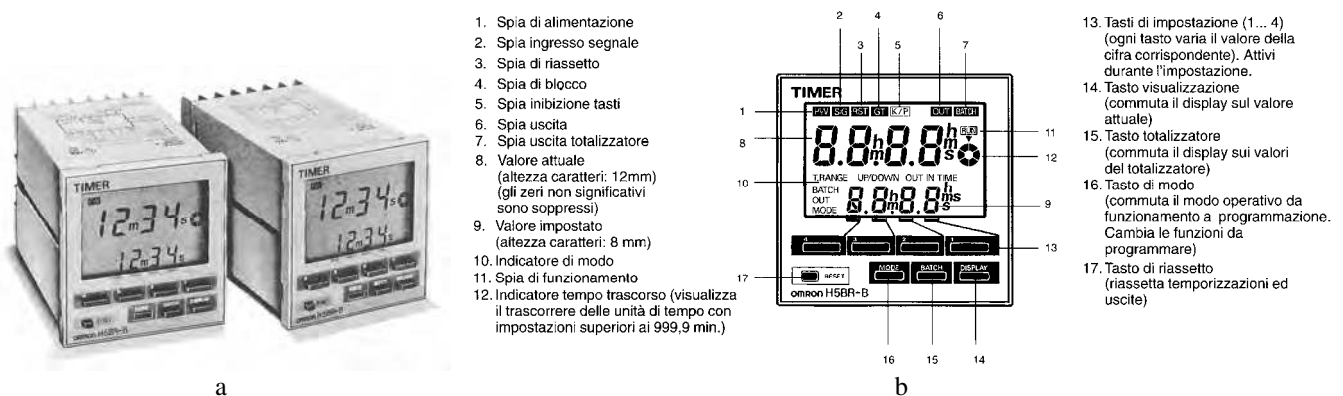


Fig. 2.136 - Esempio di temporizzatore elettronico digitale: a) Modello con dimensioni standard DIN 72x72 mm tipo H5BR - b) Descrizione del pannello frontale (Omron).

Dal punto di vista costruttivo, i temporizzatori possono essere del tipo per il montaggio su zoccolo o per il montaggio diretto su profilato DIN EN 50022-35 (DIN 35), per il fissaggio a vite o per il montaggio incassato in quadri con dimensioni standard DIN 72x72 mm. Con l'impiego di accessori di montaggio, si può elevarne anche il grado di protezione, un po' come si è visto a proposito dei relè ausiliari.

Un temporizzatore può essere realizzato anche utilizzando, oltre ad un relè ausiliario, un apposito modulo temporizzatore che viene inserito tra il relè e lo zoccolo o di fianco, come rappresentato nella fig. 2.137a. Mediante lo spostamento di appositi microselettori, è possibile commutare la gamma di taratura del tempo di ritardo.

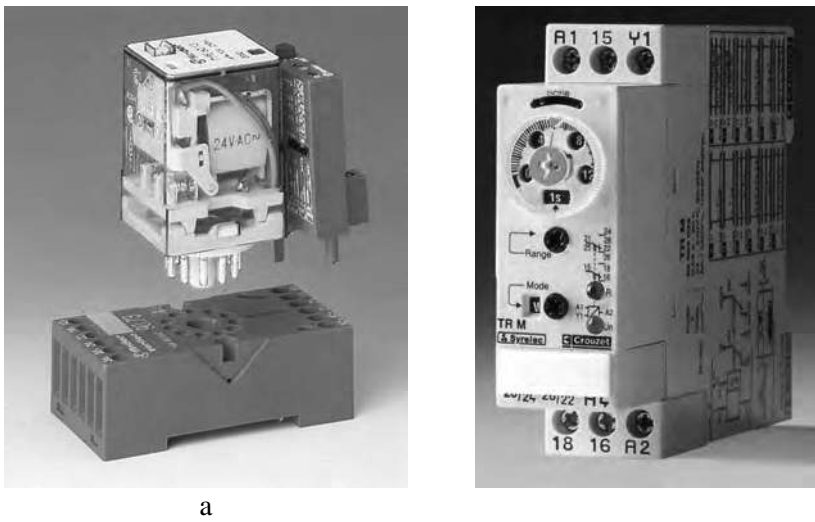


Fig. 2.137 - a) Esempio di relè monostabile con modulo temporizzatore multiscala con montaggio su zoccolo (Finder) - b) Temporizzatore elettronico analogico modulare multifunzione e multiscala (Crouzet).

Temporizzatore elettronico analogico modulare multifunzione e multiscala con dimensioni standard da 17,5 mm, due contatti in scambio e fissaggio su guida DIN simmetrica (EN 50022). Si noti sull'apparecchio il commutatore rotativo per la selezione delle funzioni (mode), il commutatore per selezionare la scala (range), nell'esempio imposta ad 1 s, il trimmer per la regolazione del tempo, tarabile manualmente con un cacciavite, la targhetta bianca a scatto per l'identificazione dell'apparecchio, i due LED che indicano lo stato del temporizzatore e i morsetti per i collegamenti con le altre apparecchiature. Si noti infine a lato lo schema elettrico e il diagramma di lavoro a seconda della funzione scelta (Crouzet).

<p>RITARDO ALL'ECCITAZIONE</p>	<p>PASSANTE ALL'INSERZIONE</p>
<p>RITARDO ALLA DISECCITAZIONE CON TENSIONE AUSILIARIA</p>	<p>IMPULSO (DA UN IMPULSO IN USCITA INDIPENDENTEMENTE DALLA DURATA DEL COMANDO, CON TENSIONE AUSILIARIA)</p>
<p>RITARDO ALL'ECCITAZIONE E ALLA DISECCITAZIONE CON TENSIONE AUSILIARIA tan=tab</p>	<p>INTERMITTENTE (IMPULSO/PAUSA 1:1)</p>
<p>PASSANTE ALLA DISINSERZIONE CON TENSIONE AUSILIARIA</p>	<p> </p> <p>SCHEMA DI COLLEGAMENTO</p>

Fig. 2.138 - Funzioni disponibili con i relè a tempo multifunzione e multiscala (Siemens).

Il relè temporizzatore, utilizzato in particolare per il comando dell'impianto luce delle scale di un edificio civile, provoca lo spegnimento automatico delle lampade allo scadere di un tempo prestabilito.

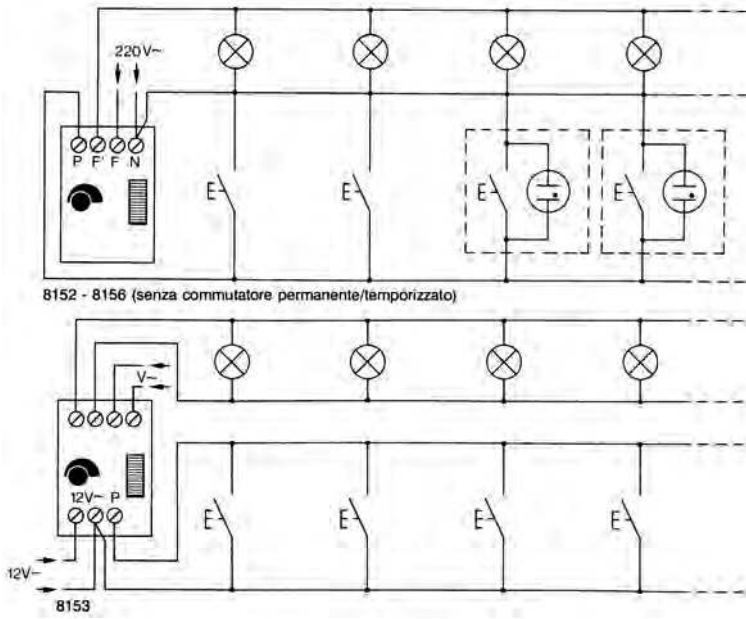
Questi temporizzatori possono essere inoltre utilizzati per l'illuminazione di cantine, aree di accesso all'edificio, impianti di aspirazione per cucine e bagni ciechi.

Il relè di uscita prevede normalmente un contatto funzionante con una corrente massima di 16 A ad una tensione massima di 230 V AC.

In commercio è possibile trovare relè temporizzatori che utilizzano per il loro funzionamento un particolare relè ad orologeria detto "relè orologio", oppure relè del tipo a mercurio che sfruttano la velocità di fuoriuscita dell'aria, contenuta in un cilindretto cavo, attraverso un foro il cui diametro può essere regolato (l'aria è pressata da uno stantuffo di forma cilindrica che ricade dopo essere stato attratto da un elettromagnete).

Attualmente, però, vengono usati esclusivamente relè di tipo elettronico anche se l'uscita è in genere di tipo elettromeccanico; quest'ultimo tipo è caratterizzato da una maggiore affidabilità e da un funzionamento silenzioso.

Tale tempo, perciò, può essere prefissato adottando alcuni accorgimenti circuitali e in modo da ottenere tempi di regolazione che, a seconda dei tipi, possono variare da 1 a 6 minuti oppure da 1 a 20 minuti.



Tutti i modelli prevedono un funzionamento silenzioso, la regolazione del tempo di accensione avviene mediante un potenziometro incorporato, mentre il ripristino del tempo di ritardo è sempre possibile durante tutto il periodo di temporizzazione (lampade accese).

I modelli 8152 e 8156 prevedono una tensione di comando di 220/230 V AC, mentre il modello 8153 funziona con una tensione di comando di 12 V AC.

I modelli 8152 e 8156 hanno la possibilità di essere comandati mediante pulsanti dotati di lampada di localizzazione a scarica a 220/230 V (visibili al buio).

I modelli 8152 e 8153 prevedono anche il commutatore permanente/temporizzato.

Fig. 2.139 - Esempi di schemi di inserzione di relè temporizzatori elettronici luce scale (bticino).

Per migliorare il funzionamento del relè temporizzatore e migliorare la precisione del tempo impostato, si ricorre normalmente alla stabilizzazione della tensione di alimentazione.

È inoltre previsto, in genere, un commutatore attraverso il quale il circuito in uscita può essere predisposto in condizioni di illuminazione permanente o temporizzata.

L'illuminazione permanente attiva immediatamente il relè di uscita senza la necessità di agire sul pulsante alimentando così in modo permanente le luci, la funzione di illuminazione permanente può essere realizzata anche se viene attivata l'illuminazione temporizzata, è in genere sufficiente tenere premuto un pulsante di attivazione (o chiudere un interruttore collegato in parallelo ad esso).

In abbinamento a questi relè, è possibile utilizzare particolari circuiti elettronici che consentono di ridurre gradualmente la luminosità delle lampade ad incandescenza, fornendo un preavviso allo spegnimento (circa 10÷30 s), ossia, dopo un periodo in cui le lampade sono alimentate a tensione piena, viene ridotta gradualmente l'intensità luminosa fino a zero.

È possibile, inoltre, effettuare la predisposizione per la luce notturna: in modo analogo a quanto visto in precedenza, l'intensità si può ridurre fino ad un terzo del flusso luminoso normalmente emesso dalle lampade.

Per il comando dei relè temporizzatori, può essere comodo sostituire i normali pulsanti con dei pulsanti dotati di una piccola lampada, che ne permette una più facile localizzazione al buio.

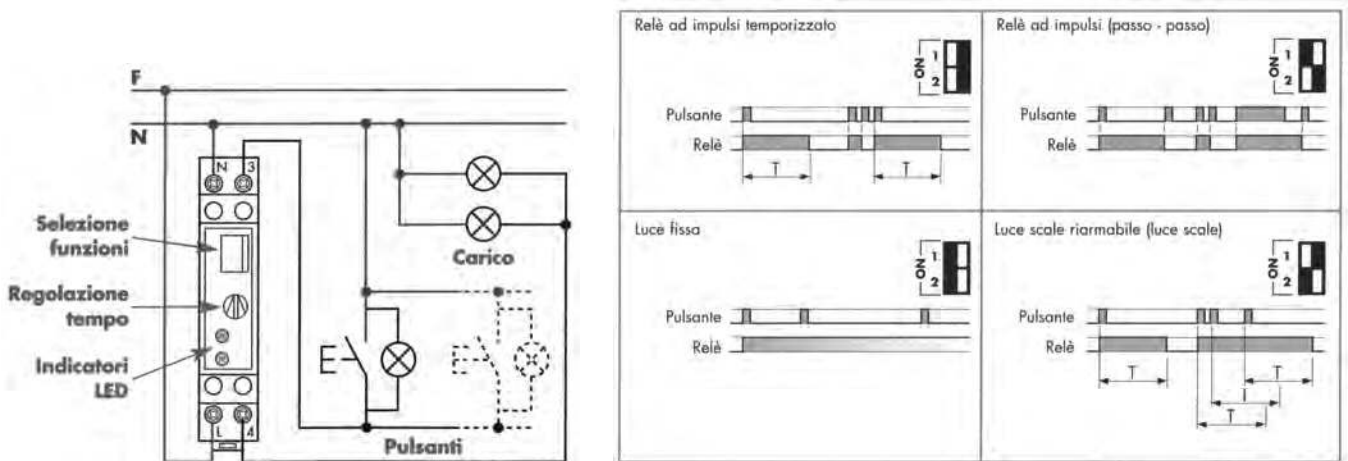


Fig. 2.140 - Schema di collegamento di un relè temporizzatore luce scale a 4 fili e a 4 funzioni. La funzione svolta deve essere impostata mediante dip-switch posti nel pannello frontale, ad ogni impostazione corrisponde un diagramma di lavoro. N: neutro, F: fase (L) (Finder).

2.31 Variatori di luminosità e trasformatori elettronici per lampade ad incandescenza alogene

I variatori di luminosità (dimmer) sono apparecchiature elettroniche in grado di regolare in modo continuo il flusso luminoso emesso da lampade ad incandescenza o alogene.

Il circuito elettronico alla base del funzionamento di questa apparecchiatura utilizza particolari componenti elettronici (Triac, SCR) in grado di parzializzare la sinusoide, che rappresenta la tensione di alimentazione della lampada; in questo modo, variando la tensione di alimentazione, è possibile variare il flusso luminoso emesso dalla lampada.

I variatori, anche se sono basati sullo stesso principio di funzionamento, possono essere del tipo a manopola, con o senza deviatore incorporato, oppure a pulsante.

Vengono generalmente realizzati con dimensioni modulari per poter consentire il montaggio sulle stesse scatole e con le stesse placche utilizzate per gli interruttori, i commutatori e gli invertitori, nonché le prese a spina. Nei modelli dotati di LED (per esempio, verde o blu) la loro accensione indica la presenza della tensione di rete.

I tipi a manopola, la cui regolazione avviene ruotando la manopola nel senso indicato dalla freccia, sono disponibili nella versione con o senza deviatore incorporato, come mostrato nella fig. 2.141a.

I modelli con deviatore consentono la regolazione del carico da un punto e l'accensione o spegnimento da più punti tramite deviatori o invertitori esterni. Questo genere di apparecchi può sostituire un normale interruttore o deviatore senza la necessità di modifiche all'impianto. Devono essere protetti da un fusibile esterno.

Sono disponibili modelli con manopola e pulsante oppure con solo il pulsante.

Nei tipi con manopola e pulsante, la pressione rapida della manopola o di uno dei pulsanti collegati esternamente provoca l'accensione del carico al livello dell'ultima regolazione effettuata mediante la manopola; una seconda pressione rapida provoca lo spegnimento.

Nei variatori a pulsante, il comando si realizza nel seguente modo: l'azionamento prolungato del pulsante dà luogo alla regolazione continua del livello di illuminamento in aumento o in diminuzione; al rilascio del pulsante viene memorizzato automaticamente il punto di regolazione scelto. Un tocco rapido provoca l'accensione (o lo spegnimento) della lampada al valore di emissione luminosa memorizzata.

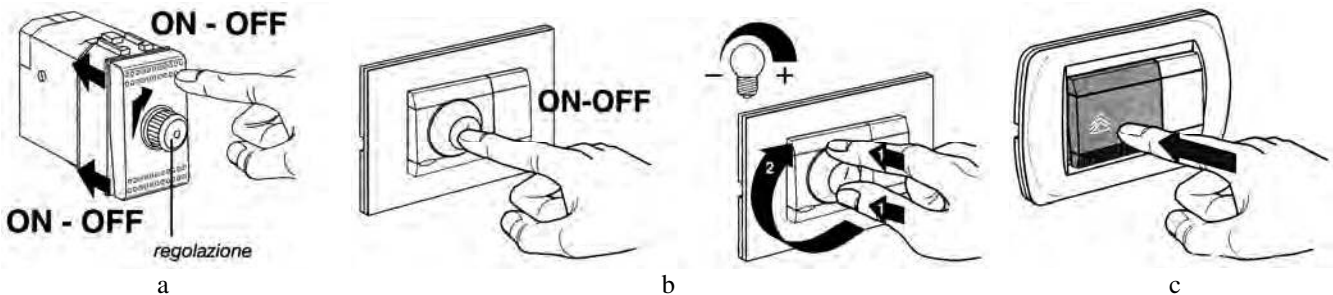


Fig. 2.141 - Variatori di luminosità, accensione/spegnimento e regolazione: a) Modelli con manopola e deviatore incorporato (L/N/NT4402) - b) Modelli con manopola e pulsante (L/N/NT4403) - c) Modelli con pulsante (L/N/NT4413) (bticino).

All'accensione, gli apparecchi con pulsanti fanno sì che il carico raggiunga il livello di luminosità impostato in modo graduale, al fine di evitare fenomeni di abbagliamento (soft-start); anche lo spegnimento avviene in modo graduale (soft-stop).

Con questi tipi di apparecchiature è possibile ripetere a distanza gli stessi comandi tramite altri pulsanti normalmente aperti (NO) fino ad una distanza di circa 50 m. I pulsanti vanno collegati direttamente alla fase (L) del variatore, come mostrato nella fig. 2.143b. Alcuni modelli di variatori possono utilizzare pulsanti remoti con lampada al neon di localizzazione.

La protezione dell'apparecchiatura contro i cortocircuiti viene in genere affidata ad un fusibile miniatura (per esempio, T2,5H250V tipo ritardato 5x20) accessibile normalmente dall'esterno. Alcuni costruttori forniscono anche un fusibile di ricambio incorporato nell'apparecchiatura stessa. Per la sostituzione del fusibile, togliere sempre la tensione di rete.

La potenza regolabile varia in genere da 60 a 500 W a 220/230 V; il campo di regolazione è compreso tra lo 0 e il 95% della potenza nominale della sorgente luminosa.

Per un corretto funzionamento di tutti i variatori, è opportuno tenere presente le seguenti raccomandazioni: non abbinare due o più variatori nella stessa scatola e non installare i variatori in scatole ove sono presenti termostati che possono venire influenzati dal calore prodotto dai variatori durante il loro funzionamento.

Infine l'utilizzo di variatori alimentati da gruppi di continuità o gruppi elettrogeni può causare dei malfunzionamenti.

	5352N	5360	5361
Tensione di alimentazione (sia fase-fase, sia fase-neutro)	220V±10%	220V±10%	220V±10%
Frequenza	50-60Hz	50Hz	50Hz
Potenza controllabile	60-500W (60-500VA)	40-500W	100-500W
Campo di regolazione (% della potenza nominale del carico)	regolazione continua	regolazione a 6 gradini 17-35-50-67-85-100%	regolazione continua 3-100%
Ingombro (n° dei moduli)	2	2	1
Sezione max dei conduttori	2x2,5 mm ²	2x2,5 mm ²	1x2,5 mm ²

Altre caratteristiche: forma, messa in opera e grado di protezione dipendono dal contenitore adottato (vedi la tabella contenitori)

Esempi di inserzione

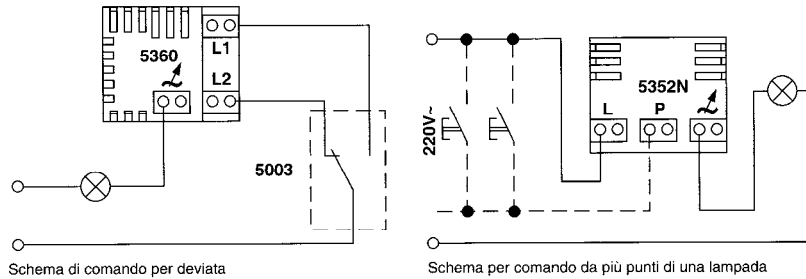


Fig. 2.142 - Caratteristiche ed esempi di inserzione di variatori di luminosità con tensione di alimentazione 220 V ± 10% (bticino).

Esistono modelli in grado di controllare carichi resistivi (come le lampade ad incandescenza) e/o trasformatori tradizionali (non elettronici) con potenze fino a circa 500 VA utilizzati per alimentare lampade alogene a bassissima tensione. Appositi modelli di variatori sono in grado di controllare i moderni trasformatori elettronici per lampade alogene a bassissima tensione.

I variatori di luminosità contengono generalmente un filtro in grado di sopprimere i radiodisturbi e devono rispettare la normativa IEC 669-2-1.

Occorre ricordare che i semiconduttori non interrompono la corrente ma, quando comandati, si limitano a non ristabilirla dopo il passaggio naturale per lo zero; questo sistema supera tutti i concetti di estinzione dell'arco, tipici dei contatti elettromeccanici che coinvolgono il potere di chiusura e di interruzione.

Tuttavia, si deve tener conto delle caratteristiche del carico per due motivi:

- 1) lo sfasamento tra corrente e tensione potrebbe risultare incompatibile per taluni tipi di comando;
- 2) le correnti di spunto o di picco potrebbero risultare incompatibili con i dispositivi elettronici oppure potrebbero danneggiare la giunzione dei semiconduttori.

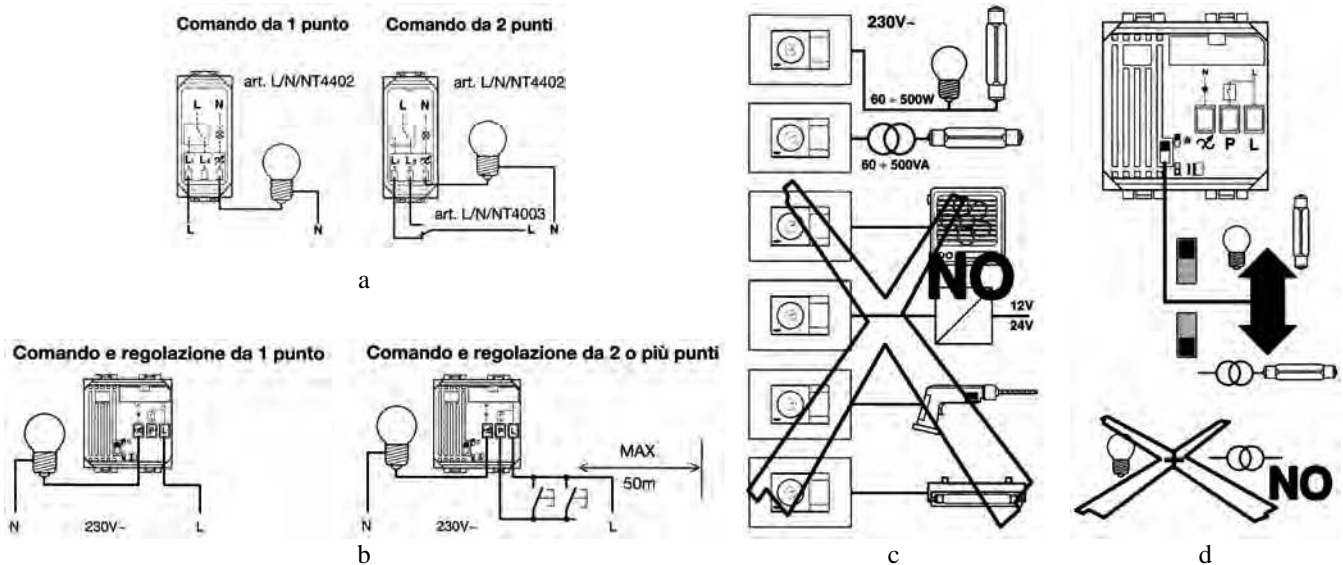


Fig. 2.143 - Variatori di luminosità: a) Schema di collegamento dei modelli con manopola e pulsante - b) Schema di collegamento dei modelli a manopola e pulsante oppure a pulsante - c) Modalità di utilizzo dei variatori con manopola e pulsante oppure solo pulsante - d) Predisposizione dei variatori per il comando diretto di lampade ad incandescenza oppure mediante trasformatore (bticino).

In molti dispositivi sono incompatibili, ai fini del corretto funzionamento, anche con correnti di carico minori del valore nominale.

Nel modello 5352N, in luogo della tradizionale manopola, il comando avviene tramite pressione di un pulsante a tasto incorporato, che svolge la funzione di regolazione continua (tocco prolungato) e l'accensione (o lo spegnimento) da parte dell'utilizzatore al valore di regolazione memorizzato (tocco rapido). È inoltre possibile ripetere a distanza (max. 50 m) gli stessi comandi mediante l'aggiunta di semplici pulsanti in chiusura.

I pulsanti vanno collegati direttamente alla fase (L) del variatore.

Il modello 5360 incorpora un deviatore ed un regolatore elettronico di luminosità a 6 gradini predeterminati.

Il modello 5361, infine, prevede la regolazione, di tipo lineare, che si effettua mediante una manopola rotativa posta sul frontale.

Per queste ragioni il carico non è caratterizzato solo dalla tensione e dalla corrente nominale e non si possono applicare i concetti di “categoria di utilizzazione” pertinenti agli apparecchi elettromeccanici.

Limitatamente agli apparecchi per uso domestico e similare, secondo la norma CEI EN 60669-2-1, bisogna considerare, oltre ai valori di U_n e I_n , anche l’eventuale corrente (potenza) minima alla quale il componente elettronico funziona in modo soddisfacente.

L’uso di lampade alogene a bassissima tensione (6, 12, 24 V) richiede che nell’impianto elettrico sia inserito un trasformatore di adeguata potenza che provveda a convertire la tensione di rete in bassissima tensione.

Oltre ai trasformatori di tipo tradizionali (fig. 2.156) esistono i tipi cosiddetti a forma toroidale in cui il nucleo e gli avvolgimenti assumono una volumetria a toro che può essere modificata secondo le esigenze dettate dall’inserimento del trasformatore nell’apparecchio illuminante.

Nei moderni impianti di illuminazione vengono però sempre più spesso utilizzati i trasformatori elettronici che sono caratterizzati da un elevato rendimento, una notevole riduzione di peso e delle dimensioni, nonché una temperatura di funzionamento inferiore a quelle dei trasformatori elettromeccanici. Questi apparecchi devono essere conformi alla norma europea EN 60742.

Mentre l’apparecchiatura viene mostrata nella fig. 2.145, il principio di funzionamento è schematizzato in fig. 2.144 e può essere così sintetizzato. All’ingresso viene normalmente inserita una protezione contro le sovracorrenti. Quindi, è previsto normalmente, nel rispetto delle normative contro i radio disturbi, un filtro per attenuare i disturbi, generati dal circuito oscillatore, che possono essere trasmessi attraverso il cavo di alimentazione alla rete (e quindi disturbare altre apparecchiature elettroniche). Successivamente si trova un ponte raddrizzatore che ha la funzione, appunto, di raddrizzare l’onda sinusoidale di rete.

A questo punto un oscillatore, costituito da due transistor di potenza, alimenta l’avvolgimento primario di un piccolo trasformatore, come mostrato nella fig. 2.145b, con una tensione alternata a forma rettangolare avente una frequenza elevata compresa tra i 20 kHz e i 50 kHz. Un circuito dotato di potenziometro può far variare il valore della tensione sul secondario del trasformatore che normalmente è di 6, 12, 24 V AC, necessaria per alimentare le lampade alogene a bassissima tensione.

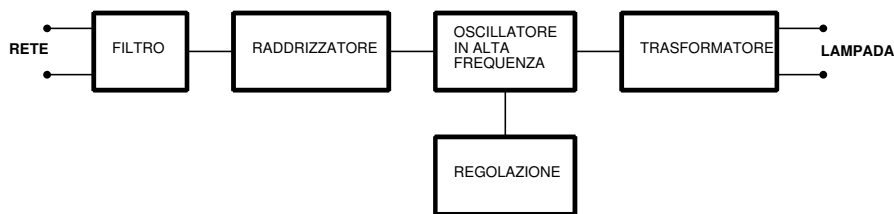


Fig. 2.144 - Schema a blocchi di un trasformatore elettronico.

Con l’uso dell’alta frequenza si riescono a generare dei flussi magnetici elevati con poche spire di avvolgimento su piccoli nuclei di ferrite (materiale magnetico di tipo ceramico composto da vari ossidi di ferro che offre un’elevata resistenza alla conduzione elettrica e, quindi, basse perdite), riducendo il peso e le dimensioni.

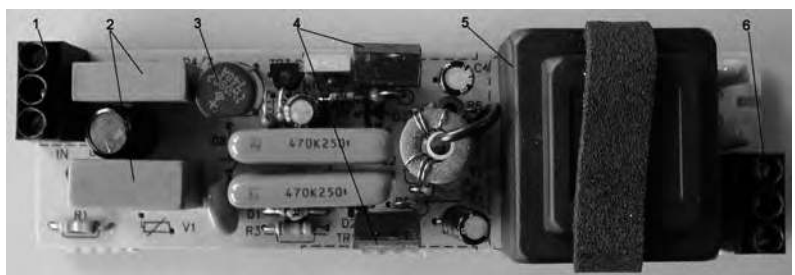
È proprio la presenza del trasformatore che garantisce l’isolamento galvanico tra la rete e l’apparecchio di illuminazione consentendo di ottenere un’alimentazione di sicurezza di tipo SELV.



Caratteristiche tecniche.
 Trasformatore elettronico per lampade alogene a bassissima tensione, dotato delle seguenti protezioni: contro i cortocircuiti e i sovraccarichi elettrici nonché contro le sovratemperature ambientali.
 Primario: $U_{in} = 230\text{ V AC}$, $I_{in} = 0,23\text{ A}$, $50\pm 60\text{ Hz}$ e secondario $U_{out} = 12\text{ V AC}$, $P = 10\pm 60\text{ W}$, temperatura ambiente $t_a = 0\pm 40\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura massima rilevabile sulla custodia nel punto $t_c = 93\text{ }^\circ\text{C}$, equivalente ad un’alimentazione in bassissima tensione di sicurezza SELV.

Legenda.

1: morsetti di alimentazione a 220/230 V, 2: condensatori appartenenti al circuito del filtro contro i disturbi elettrici, 3: ponte raddrizzatore, 4: transistor di potenza del circuito oscillatore, 5: trasformatore, 6: morsetti di uscita a 12 V da collegare alle lampade.



a

b

Fig. 2.145 - Trasformatore elettronico per lampade alogene a bassissima tensione: - a) Esempio di caratteristiche tecniche - b) Scheda elettronica. Da notare, sulla sinistra i morsetti di alimentazione a 230 V, mentre sulla destra i morsetti di uscita a 12 V da collegare alle lampade alogene a bassissima tensione, nonché il trasformatore, realizzato con nucleo di ferrite, che consente di ottenere un’alimentazione di sicurezza di tipo SELV (Relco).

Caratteristiche	Potenza P [W]					
	60	80	105	150/160	200	250
U_{in} [V]	230/240 AC	230/240 AC	230/240 AC	230/240 AC	230/240 AC	230/240 AC
P_{max} [W]	60	80	105	150/160	200	250
P_{min} [W]	10	20	20	50/100	100	100
I_{in} [A]	0,23	0,33	0,45	0,65	0,8	1
U_{out} [V]	12	12	12	12	12	12

Tab. 2.57 - Principali caratteristiche di alcuni tipi di alimentatori elettronici per lampade alogene (Relco).

Per quanto riguarda l'installazione di queste apparecchiature, occorre seguire le indicazioni dei costruttori e, in particolare, è necessario l'osservanza delle seguenti note.

- Rispettare i dati di targa degli apparecchi (carico minimo e massimo, tensione di alimentazione, temperatura ambiente, massima temperatura rilevabile sulla custodia nel punto t_c , compatibilità con i sistemi di regolazione).
- Serrare accuratamente le viti dei morsetti di collegamento (sezione del cavo: $0,7 \text{ mm}^2 \div 2,5 \text{ mm}^2$).
- La linea di rete non deve essere cablata né lungo la custodia del trasformatore elettronico né in parallelo alla linea del secondario a 12 V per evitare accoppiamenti ad alta frequenza. Per la linea di rete, utilizzare un cavo del tipo H03VV-F/H2-F; togliere la guaina superiore del cavo di alimentazione per un massimo di 17 mm.
- La massima lunghezza della linea a 12 V deve essere inferiore a 2 m per contenere i radiodisturbi entro limiti ammissibili, consentendo un'installazione degli apparecchi entro un'area circolare di 4 m di diametro intorno al trasformatore elettronico. La sezione del cavo deve essere scelta in conformità della tab. 2.58.

Lunghezza l [m]	Potenza P [W]					
	20	35	50	100	150	200
0,5	1	1	1	1	1,5	1,5
1	1	1	1	1,5	1,5	2,5
1,5	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
2	1	1,5	1,5	2,5	2,5	4

Tab. 2.58 - Tabella per la scelta della sezione del cavo della linea a 12 V in funzione della potenza P e della lunghezza l (Relco).



Fig. 2.146 - Collegamento tra il trasformatore elettronico (T) e gli apparecchi di illuminazione (E): a) - La lunghezza massima della linea a 12 V deve essere inferiore a 2 m - b) L'installazione è possibile entro un'area circolare di 4 m (Relco).

- Posizionare il trasformatore lontano da fonti di calore ed evitare di sovrapporre o accostare più alimentatori (min. 20 cm). Le protezioni termiche (protezione elettronica auto-ripristinabile) potrebbero intervenire.

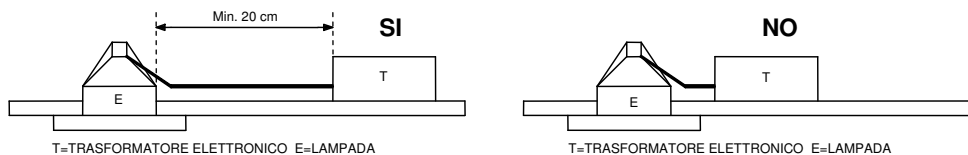


Fig. 2.147 - Posizionare il trasformatore (T) lontano da fonti di calore (per esempio, apparecchi illuminanti E) ad una distanza minima di 20 cm (Relco).

- Qualora l'alimentatore venga alloggiato in un altro involucro, provvedere ad una adeguata aerazione.
- Se l'alimentazione (230 V) è ricavata da una rete trifase con neutro, accertarsi assolutamente che il neutro sia collegato con un ottimo contatto a tutti i trasformatori elettronici. Prima della messa in funzione dell'impianto, verificare i collegamenti del neutro durante il funzionamento normale dell'impianto di illuminazione ricordandosi di non staccare solo e/o per primo il neutro. Non utilizzare questi alimentatori nel caso di reti di alimentazione in collegamento a triangolo.

- L'alimentatore deve essere impiegato esclusivamente con carichi resistivi.
- I trasformatori elettronici, a seconda del modello, sono regolabili con varie tipologie di dimmer. Il corretto funzionamento del sistema di illuminazione dimmer+trasformatore elettronico viene garantito solo se vengono rispettate le indicazioni di compatibilità riportate dai costruttori.
- Per evitare problemi di affidabilità dovuti a sovratensioni istantanee sulla rete, in presenza di lampade fluorescenti, lampade a scarica ad alogenuri, vapori di sodio o carichi induttivi in genere, è sempre consigliabile utilizzare vie di alimentazione distinte per gli alimentatori elettronici e gli altri tipi di carico. Viene suggerito di utilizzare moduli di protezione contro le sovratensioni più alte di quelle che la protezione, già presente all'interno degli alimentatori elettronici, può sopportare (1500 V).

2.32 Telecomandi a raggi infrarossi

Il telecomando a raggi infrarossi è un sistema in grado di trasformare l'impiantistica elettrica tradizionale delle funzioni di comando, e oggi si sta diffondendo sempre più, soprattutto nel terziario.

Tale sistema è composto da trasmettitori (in genere di tipo portatile) e moduli ricevitori (in genere del tipo da incasso con funzione di relè o di dimmer). Esso consente di comandare e regolare il funzionamento di apparecchi elettrici a distanza, quali per esempio: punti luce, motori ad asservimento di tendaggi, tapparelle, saracinesche, agitatori d'aria, proiettori per sale riunioni. Offre il massimo grado di sicurezza elettrica, dato dall'assenza di collegamento fisico tra ricevitore e trasmettitore.

Risulta confortevole e comodo nell'utilizzo per la possibilità di avere sempre il comando a portata di mano ed in qualsiasi condizione e per la possibilità di centralizzare i comandi presso posti di sorveglianza.

È particolarmente indicato nei seguenti casi: in fase di ristrutturazione, in presenza di vincoli architettonici, negli uffici "open space", negli ambienti che ospitano persone inferme o disabili.

Il sistema si compone delle seguenti parti.

Trasmettitori del tipo portatile e da incasso alimentati da una pila da 9 V con oscillatori che garantiscono la non interferenza con gli altri telecomandi di uso generalizzato (TV, lettori DVD, decoder, ecc.). Su ogni trasmettitore è possibile selezionare un certo numero di canali diversi (per esempio, 16), abbinabili ai pulsanti presenti sul telecomando (per esempio, 4). Di conseguenza, è sufficiente sintonizzare ogni ricevitore su un canale ben preciso del trasmettitore. Alcuni telecomandi, accoppiati con i corrispondenti ricevitori (dimmer), consentono l'accensione e lo spegnimento premendo rapidamente il pulsante; la regolazione avviene mantenendo premuto il pulsante, mentre per invertire il senso di regolazione, occorre interrompere e ripristinare la pressione.

Ricevitori da incasso (per esempio, modulo Living) con microselettori di canali per la sintonizzazione con il trasmettitore e zona frontale per la sintonizzazione dei raggi infrarossi. Sul frontale è posizionato anche un LED rosso che indica quando il ricevitore sta ricevendo i segnali. I ricevitori possono essere di vario tipo: ad un canale per il comando di un relè, a due canali per il comando di due relè, ad un canale per il comando di un dimmer. Alcuni modelli consentono l'accensione graduale (soft start) che garantisce un passaggio graduale dallo stato di spento a quello di massima luminosità, contribuendo così all'aumento della vita della lampada, riducendo lo stress subito dal filamento durante l'accensione fredda ed evitando l'effetto abbagliante per le persone.

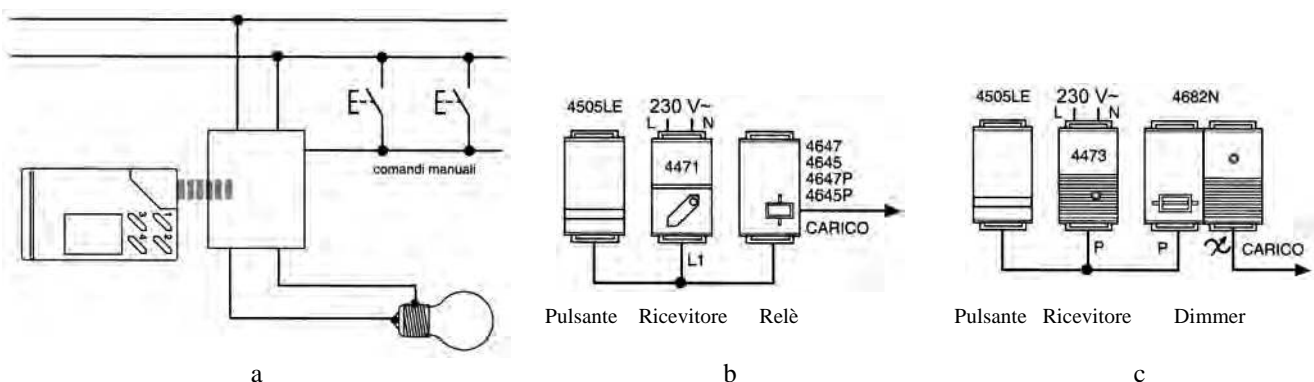


Fig. 2.148 - a) Schema di principio del telecomando a raggi infrarossi - b) Telecomando da più punti mediante relè - c) Telecomando da più punti di un dimmer (bticino).

I sistemi di questi tipo sono integrati con gli impianti tradizionali e i ricevitori sono componibili con tutti gli altri apparecchi, da incasso, della stessa serie dei vari costruttori. Le possibilità di collegamento sono varie e flessibili; è infatti possibile aumentare l'area utile di ricezione collegando più ricevitori in parallelo.

Installando i relè con tasto incorporato, è possibile comandare l'utilizzatore localmente agendo sullo stesso relè. Tutti i telecomandi a raggi infrarossi possono essere integrati da un numero qualsiasi di punti fissi di comando costituiti da semplici pulsanti normalmente aperti.



Legenda.

- 1) Telecomando con quattro pulsanti, alimentazione tramite pila alcalina da 9 V, portata massima 10 m;
- 2) Ricevitore elettronico a infrarossi con selettore a 4 canali con pulsante incorporato, alimentazione 230 V AC;
- 3) Regolatore elettronico con ricevitore ad infrarossi e selettore a 4 canali, per carichi resistivi 25÷300 W (per esempio, lampade ad incandescenza) e induttivi 25÷300 VA, 230 V AC (per esempio, trasformatori, trasformatori elettronici), comando con pulsante incorporato, con telecomando o da più punti con pulsanti normalmente aperti.

Fig. 2.149 - Telecomandi a raggi infrarossi (VIMAR).

2.33 Interruttore crepuscolare

L'interruttore (o relè) crepuscolare è un'apparecchiatura elettronica che consente, in relazione all'illuminamento naturale, di attivare l'illuminazione artificiale di vetrine, insegne pubblicitarie, giardini, strade, ed anche di regolare i tempi di accensione della luce dei vani scale.

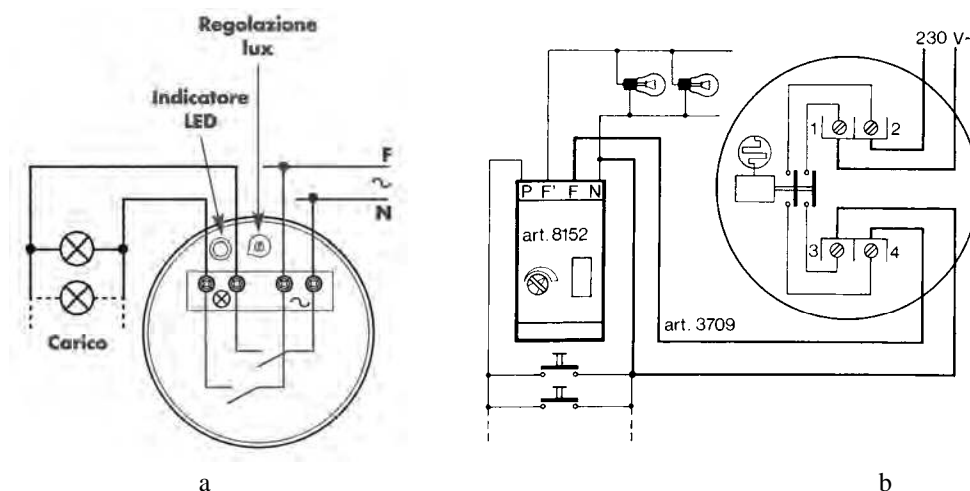
Il principio di funzionamento è basato su di un segnale, rilevato da un elemento fotosensibile, il quale, opportunamente amplificato, consente la chiusura dei contatti di un relè in uscita qualora il livello di illuminazione scenda al di sotto del valore impostato; la chiusura di un contatto consente l'alimentazione delle sorgenti luminose.

Il relè di uscita prevede normalmente uno o due contatti oppure un contatto in deviazione, funzionanti con una corrente massima di 16 A ad una tensione massima di 230 V AC.

I modelli in commercio possono avere diverse funzioni, tra le quali si segnalano le seguenti.

- Alimentare delle lampade al calare della sera e spegnerle all'alba.
- Riaccendere automaticamente delle lampade, nel caso di vetrine o insegne luminose, al calare della sera dopo uno spegnimento, determinato manualmente per mezzo di un pulsante oppure da un orologio programmatore.
- Per spegnere automaticamente, per esempio, negli uffici officine, cortili, quando arriva l'alba dopo aver effettuato l'accensione manualmente mediante un pulsante oppure un orologio programmatore.
- Quando l'illuminazione naturale è debole può spegnere le lampade oppure accenderle nel caso opposto, per esempio nel caso di entrate di tunnel stradale o per cicli giornalieri negli allevamenti.

La soglia di intervento può essere regolata da 1 a 50 lux; è inoltre possibile ritardare l'intervento (eventualmente disinseribile), evitando l'azione intempestiva dell'interruttore crepuscolare dovuto ad improvvisi abbagliamenti provocati, per esempio, dai fari di un'autovettura o dai lampi di un temporale.



Il modello 3709 prevede un grado di protezione, pari a IP54, e può quindi essere installato direttamente a muro o su palo mediante un'apposita staffa.

Del modello 3709 viene presentata una possibile applicazione per l'abilitazione di un temporizzatore luce scale (art. 8152) durante le ore notturne.

Fig. 2.150 - Esempi di schemi di inserzione di interruttori crepuscolari da installare direttamente a muro o su palo: a) Tipo da palo funzionante a 230 V AC (Finder) - b) Esempio di applicazione del tipo da palo usato per l'abilitazione di un temporizzatore luce scale (bticino).

L'interruttore crepuscolare è alimentato a 220/230 V oppure a 24 V e può avere un grado di protezione dell'involucro IP44 oppure contro gli spruzzi di acqua e contro la pioggia (IP54); in questo caso può essere installato direttamente su un muro o mediante un'apposita staffa su di un palo.

Alcuni modelli sono caratterizzati da un isteresi zero che garantisce l'accensione e lo spegnimento alla soglia impostata. Un normale crepuscolare, per evitare malfunzionamenti, si spegne a una soglia superiore a quella dell'accensione; pertanto, subisce un ritardo nello spegnimento delle luci, con conseguente inutile incremento dei consumi elettrici quando la luce naturale (solare) è già esistente.

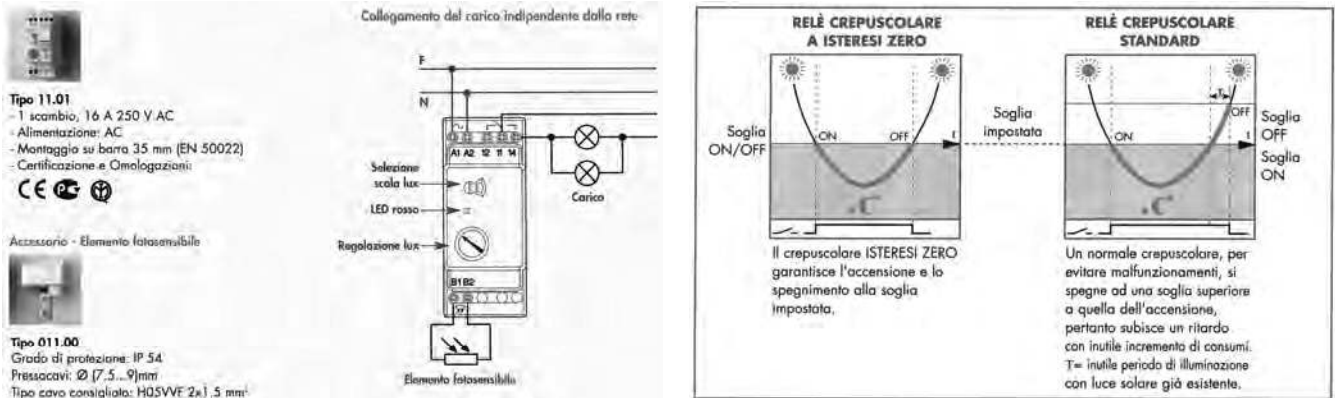


Fig. 2.151 - Interruttore crepuscolare da installare direttamente a muro o su palo del tipo modulare funzionante a 230 V AC con isteresi zero e carico indipendente dalla rete di alimentazione (Finder).

2.34 Interruttore orario

Gli interruttori orari o orologi programmatori sono utilizzati per il comando automatico di impianti di illuminazione per vani scale, vetrine, insegne luminose, oppure per commutare la regolazione da giorno a notte negli impianti di riscaldamento o per tutte quelle apparecchiature che devono essere programmate durante la giornata oppure durante la settimana.

Gli interruttori orari sono disponibili nella versione elettromeccanica oppure elettronica.

Nella versione elettromeccanica, la predisposizione dei comandi avviene in genere mediante dei particolari piolini, denominati cavalieri, posizionati sul quadrante dell'orologio azionato da un piccolo motore sincrono sincronizzato sulla frequenza di rete.

Durante la rotazione del quadrante, i cavalieri provocano lo spostamento in avanti e indietro di una levetta a cui corrisponde la chiusura o l'apertura del contatto elettrico interno.

Nella versione elettronica, ormai la più diffusa, viene impiegato per la sincronizzazione un oscillatore al quarzo e la regolazione viene effettuata generalmente mediante piccoli pulsanti, come mostrato in fig. 2.152b. Esistono modelli con circuito elettronico con quadrante e cavalieri, come, per esempio, quello mostrato in fig. 2.152a.



- Si noti nella figura:
- la corona con cavalieri impedibili a segmenti;
 - disco con riferimenti di programmazione;
 - lancette per la messa in fase oraria;
 - sulla destra, il commutatore manuale forzata ON/OFF;
 - le lancette delle ore e dei minuti possono essere ruotate sia in senso orario che in senso antiorario, per una rapida regolazione dell'ora nei passaggi da ora solare a ora legale e viceversa;
 - morsetti per l'alimentazione dell'interruttore e il collegamento al relè di uscita.



- Si noti nella figura:
- il display a cristalli liquidi (LCD) con contrasto regolabile, al fine di assicurare le migliori condizioni di lavoro anche con poca luminosità o a temperature molto basse (i display LCD sono sensibili alla temperatura);
 - pulsanti retroilluminati per selezionare le varie voci del menu e per confermare le voci scelte (MENU, OK, +, -);
 - morsetti per l'alimentazione dell'interruttore e il collegamento al relè di uscita.

Fig. 2.152 - Esempio di interruttori orari modulari elettronici: a) Modello con quadrante analogico a cavalieri - b) Modello digitale con display a cristalli liquidi LCD (Legrand).

L'uso dell'elettronica consente una precisione maggiore, permette di riattivare l'interruttore sull'ora esatta in seguito ad una interruzione dell'alimentazione (che può andare da un centinaio di ore fino ad alcuni anni). In alcuni modelli è possibile regolare automaticamente l'ora nei passaggi dall'ora solare all'ora legale e viceversa. Tutte queste prestazioni non possono in genere essere fornite dai modelli elettromeccanici, per esempio dotati di motore

sincrono. La programmazione di queste apparecchiature può essere del tipo giornaliero oppure giornaliero/settimanale. Possono essere programmati i singoli giorni oppure periodi predefiniti (per esempio, Lun-Dom, Lun-Ven, Sab-Dom). Un programma è costituito dagli orari di apertura e chiusura di un circuito stabilito per un determinato giorno.

In alcuni modelli (fig. 2.152b) è possibile trasferire i programmi su memoria estraibile, funzionalità che consente di esportare un programma su un altro interruttore orario o di interfacciarsi con un personal computer, dotato di apposito software, per una programmazione ancora più semplice ed immediata tramite un adattatore che si collega a una porta USB oppure seriale RS232C di un personal computer.

Il modello rappresentato in fig. 2.152b consente di inserire la latitudine, la longitudine (o, più semplicemente il nome della città più vicina tra quelle in elenco) e la data: l'interruttore calcola automaticamente l'ora dell'alba e quella del tramonto per l'intero anno. Questa opzione consente di utilizzare l'apparecchio come interruttore crepuscolare senza la necessità di un sensore di luminosità.

L'uso dell'elettronica ha consentito non solo di migliorare le prestazioni di queste apparecchiature, ma di aggiungere nuove funzioni, come quelle descritte di seguito.

Programma vacanze. È possibile, durante le vacanze, impostare se una determinata apparecchiatura deve rimanere costantemente accesa o spenta. Basta impostare la data di inizio e fine delle vacanze e la modalità ON o OFF e l'interruttore rimarrà nella modalità impostata per tutto il periodo di vacanza o assenza ed al rientro tornerà automaticamente al suo funzionamento normale.

Casuale. Questa funzione consente, per esempio, di accendere e spegnere luci e/o attivare degli utensili ad orari diversi ogni giorno in modo da simulare la presenza di operatori e persone (per scoraggiare eventuali malintenzionati).

Contaore. In alcune applicazioni professionali può essere necessario poter controllare per quanto tempo un certo carico comandato è rimasto attivo (motori, luci, ecc.). Il contaore integrato può mostrare la somma di tutti i tempi di funzionamento (ON) dell'utilizzatore, per ogni canale, e la data dell'ultimo reset.

Impulso. Alcuni tipi di interruttori orari ad un canale possono essere usati in alternativa come interruttore ad impulso con diverse decine di accensioni (per esempio, 84) e con durata dell'impulso regolabile da 1 secondo a 1 ora. In questo modo è possibile, per esempio, controllare il campanello di una scuola o la sirena di una fabbrica con un normale interruttore orario settimanale.

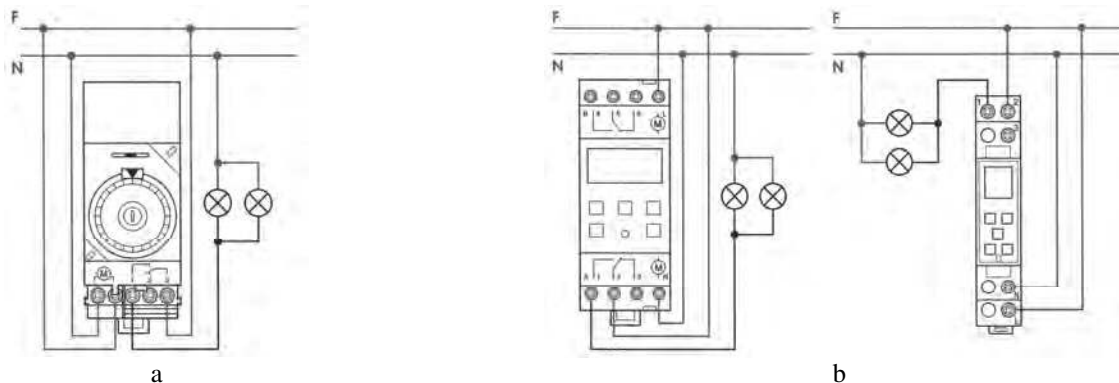
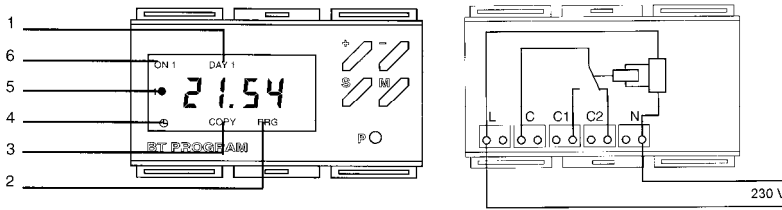


Fig. 2.153 - Schemi di collegamento degli interruttori orari: a) Modello con quadrante analogico e cavalieri - b) Modelli digitali con display a cristalli liquidi LCD (Finder).

Le principali caratteristiche tecniche di queste apparecchiature sono:

- tensione di alimentazione 220/230 V AC, 50 Hz;
- contatto in commutazione libero da tensione con corrente massima di 16 A, con $\cos \varphi$ uguale a 1 oppure con 5 A con $\cos \varphi$ pari a 0,5;
- potenza massima circa 2 kW;
- tempo minimo tra un intervallo ed il successivo di 1 min;
- precisione di intervento pari a 1 s;
- precisione $\pm 0,2$ s/giorno;
- temperatura di funzionamento da -10 °C a $+55$ °C;
- riserva di carica, per esempio da 100 giorni nei modelli con cavalieri a 6 anni nei modelli con display LCD;
- indicazioni sul quadrante almeno dell'ora, del giorno, della settimana e se il carico è inserito o disinserito;
- comando manuale/automatico;
- passaggio automatico ora solare/legale;
- coperchio trasparente, in alcuni casi piombabile.



Questo orologio a ciclo giornaliero/settimanale consente l'inserzione o la disinserzione automatica ad orari prestabiliti di un utilizzatore con un assorbimento massimo di 2000 W (per esempio, automazione di impianti di riscaldamento).

Tasti: [+]: avanzamento (pressione continua = avanzamento veloce), [-]: arretramento (pressione continua = arretramento veloce), [M]: memorizzazione, [P]: predisposizione alla programmazione, [P]+[M]: azzeramento apparecchio (reset), [S]: avanzamento funzioni.

Indici: 1: giorno della settimana, 2: programmazione in corso, 3: copiatura dei programmi, 4: regolazione oraria in corso, 5: uscita ON/OFF, 6: fase di programmazione (ON1, OFF1, ecc.).

Fig. 2.154 - Esempio di interruttore orario elettronico e relativo schema di collegamento da inserire in una scatola porta frutto (bticino).

2.35 Suonerie e ronzatori

Negli impianti di segnalazione, rivestono una particolare importanza le suonerie e i ronzatori, con i quali è possibile realizzare la segnalazione acustica. Normalmente queste apparecchiature sono alimentate a bassissima tensione (per esempio, 12 V o 24 V) mediante un apposito trasformatore monofase. È comunque possibile trovarle anche alimentate con una tensione più alta (per esempio, 220/230 V). Alcuni modelli possono funzionare sia in corrente alternata che continua.

Il principio di funzionamento delle suonerie sfrutta varie tecnologie, da quella elettromeccanica a quella elettronica, e la loro forma può essere diversa a seconda del tipo di installazione, a parete, da incasso e a moduli componibili; infine, si differenziano anche per il tipo di suono che può essere mono e bitonale. Le suonerie più diffuse sono del tipo cosiddetto a *scintilla* e sono caratterizzate dal seguente principio di funzionamento:

- quando si preme il pulsante di comando, l'elettromagnete contenuto nella suoneria viene attraversato da una corrente e, quindi, attrae un'ancorina, realizzata in materiale elastico, dotata su di una estremità di un martelletto;
- nel momento in cui il martelletto colpisce il coperchio della suoneria (timpano), nasce il suono, ma nello spostamento dell'ancorina si apre un contatto, venendo così a mancare l'alimentazione dell'elettromagnete;
- l'elettromagnete, diseccitandosi, rilascia l'ancorina, laquale torna nella sua posizione iniziale, richiudendo così il circuito dell'elettromagnete;
- il ciclo a questo punto si ripete per tutto il tempo in cui viene tenuto premuto il pulsante, consentendo così di emettere il tipico suono.

I timpani possono essere realizzati con vari materiali come acciaio, bronzo, alluminio, ecc., ottenendo così un determinato timbro e una certa intensità.

In alcuni casi, un suono ad elevata intensità può disturbare; vengono allora utilizzati i ronzatori, i quali in pratica sono delle suonerie senza timpano e martelletto, dove il suono è ottenuto sfruttando la vibrazione dell'ancorina.

Suoneria e ronzatori a timpano.

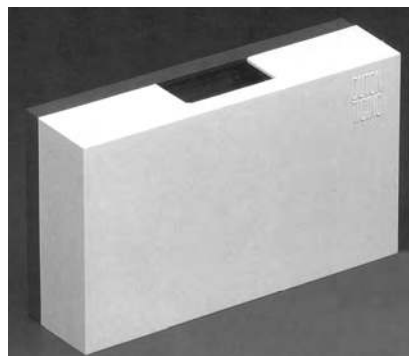
Diametro 62 mm, corredate di accessori per l'installazione a parete o su scatola tonda diametro 60 mm.

Disponibili con timpano in bronzo, alluminio, acciaio, in resina (ronzatore).

Caratteristiche elettriche: 12, 24, 230 V AC, 8 VA.



a



b

Suoneria a note melodiose Duton.

Montaggio a parete, tonalità FA diesis minore, cassa armonica in resina, corredata di accessori per l'installazione a parete o su scatola rettangolare. Caratteristiche elettriche: 8 V AC, 15 VA; 12 V AC, 8 VA; 230 V AC; 110 V AC; 24 V AC; 110+230 V AC.

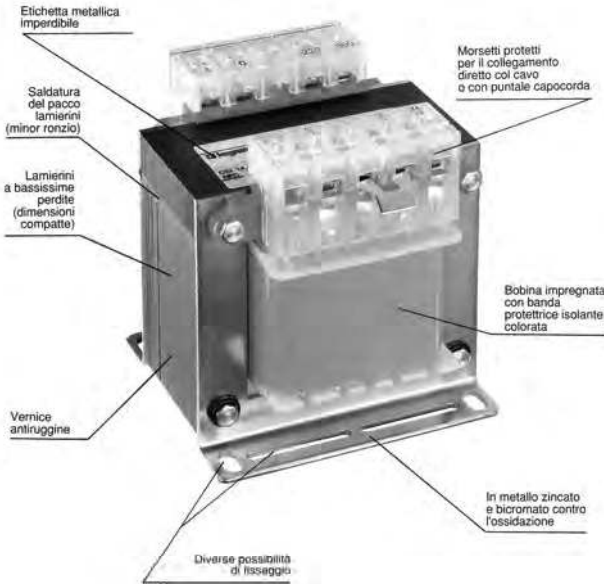
Fig. 2.155 - Esempio di suonerie: a) Suoneria a timpano - b) Suoneria a note melodiose Duton (bticino).

Si utilizza a volte il ronzatore per la chiamata dalla porta d'ingresso dell'appartamento, mentre la suoneria è per la chiamata dal cancello. Esistono suonerie elettroniche modulari che consentono di emettere alcuni suoni diversi fra loro (per esempio, continui o intermittenti) in modo da distinguere anche tre diversi punti di chiamata. Queste suonerie hanno in genere la possibilità di regolare il volume del suono e possono essere alimentate, sia in corrente continua che alternata, in genere in bassa tensione.

2.36 Trasformatore monofase

Negli impianti civili risulta spesso necessario, per motivi di sicurezza o per alimentare circuiti con tensioni diverse rispetto a quella di rete, utilizzare dei trasformatori monofase. Questa macchina elettrica è costituita da un avvolgimento *primario* collegato alla linea di alimentazione e da un avvolgimento *secondario* collegato al carico che si vuole alimentare. Gli avvolgimenti vengono realizzati su di un circuito magnetico (nucleo magnetico costituito da lamierini) nel quale si crea un flusso che concatena entrambi gli avvolgimenti. Il funzionamento del trasformatore, infatti, si basa sul principio della mutua induzione di avvolgimenti percorsi da corrente alternata.

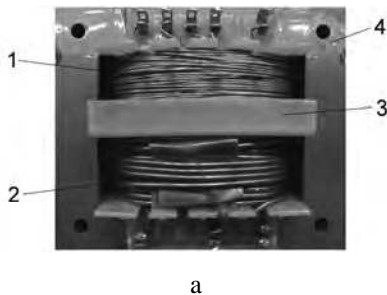
In base a quanto precisato precedentemente, si vogliono citare alcune delle principali grandezze che caratterizzano un trasformatore:



- si definisce **tensione primaria nominale** quel valore fissato dal costruttore del trasformatore per il suo regolare funzionamento;
- si definisce **tensione secondaria nominale** quel valore che è possibile misurare ai capi dell'avvolgimento secondario quando l'avvolgimento primario è alimentato alla tensione nominale;
- si definisce **potenza apparente nominale** il prodotto della tensione nominale al secondario per la corrente nominale che il secondario è in grado di erogare;
- si definisce **frequenza nominale** quel valore che viene fissato dal costruttore per il regolare funzionamento;
- si definisce infine **corrente secondaria nominale** quella corrente che, a tensione primaria e frequenza nominale, può erogare l'avvolgimento secondario secondo quanto prescritto dal costruttore.

Negli impianti civili, i trasformatori che si incontrano più di frequente sono il trasformatore di isolamento e di sicurezza; queste macchine elettriche sono soggette alle norme CEI redatte dal Comitato Tecnico 96 (ex norme CEI 14-6). Caratteristica principale di un *trasformatore di isolamento*, il cui rapporto di trasformazione può essere 400/230 V, 400/110 V, 230/230 V oppure 230/110 V, è di avere gli avvolgimenti primari e secondari elettricamente separati per realizzare la separazione galvanica tra il circuito di alimentazione (rete elettrica) e quello alimentato.

Al fine di limitare i pericoli dovuti a un contatto fra le parti in tensione e le parti metalliche, che andrebbero in tensione in caso di guasto all'isolamento, vengono adottati particolari accorgimenti per accrescere il grado di isolamento principale, come, per esempio, l'aggiunta di un isolamento supplementare oppure un doppio isolamento o un isolamento rinforzato.



Classificazione secondo norme CEI	N° di articolo	Potenza nominale	ΔV% funzionamento vuoto/carico	
			ammessa norme CEI	effettiva
trasformatori a prova di guasto	E91/...	8 VA	100%	25%
	E92/...	16 VA	50%	25%
trasformatori resistenti al corto circuito	E93/...	25 VA	50%	25%
	E94/...	40 VA	20%	15%

Fig. 2.156 - a) Trasformatore di sicurezza: 1) Avvolgimento primario - 2) Avvolgimento secondario - 3) Isolamento totale tra l'avvolgimento primario e secondario (avvolgimenti completamente separati) - 4) Nucleo ferromagnetico - b) Classificazione secondo le norme CEI redatte dal Comitato Tecnico 96 (ex norme CEI 14-6) dei trasformatori (bticino).

I trasformatori di isolamento vengono utilizzati quando le norme CEI per gli impianti elettrici utilizzatori prescrivono la separazione dei circuiti per l'alimentazione di determinate apparecchiature come rasoi, utensili portatili, falciatrici, ecc. oppure qualora si voglia separare parti di circuito. Il *trasformatore di sicurezza*, invece, è un trasformatore di isolamento destinato però ad alimentare circuiti o apparecchiature a bassissima tensione di sicurezza (con questo termine si definisce una tensione non superiore a 50 V nel caso della corrente alternata oppure a $50\sqrt{2}$ in corrente continua).

La bassissima tensione di sicurezza ottenuta, indicata dalle norme con l'acronimo SELV (*Safety Extra Low Voltage*), consente elevatissime garanzie di protezione contro il fenomeno dell'elettrocuzione.

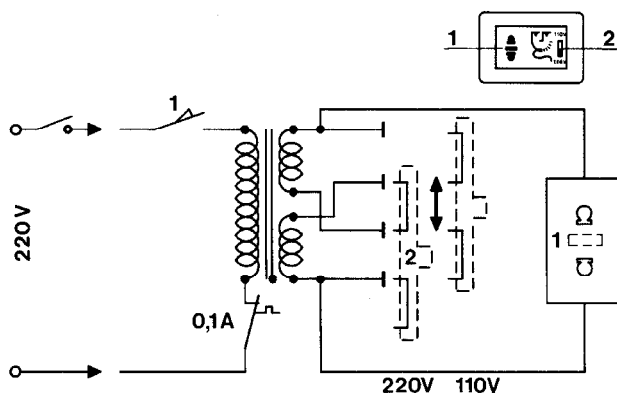
In simili condizioni non è necessario collegare a terra le masse degli utilizzatori e degli impianti. Se ci si trova in un ambiente normale (ovvero non bagnato), le parti attive dei circuiti possono non venire protette contro il contatto diretto, purché la tensione nominale non superi 25 V.

Il trasformatore di sicurezza deve essere realizzato in modo che non vi possano essere trasferimenti di potenziale sui circuiti SELV in seguito a difetti di isolamento o contatti accidentali con altri circuiti in bassa tensione.

Uno dei trasformatori di isolamento che è possibile incontrare in un'abitazione civile è il *trasformatore per rasoi*. Normalmente ha una potenza nominale compresa tra i 20 e i 50 VA, è progettato per funzionare in un'installazione fissa, non può alimentare più di un carico alla volta e, infine, deve avere sull'avvolgimento primario e sull'avvolgimento secondario una tensione non superiore ai 250 V in corrente alternata.

Il trasformatore per rasoi presenta in genere la possibilità di avere una tensione in uscita pari a 110 V e la caratteristica di poter essere alimentato solamente quando la spina del rasoio è inserita.

All'interno dell'apparecchiatura, inoltre, è prevista una protezione che disinserisce il circuito primario in caso di prelievi di potenza superiori a quelli previsti dal costruttore.



Il trasformatore si inserisce solo a spina innestata (tasto 1) per evitare inutili autoconsumi, riscaldamento e ronzii ed è protetto da un dispositivo ad effetto termico che disinserisce automaticamente il primario quando il prelievo supera i 20 VA (0,1 A). Il reinserimento avviene automaticamente dopo il tempo di raffreddamento del dispositivo di protezione.

Questo tipo di presa per rasoi ha due secondari a 110/115 V collegabili in serie (tensione in uscita 220/230 V) o in parallelo (tensione in uscita 110/115 V) mediante un commutatore posto sull'apparecchio (tasto 2).

Fig. 2.157 - Trasformatore per prese per rasoi del tipo 220/220-110 V (bticino).

I *trasformatori per l'alimentazione di giocattoli*, anch'essi definiti di isolamento, devono fornire una tensione secondaria nominale non superiore a 24 V in corrente alternata o $24 \cdot \sqrt{2}$ in corrente continua. La potenza nominale non deve superare 200 VA o 200 W; inoltre, la tensione non deve essere superiore a 250 V.

Il *trasformatore per campanelli* è un trasformatore di sicurezza monofase progettato in modo specifico per alimentare suonerie e ronzatori o apparecchiature di segnalazione in genere ed è in grado di alimentare carichi per brevi periodi. È possibile alimentare in servizio continuo dei piccoli carichi, come, per esempio, le lampade di segnalazione.

La tensione secondaria nominale non deve superare i valori indicati per i trasformatori destinati ai giocattoli (i valori più diffusi sono: 8, 10, 12, 16, 24 V in corrente alternata oppure 6 o 12 V in corrente continua, mentre i valori di corrente secondaria nominale possono essere 0,5; 1; 1,5; 2 A). La tensione e la potenza nominale non devono essere superiori, rispettivamente, a 250 V e a 100 VA.

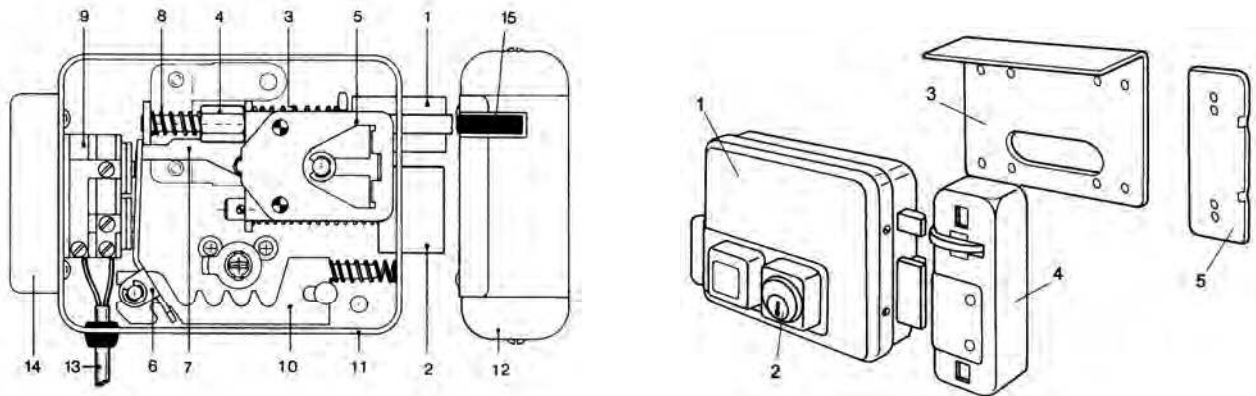
Un'ulteriore versione del trasformatore monofase per impianti civili è rappresentato dal trasformatore per apparecchi di illuminazione di Classe III classificato come trasformatore di sicurezza. È caratterizzato da una tensione secondaria nominale di 6, 12, 24 V AC, mentre la tensione a vuoto non deve essere superiore a 50 V.

2.37 Elettroserratura

L'elettroserratura consente, mediante l'uso di un elettromagnete, di azionare a distanza il meccanismo di apertura di un portone o di un cancello. Oltre al comando mediante l'elettromagnete, l'elettroserratura dispone, in genere, anche di un pulsante o di una serratura a chiave in grado di comandare l'apertura direttamente dal portone o dal cancello. La bobina dell'elettromagnete, normalmente alimentata in corrente alternata, presenta in genere un'elevata induttanza e un assorbimento di corrente allo spunto abbastanza alto (circa 1 A).

I conduttori di collegamento all'elettroserratura, con sezione adeguata all'assorbimento della bobina, devono essere flessibili e protetti nel punto di passaggio tra muro e battente con una guaina d'acciaio o un'altra canalizzazione flessibile dotata di buona resistenza meccanica.

Sul mercato sono reperibili elettroserrature destre o sinistre sia da cancello che da portone; esistono modelli che possono essere installati indifferentemente a destra e a sinistra. I modelli da portone hanno sul lato interno un pulsante di apertura invece della toppa.



Legenda.

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) Scrocco di carica. | 1) Doppio elettromagnete di apertura. |
| 2) Scrocco di tenuta. | 2) Leva di apertura dall'esterno. |
| 3) Molla di carica. | 3) Cassa metallica. |
| 4) Dado di registrazione molla di carica | 4) Bocchetta. |
| 5) Gruppo di auto bloccaggio scrocco. | 5) Cavo di alimentazione. |
| 6) Leva di sgancio. | 6) Maniglia. |
| 7) Leva di bloccaggio gruppo di carica. | 7) Rotella di carica i nylon. |
| 8) Molla di carica. | |

Legenda.

- | |
|--|
| 1) Elettroserratura. |
| 2) Toppa. |
| 3) Piastra porta serratura con tettuccio per la protezione dalla pioggia per cancelli. |
| 4) Bocchetta. |
| 5) Piastra sottobocchetta per cancelli. |

Fig. 2.158 - Parti costituenti di una elettroserratura per porte/portoni e cancelli e relativo montaggio.

Esistono infine elettroserrature, da incassare nel telaio delle porte negli edifici condominiali, dotate di contatti mobili, provvisti cioè di mollette, in grado di determinare il contatto elettrico tra la parte fissa e la parte mobile della porta. Quando la porta è chiusa, i contatti mobili consentono il collegamento elettrico, rendendo possibile l'azionamento dell'elettroserratura.

Alcuni tipi contengono un microinterruttore che si chiude allo scatto del meccanismo di apertura e si riapre alla chiusura del portone. Questo contatto può essere utilizzato per segnalare a distanza la condizione del portone.

Alcuni modelli gestiti elettronicamente permettono di operare automaticamente sull'apertura dell'elettroserratura tramite pulsante o citofono interno, o meccanicamente a mezzo chiave di sicurezza dall'esterno. La richiusura del catenaccio avviene in entrambi i casi automaticamente al riaccostamento dell'anta.

A differenza delle serrature elettriche tradizionali, invece, qualora dopo l'apertura del catenaccio la porta non venisse aperta, si ha la richiusura automatica dopo 8 s (regolabile).

Inoltre, all'interno della serratura, un particolare sistema ottico è in grado di rilevare eventuali anomalie di allineamento in fase di richiusura e di generare di conseguenza una segnalazione ottica o acustica di avvertimento, garantendo così il controllo continuo dello stato della porta o dei portoni realizzati con profilati in ferro, alluminio o legno.



Fig. 2.159 - Esempi di elettroserrature a controllo elettronico da inserire in porte e portoni realizzati con profilati in ferro, alluminio o legno (Corni Sistemi).

Vale la pena infine ricordare un tipo di elettroserratura che prevede, contrariamente ai modelli descritti precedentemente, l'installazione della parte in movimento sullo stipite della porta; in pratica l'elettromagnete viene installato nella parte fissa della porta/portone o del cancello. Questa soluzione ha il vantaggio di non avere dei cavi che attraversano il battente o riporti mediante contatti mobili.

In definitiva, questa elettroserratura lavora all'incontrario, ovvero l'elettromagnete non è contenuto nel gruppo cassa, ma nel gruppo bocchetta e la parte mobile (scrocco di carica e di tenuta) è installata sul battente della porta/portone.

Per completare l'impianto di apertura mediante elettroserratura, è possibile montare un dispositivo di autochiusura del portone. Questo dispositivo dovrà essere regolato in modo da evitare chiusure troppo violente e rumorose e autochiusure mancate.

2.38 Quadri indicatori a cartellini e a cartellini luminosi

Queste apparecchiature vengono utilizzate nelle abitazioni o nei posti di lavoro dove si presenta la necessità di chiamare il personale di servizio, come, per esempio, negli uffici e nelle scuole.

Possono essere da incasso o da parete e sono collegate ad un certo numero di pulsanti di chiamata, sistemati, per esempio, nelle aule di una scuola, e ad uno o più pulsanti di annullamento.

Il quadro indicatore a cartellini è costituito da un certo numero di piastrine associate ad un numero corrispondente al punto di chiamata; all'interno dell'apparecchio su ogni cartellino opera un elettromagnete che, se alimentato, determina l'apparizione del numero riportato sul cartellino. Contemporaneamente, e per il tempo in cui viene tenuto premuto il pulsante di chiamata, viene attivata una suoneria o un ronzatore allo scopo di attirare l'attenzione del personale di servizio.

Come è stato detto precedentemente, ad ogni numero corrisponde una determinata aula o ufficio, permettendo al personale di servizio di identificare da dove è stata effettuata la chiamata.

Il personale di servizio, una volta recepita la segnalazione, può riportare il quadro indicatore nello stato di riposo premendo il pulsante di annullamento. Si alimenta in tal modo un elettromagnete che, attraendo un'ancorina, provoca la caduta del cartellino.

Allo stesso scopo vengono installati i quadri indicatori luminosi. La chiamata determina l'accensione di lampade all'interno del quadro che illuminano i numeri sovraimpressi nelle varie caselle.

L'interno di questi quadri è elettricamente più complesso, in quanto trovano posto dei relè bistabili, delle lampadine e un ronzatore, inoltre è possibile collegare altre apparecchiature che consentono di ripetere la segnalazione anche su altri quadri luminosi oppure su delle semplici lampade di segnalazione.

Il loro funzionamento può essere così sintetizzato:

- quando si preme un pulsante di chiamata viene alimentata la bobina del relè bistabile che attrae i contatti;
- un contatto, chiudendosi, determina l'accensione di una lampadina, rendendo così visibile il numero di chiamata;
- il ronzatore rimane in funzione per tutto il tempo in cui il pulsante di chiamata viene tenuto premuto;
- a comunicazione ricevuta, il personale di servizio preme il pulsante di annullamento, alimentando così la bobina che determina il rilascio dei contatti i quali, aprendosi, determinano lo spegnimento della lampadina.

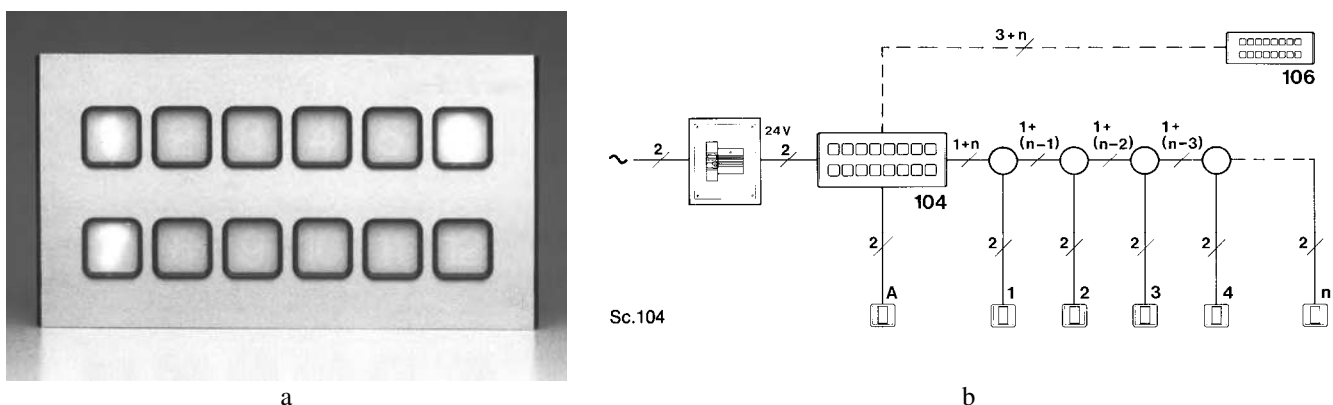


Fig. 2.160 - a) Quadro indicatore luminoso (art. 104): prevede un sistema di segnalazione che localizza la chiamata attraverso l'illuminazione di numeri in un quadrante di alluminio anodizzato naturale (nell'esempio il numero 1, 6 e 7); la versione base, predisposta per l'installazione da incasso, può essere adattata a parete con l'impiego di appositi accessori - **b)** Schema di collegamento unifilare: A: pulsante di annullamento; 1, 2, 3, ... n: pulsanti di chiamata (LT Terraneo).

Esistono quadri indicatori luminosi dotati di un particolare dispositivo chiamato fotorelè che consente di visualizzare le chiamate mediante pulsanti doppi normalmente aperti (NO). L'indicazione permane in quanto la lampada risulta autoalimentata attraverso una fotoresistenza.

L'annullamento della chiamata si effettua con un pulsante normalmente chiuso (NC).

I vantaggi di questa soluzione sono sintetizzabili in un funzionamento assolutamente silenzioso, non avendo organi meccanici in movimento, e in una manutenzione semplice in quanto, in caso di guasto di un componente elettronico, è possibile la sostituzione rapida dell'intera cella.

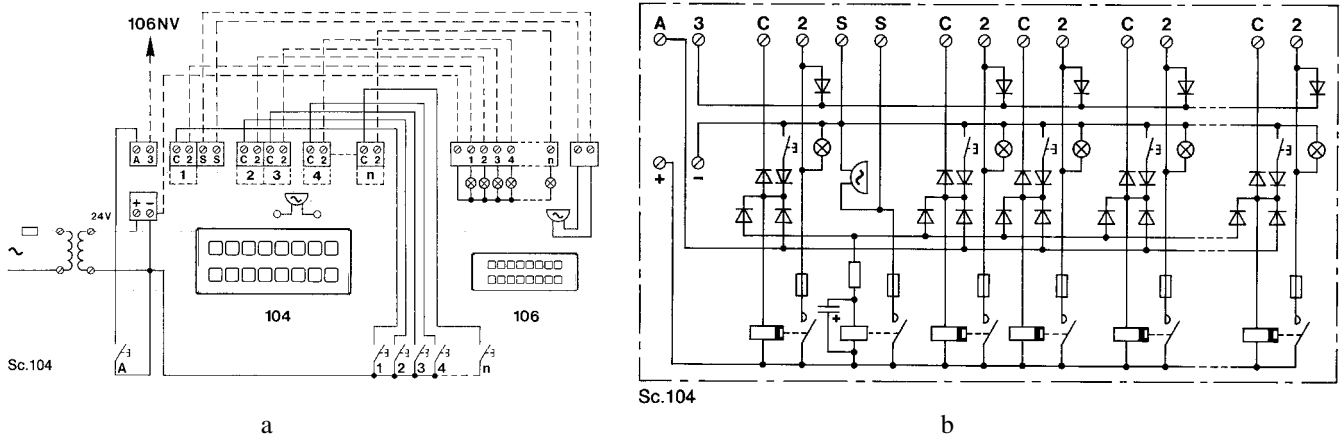


Fig. 2.161 - Quadro indicatore luminoso (art. 104): a) Schema di collegamento multifilare - b) Schema elettrico interno (LT Terraneo).

2.39 Luce di emergenza

Nelle moderne abitazioni civili si sta diffondendo l'uso di predisporre sorgenti luminose destinate a sopperire a situazioni di emergenza, come, per esempio, una temporanea interruzione dell'erogazione di energia elettrica.

In realtà, non si tratta di veri e propri impianti progettati per questo scopo, come in genere invece avviene per i locali di pubblico spettacolo, gli alberghi, ecc., ma si tratta di apparecchiature modulari inseribili nell'impianto come una qualsiasi apparecchiatura da incasso, da parete o da tavolo.

Queste apparecchiature sono dotate di batterie ermetiche ricaricabili, del tipo per esempio al nichel-cadmio oppure al piombo, che vengono ricaricate automaticamente per mezzo di un trasformatore con raddrizzatore elettronico (entrambi incorporati nell'apparecchiatura stessa) dalla stessa rete di alimentazione a 220/230 V.

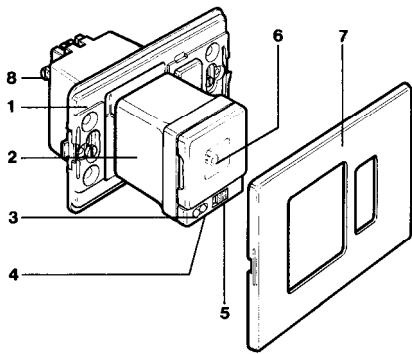


Fig. 2.162 - Esempio di torcia autonoma con dispositivo automatico di accensione (bticino).

Questo modello di tipo modulare (2 posti) si può installare in una normale scatola portafrutto da tre posti; consente di ottenere un punto luce ausiliario che entra direttamente in funzione nel momento in cui viene a mancare la tensione di alimentazione all'impianto elettrico.

L'accensione automatica è resa possibile da un circuito elettronico alimentato da due batterie al nichel cadmio in tamponi che vengono costantemente ricaricate in presenza della tensione di rete.

La lampadina intercambiabile del tipo lenticolare è schermata da un diffusore opalino ad elevata caratteristica di diffusione.

Caratteristiche tecniche: 1) base/supporto di ricarica - 2) gruppo "lampada estraibile" - 3) diodo luminoso LED rosso (accesso = non predisposta) - 4) diodo luminoso LED verde (accesso = predisposta) - 5) interruttore di predisposizione al funzionamento automatico e di accensione/spengimento a gruppo lampada estratto (questo interruttore è indispensabile per evitare l'accensione in caso di interruzione volontaria del servizio elettrico) - 6) diffusore opalino - 7) placca di finitura - 8) vite in dotazione per impedire l'estrazione del gruppo 2.

Naturalmente la luce di emergenza dispone di una lampada (o di un LED), in genere della potenza di 0,5 W e funzionante alla tensione di circa 2,5 V.

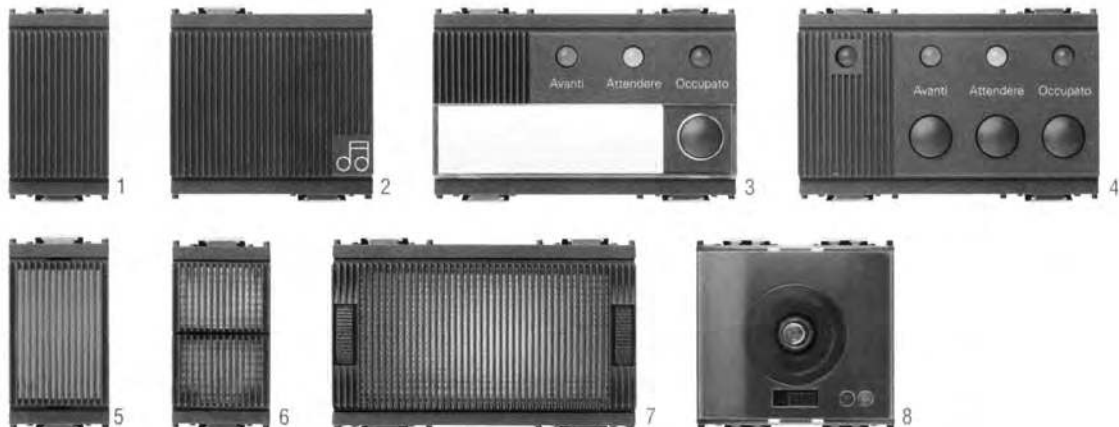
A titolo di esempio, il tempo di ricarica della batteria si aggira intorno alle 25÷50 ore a seconda dei modelli, mentre la durata della carica risulta in genere di circa una o due ore.

Un diodo emettitore di luce (LED) segnala lo stato di carica e la predisposizione all'accensione automatica.

Il circuito elettronico presente nell'apparecchiatura prevede la possibilità di una protezione antiscarica delle batterie che interviene automaticamente quando la tensione delle singole celle scende al di sotto del valore minimo consentito; un altro circuito provvede all'accensione automatica della luce di emergenza ogni qualvolta viene a mancare la tensione all'impianto elettrico.

Alcune di queste apparecchiature offrono la possibilità di estrarre la parte illuminante dalla sua sede e di utilizzarla come una vera e propria torcia, dotata tra l'altro di un interruttore manuale per l'accensione e lo spegnimento.

L'uso di simili apparecchiature risulta particolarmente utile se in quell'ambiente sono presenti persone anziane o diversamente abili; in questi casi, l'installazione della luce di emergenza dovrà essere fatta in modo tale da essere facilmente raggiungibile con la mano.



- | | | |
|---|---|--|
| 1) Suoneria e ronzatori | 4) Sistema per richiesta d'udienza: unità di risposta | 7) Lampada segnapasso con luce orientabile |
| 2) Suoneria elettronica tritonale + ronzatore | 5) Spie luminose semplici | 8) Torcia elettronica di emergenza |
| 3) Sistema per richiesta d'udienza: unità di chiamata | 6) Spie luminose doppie | |

Fig. 2.163 - Panoramica degli apparecchi per segnalazioni ottiche e acustiche modulari (VIMAR).

2.40 Illuminazione di riserva e illuminazione di sicurezza

Quando l'illuminazione ordinaria viene a mancare in un ambiente o in un edificio frequentato dal pubblico, generalmente le leggi e le norme richiedono che immediatamente sia fornita un'illuminazione ausiliaria.

L'illuminazione di emergenza viene suddivisa secondo le norme in **illuminazione di riserva** e **illuminazione di sicurezza**.

L'illuminazione di riserva è quella che consente di continuare o terminare l'attività ordinaria, mentre illuminazione di sicurezza è quella destinata a evidenziare le vie di evacuazione e a garantire che possono essere sempre individuate ed utilizzate con sicurezza quando risulta necessaria l'illuminazione ordinaria o quella di emergenza. Le apparecchiature per l'illuminazione di riserva vengono in genere posizionate su tutta l'area interessata, in modo analogo a quanto mostrato nel capitolo 3 per l'illuminazione ordinaria, come mostrato, per esempio, nella fig. 2.164a. Le lampade riguardanti l'impianto di illuminazione di sicurezza sono in genere montate in prossimità delle uscite di emergenza come mostrato nella fig. 2.164b.



Fig. 2.164 - Illuminazione di emergenza: a) Esempio di applicazione di un apparecchio di illuminazione di riserva - b) Esempio di applicazione di un apparecchio di illuminazione di sicurezza (Gewiss).

Le normative hanno introdotto un'ulteriore suddivisione dell'illuminazione di sicurezza:

- illuminazione di sicurezza per l'identificazione delle vie di esodo;
- illuminazione di sicurezza antipanico;
- illuminazione di sicurezza per luoghi ad alto rischio.

Uscite di emergenza. L'illuminazione delle uscite di emergenza deve garantire una sicura uscita dall'edificio attraverso vie di fuga opportunamente segnalate ed individuabili con assoluta certezza; deve essere assicurata, inoltre, la pronta identificazione degli allarmi e delle attrezzature antincendio lungo le vie di uscita.

L'illuminazione non deve risultare inferiore a 2 lx ad 1 m dal piano del calpestio, in qualsiasi punto della via di fuga, e di 5 lx in corrispondenza delle scale e delle porte (le grandezze fotometriche sono illustrate nel capitolo 3).

Antipanico. L'illuminazione prevista per evitare l'insorgere del panico in zone particolarmente ampie ed in quelle attraversate dalle vie di esodo. Anche qui è opportuno che l'illuminamento non sia inferiore a 2 lx.

Alto rischio. L'illuminazione che consente un'adeguata procedura di sicurezza agli operatori ed agli altri occupanti dell'ambiente, coinvolti in processi potenzialmente pericolosi; l'illuminamento minimo previsto deve essere pari al 10% di quello normale, comunque non inferiore a 15 lx, e deve essere disponibile entro 0,25 s.

Le **vie di esodo devono essere segnalate** mediante una serie di segnali di sicurezza. È fondamentale che la via di fuga ottimale sia inequivocabilmente segnalata, consentendo veloci e sicure evacuazioni degli ambienti e degli edifici. L'efficienza delle segnalazioni dipende essenzialmente da: dimensioni, colore, posizione, visibilità del segnale.

Le norme europee tendono a sostituire le segnalazioni composte con parole, come, per esempio, **USCITA DI EMERGENZA**, con dei pittogrammi che presentano una segnalazione formata da disegni di colore bianco su sfondo verde, come mostrato nella fig. 2.165.

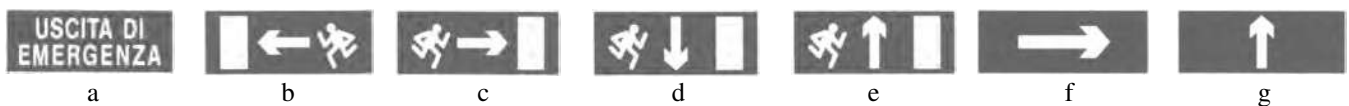


Fig. 2.165 - Esempi di segnalazioni di sicurezza: a) Uscita di emergenza - b) Uscita sinistra - c) Uscita destra - d) Uscita basso - e) Uscita alto - f) Freccia destra/sinistra - e) Freccia alto/basso (Gewiss).

È importante assicurarsi che i segnali destinati alla segnalazione delle vie di esodo siano visibili da ogni punto. Ciò dipende, oltre che dalla posizione del segnale, anche dalle dimensioni dello stesso. A questo scopo le normative forniscono la seguente formula: $d = s \cdot p$, dove d rappresenta la distanza massima di osservazione, p rappresenta l'altezza del pittogramma, e infine, s è uguale a 100 per i segnali illuminati esternamente mentre vale 200 per i segnali illuminati internamente. È di fondamentale importanza accertarsi dell'autonomia richiesta all'illuminazione di emergenza. In accordo con le disposizioni legislative, non è raro trovare disposizioni tecniche in cui non viene specificata con precisione e dove si utilizzano termini come "tempo necessario per l'evacuazione": in questi casi è il progettista che deve stabilire qual è la durata minima di funzionamento dell'illuminazione di emergenza rispetto alla tipologia dell'ambiente.

Vale la pena anche chiarire le varie tipologie di funzionamento degli apparecchi destinati all'emergenza.

Apparecchio non permanente:

- la lampada si accende solo in caso di guasto dell'illuminazione ordinaria;
- in caso di black-out, la lampada viene alimentata dalla batteria;
- la batteria viene automaticamente ricaricata al ritorno della rete.

Apparecchio permanente:

- viene utilizzata la medesima lampada dell'impianto di illuminazione ordinaria e viene alimentata normalmente dalla rete elettrica;
- è richiesto un alimentatore specifico per alimentare la lampada con la rete presente;
- in caso di black-out, la lampada viene alimentata da una linea di riserva (per esempio, da una batteria).

Questo tipo di apparecchi trova applicazione nella segnaletica luminosa, che indica il percorso per evacuare i locali.

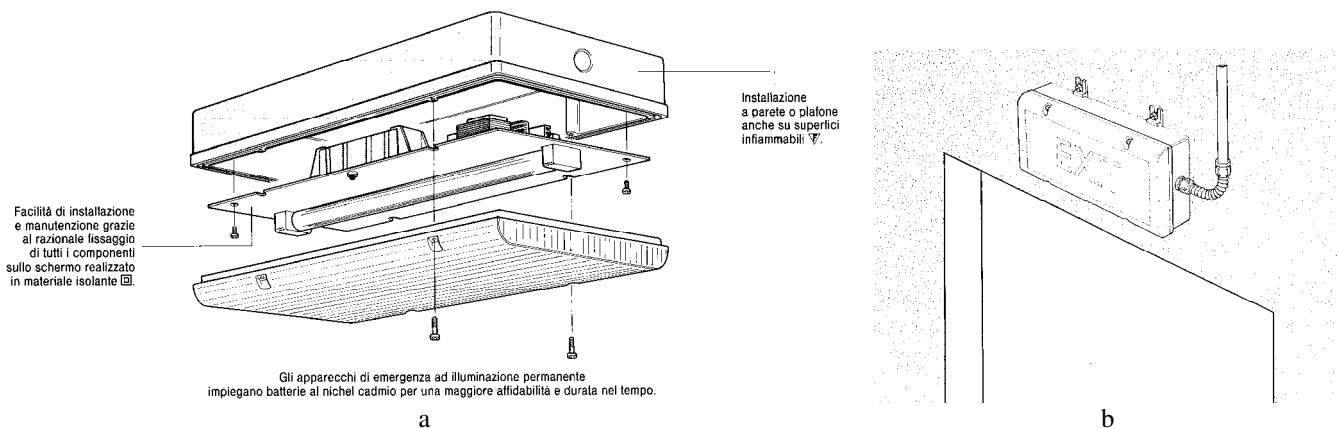


Fig. 2.166 - Illuminazione di emergenza: a) Esempio di apparecchio di emergenza ad illuminazione permanente - b) Esempio di fissaggio a parete (Gewiss).

Esistono apparecchi combinati che contengono due o più lampade, almeno uno delle quali viene alimentato dal circuito di emergenza e gli altri dall'alimentazione ordinaria.

Le apparecchiature descritte precedentemente si possono suddividere a seconda che l'alimentazione sia autonoma oppure sia realizzata mediante un sistema di alimentazione centralizzato dotato di un gruppo statico di continuità (UPS) o un gruppo elettrogeno.

Le prime utilizzano un'alimentazione in corrente continua (batterie Ni-Cd oppure Ni-Mh) sistemate nell'apparecchio stesso. Al mancare dell'alimentazione, la batteria viene collegata ad un circuito che trasforma la corrente continua in corrente alternata (inverter) e che alimenta una lampada fluorescente oppure direttamente delle lampade LED. Al ritorno della tensione, la batteria viene collegata ad un caricabatteria automatico in grado di mantenerla sempre carica. La lampada, a seconda della funzione svolta, rimarrà accesa oppure si spegnerà.



Fig. 2.167 - a) Plafoniera autonoma con lampada fluorescente - b) Plafoniera autonoma con lampada a LED del tipo a bandiera completa di faretto illuminatore aggiuntivo orientabile. Questo apparecchio consente contemporaneamente due funzioni: segnalazione ed illuminazione di emergenza (Gewiss).

L'uso di batterie con relativo convertitore DC/AC e caricabatteria è applicabile anche a lampade già installate mediante l'uso di appositi kit di illuminazione di emergenza (kit di conversione), consentendo una notevole facilità di installazione con un costo limitato.

Il gruppo statico di continuità o i gruppi elettrogeni vengono posizionati in appositi locali e collegati alle lampade mediante una linea elettrica dedicata, e indipendente da quella principale.

Nello schema elettrico è presente: il kit inverter che rappresenta il dispositivo di controllo, la batteria, la lampada fluorescente e il trasformatore elettronico (ballast). Il circuito viene alimentato a 230 V AC (1) per la ricarica della batteria e a 230 V AC (2) con interruttore per abilitare/disabilitare l'accensione della lampada. Il BUS di comunicazione consente, come mostrato a lato, di collegare tutti questi apparecchi ad un'unità centrale per la loro supervisione.

I kit d'emergenza sono dispositivi che consentono di convertire gli apparecchi fluorescenti di qualsiasi tipologia in apparecchi autonomi di emergenza. Alcuni modelli, come quello mostrato nello schema elettrico (nella figura riportata di seguito ce ne sono tre collegati a tre plafoniere da incasso), sono integrabili in un sistema di supervisione, che consente la gestione dei test periodici del tubo e della batteria e integrabili in sistemi di building automation.

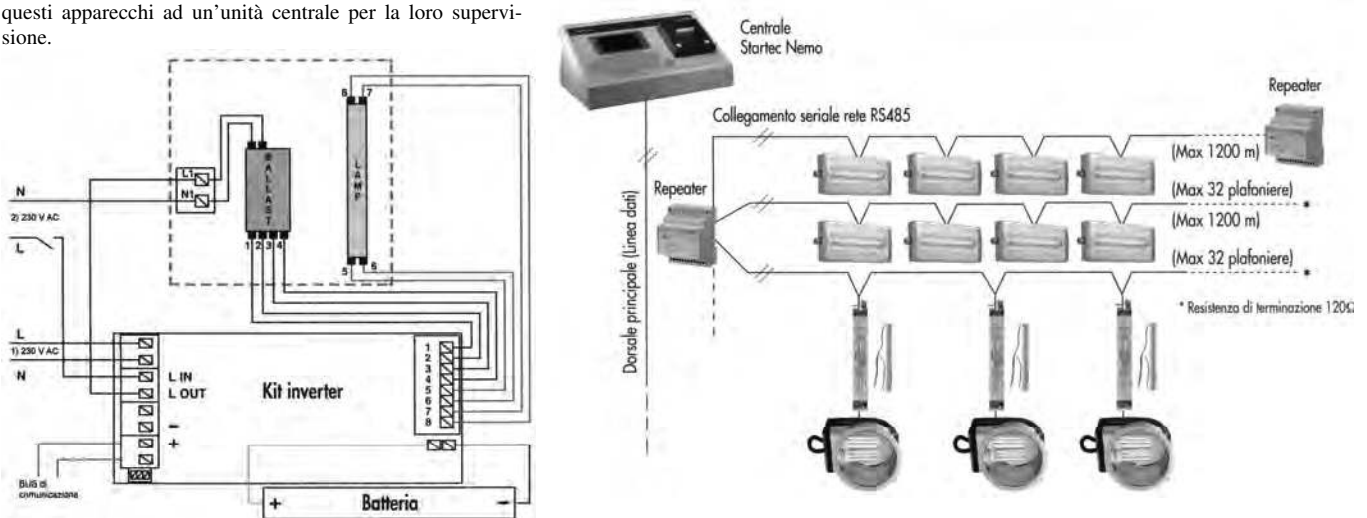


Fig. 2.168 - Schema elettrico di un kit per illuminazione di emergenza. Lo schema, (simile a quello inserito anche nelle plafoniere autonome con lampade fluorescente tipo fig. 2.167a), consente l'alimentazione di una plafoniera dotata di lampada fluorescente alimentata mediante trasformatore elettronico (Gewiss).

Le attuali disposizioni legislative impongono controlli periodici da riportare su un apposito registro, per verificare il corretto funzionamento degli apparecchi di illuminazione di emergenza.

Le verifiche da effettuare sono: controllo del livello di illuminamento e controllo dell'autonomia delle batterie.

Le tipologie di prodotto per l'illuminazione di emergenza possono essere disponibili con sistemi di autodiagnosi a microprocessore oppure mediante un sistema di comunicazione (BUS) da una centrale di gestione che può, per esempio, verificare eventuali malfunzionamenti della lampada o della batteria.

Le apparecchiature e la segnaletica vanno collocate in punti obbligati.

In particolare: ad ogni uscita di emergenza, vicino ad ogni scala in modo che ogni rampa sia illuminata direttamente, vicino ad ogni cambio di livello del pavimento, sul segnale di uscita, vicino ad ogni cambio di direzione, vicino ad ogni diramazione di corridoi, vicino ad ogni allarme antincendio, vicino ad ogni attrezzatura antincendio, all'esterno di ogni uscita, vicino alla cassetta del pronto soccorso.



Fig. 2.169 - Esempi di applicazione delle apparecchiature di illuminazione di emergenza e segnaletica.

Per quanto riguarda l'installazione degli impianti di luce di emergenza è necessario considerare i seguenti aspetti. Innanzitutto, l'impianto di sicurezza non deve alimentare altre apparecchiature che non siano legate alla sicurezza delle persone. L'impianto di illuminazione di sicurezza deve intervenire in modo automatico e non per l'intervento del personale di servizio. Le apparecchiature con alimentazione autonoma possono essere impiegate nei locali con una capienza inferiore a 500 persone.

Di seguito vengono elencati a titolo di esempio alcuni ambienti in cui l'illuminazione di sicurezza risulta obbligatoria o comunque consigliata dalle norme.

Alberghi (alberghi, motel, villaggi, affittacamere, case per vacanze, agriturismi, ostelli, rifugi alpini, residence): alimentazione di sicurezza ad interruzione breve ($\leq 0,5$ s); tempo di ricarica di 12 h; autonomia 1 h; illuminamento non inferiore a 5 lx.

Edifici (abitazioni civili con altezza superiore a 32 m, a destinazione prevalentemente residenziale, ristoranti, magazzini, banche, abitazioni, uffici, negozi, parcheggi sotterranei o in locali chiusi con più di 300 autoveicoli, locali per esposizioni e/o vendita di oltre 400 m²): illuminazione di sicurezza affidabile e segnalazione delle vie di esodo in edifici con altezza superiore a 32 m; è opportuna l'illuminazione di sicurezza con un'autonomia di almeno 1 h; illuminazione di sicurezza ad intervento immediato; illuminamento di 5 lx minimi e una durata che consenta le operazioni di sfollamento,

Impianti sportivi: alimentazione di sicurezza ad interruzione breve ($\leq 0,5$ s); tempo di ricarica di 12 h; autonomia 1 h; illuminamento non inferiore a 5 lx.

Locali di pubblico spettacolo (teatri, cinematografi, sale per concerti o da ballo, per esposizioni, conferenze o riunioni di pubblico spettacolo in genere): alimentazione di sicurezza ad interruzione breve ($\leq 0,5$ s) con indicazione delle vie di esodo; illuminamento di 2 lx in tutti gli ambienti con presenza di pubblico e 5 lx sulle uscite e nelle scale; tempo di ricarica di 12 h; autonomia 1 h.

Scuole (edifici e locali adibiti a scuole, scuole di ogni ordine e grado e tipo, collegi, accademie e simili per oltre 100 persone presenti): alimentazione di sicurezza con un tempo di ricarica di 12 h; autonomia 30'; illuminamento non inferiore a 5 lx.

Musei e biblioteche: negli ambienti dove è prevista la presenza di pubblico, l'illuminazione di sicurezza deve garantire un'affidabile illuminazione delle vie di esodo e delle uscite, per il tempo necessario a consentire l'evacuazione delle persone.

Luoghi di lavoro (con più di 100 persone, dove vi siano esplosivi o materiali infiammabili, dove l'abbandono immediato sia di pregiudizio per la sicurezza delle persone o degli impianti, pubblici e privati, in cui si trasforma l'energia elettrica, in sotterranei, con batterie al piombo): illuminazione di emergenza con la presenza di oltre 100 lavoratori, in caso di pericolo per l'abbandono immediato di macchine e apparecchi e quando si lavorano sostanze pericolose; illuminazione di sicurezza di intensità sufficiente nelle uscite di emergenza che richiedono illuminazione artificiale e dove i lavoratori sono particolarmente esposti a rischio.

Locali per uso medico (ospedali, case di cura e simili con oltre 25 posti letto; case di cura private; costruzioni ospedaliere): alimentazione di sicurezza ad interruzione media o breve, per esempio per lampade scialitiche; tempo di ricarica 6 ore; autonomia 3 ore (1 ora in caso di presenza di gruppo elettrogeno); l'illuminazione di sicurezza deve garantire un'affidabile segnalazione delle vie di esodo, sia per durata che per livello di illuminamento, al fine di consentire un adeguato sfollamento; ci deve essere un'automatica ed immediata disponibilità di alimentazione di emergenza per i servizi essenziali, nonché un minimo di illuminazione negli altri ambienti.

2.41 Rivelatore di fumo, di gas metano (CH_4) e GPL, di monossido di carbonio, di presenza acqua

Gli allarmi tecnici installati negli impianti civili interessano la sicurezza contro il fumo, le fughe di gas, la formazione di monossido di carbonio e gli allagamenti.

I componenti fondamentali sono i seguenti:

- 1) i rivelatori, costituiti da un sensore della grandezza controllata;
- 2) l'attuatore, che interviene eliminando la fonte di pericolo;
- 3) il ripetitore, che ha la funzione di ripetere i segnali di allarme in altri locali (per esempio, se il rivelatore di fughe di gas è posizionato in cucina, è possibile installare dei ripetitori in camera e in soggiorno).

Gli impianti di allarme tecnico possono essere attivi (**tipo A**) e di sola segnalazione (**tipo B**). Nel primo caso, oltre ad attivare un allarme acustico e luminoso, agiscono mediante attuatori, eliminando il pericolo chiudendo un'elettrovalvola di intercettazione del gas di rete o azionando un sistema di ventilazione; nel secondo caso, mancando l'attuatore, si ha la sola segnalazione ottica ed acustica.

Un allarme tecnico realizzato con componenti o con circuiti poco affidabili non è solo inutile, ma spesso pericoloso: infatti, crea false aspettative di sicurezza e provoca l'allentamento dell'ordinaria diligenza dell'utente.

Non è controproducente solo la scarsa sensibilità, ma anche quella eccessiva che, provocando ripetuti falsi interventi, convince l'utente a porre fuori servizio il dispositivo.

Per gli allarmi che comportano attuatori destinati a eliminare un pericolo grave, è necessario che l'automatismo sia del tipo a sicurezza positiva.

Il circuito a sicurezza positiva prevede, in caso di intervento del rivelatore, l'apertura del contatto NC che provvede alla chiusura dell'attuatore come, per esempio, un'elettrovalvola, la chiusura dell'elettrovalvola in mancanza dell'alimentazione e, infine, la chiusura dell'elettrovalvola in caso di guasto di qualsiasi parte elettrica.

Per quanto riguarda l'alimentazione, queste apparecchiature possono essere alimentate **da rete** quando è previsto l'allacciamento all'impianto utilizzatore, (è considerata da rete anche l'alimentazione mediante batterie ricaricate automaticamente dalla rete stessa) oppure **a batteria**, quando l'apparecchio è progettato per funzionare senza connessione alla rete elettrica mediante pile.

Il rivelatore di fumo è un'apparecchiatura in grado di rivelare, in ambienti residenziali e del terziario, la presenza di fumo (SMOKE) nell'ambiente per mezzo di un sensore ottico ad infrarossi inserito in un'apposita camera a labirinto.

La presenza di fumi bianchi provoca all'interno del sensore una variazione delle normali condizioni di riflessione della luce infrarossa; questo effetto viene rivelato dall'apparecchiatura che genera un segnale acustico/luminoso di allarme.

Una volta che il fumo viene rivelato, questa apparecchiatura può attivare un segnale luminoso (LED) ed uno acustico (ronzatore o suoneria) e attivare un contatto di un relè di uscita di tipo ermetico che consente di comandare ulteriori segnalatori ottici o luminosi oppure aspiratori o porte, centrali di allarmi, elettrovalvole, ecc.

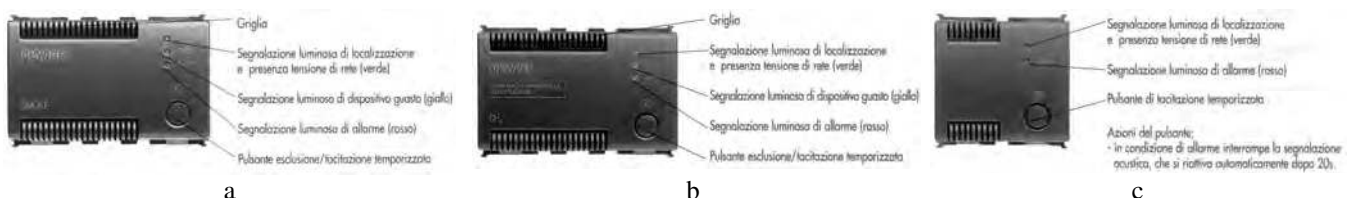


Fig. 2.170 - Rivelatori modulari: a) Di fumo - b) Di gas metano (CH_4). Nei rivelatori il pulsante quando l'apparecchio è in stand-by interrompe il funzionamento che si riattiva automaticamente dopo 20 min, mentre in condizione di allarme si interrompe momentaneamente la segnalazione acustica che si ripristina automaticamente dopo 20 s - c) Ripetitore di segnale di allarme da collocare in ambienti diversi (per esempio, camera, soggiorno) da quello del rivelatore (per esempio, cucina) (Gewiss).

L'installazione del rivelatore di fumo, che normalmente ha un grado di protezione IP41, va eseguita tenendo in considerazione le indicazioni fornite dal costruttore come, per esempio, la temperatura di funzionamento ($-5\div 40$ °C), la percentuale di umidità (umidità relativa massima dell'80%). Questi dispositivi non sono da utilizzare in contesti installativi antincendio.

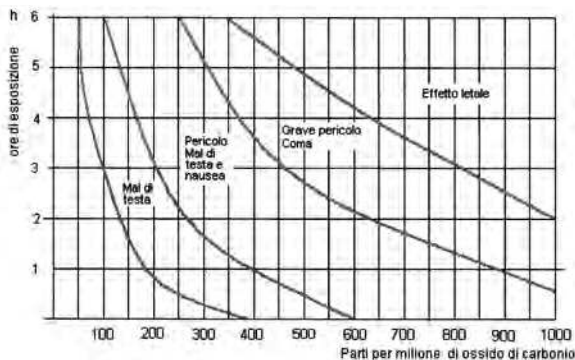
Il rivelatore deve essere installato in modo che sia interessato dalla circolazione naturale dell'aria e deve essere posto in prossimità del soffitto; si consiglia, inoltre, di scegliere ambienti asciutti, non polverosi e in particolare di evitare i luoghi come le cucine.

Oltre al pericolo d'incendio, che può essere segnalato ricorrendo al rivelatore di fumo, è possibile ritrovare negli ambienti domestici situazioni di pericolo prodotte da una perdita di gas (metano CH_4 o GPL) o dalla formazione di monossido di carbonio.

Infatti, una fuga di gas può provocare un'esplosione se la concentrazione di gas combustibile è sufficientemente alta rispetto alla quantità di aria presente nell'ambiente, mentre la formazione di monossido di carbonio dovuta ad una cattiva combustione può portare, a seconda della concentrazione di monossido e dal tempo di esposizione ad esso, a pericolose intossicazioni che possono provocare la morte a causa dell'incapacità del sistema circolatorio del sangue di trasportare ossigeno ai muscoli e al sistema nervoso.

I rivelatori che consentono il rilevamento delle fughe di gas utilizzano dei particolari sensori che in alcuni casi sono controllati da sofisticati circuiti elettronici. In particolare, i rilevatori di gas metano e GPL sono dotati di un sensore a semiconduttore al biossido di stagno; sono in genere dotati di logica ed autodiagnosi a microprocessore con compensazione termica che garantisce un'elevata precisione di intervento.

Per quanto riguarda il monossido di carbonio, la sensibilità del rivelatore deve essere di qualche centinaio di volte superiore rispetto al metano e al GPL. L'evoluzione tecnologica è stata più lenta e la prima norma armonizzata CEI EN 50291 è del 2002. Anche questi rivelatori devono essere dotati di sistemi di autodiagnosi.



Le caratteristiche di intervento devono rispettare le condizioni di assenza di concentrazioni dannose, corrispondenti con la prima zona del diagramma di pericolosità del monossido di carbonio e cioè:

- con concentrazione di CO di 30 ppm (parti per milione) il rivelatore non deve produrre allarmi o altri tipi di intervento per almeno 2 h;
- con concentrazione di CO di 50 ppm non deve prodursi l'allarme né prima di 1 h, né dopo 1,5 h;
- con concentrazione di CO di 100 ppm l'allarme deve prodursi dopo 10 min e prima di 40 min;
- con concentrazione di 300 ppm l'allarme deve prodursi entro 3 min.

Fig. 2.171 - Effetto del monossido di carbonio sul corpo umano.

Sono dotati di segnalazione luminosa di preallarme e acustico/luminosa di allarme, oltre ad un relè di uscita con contatti di tipo ermetico per il comando dell'elettrovalvola di intercettazione del gas.

Anche l'installazione del rivelatore di gas, che normalmente ha un grado di protezione IP41, va eseguita tenendo in considerazione le indicazioni fornite dal costruttore come, per esempio, la temperatura di funzionamento ($-5\div 40$ °C), la percentuale di umidità (umidità relativa massima dell'80%).

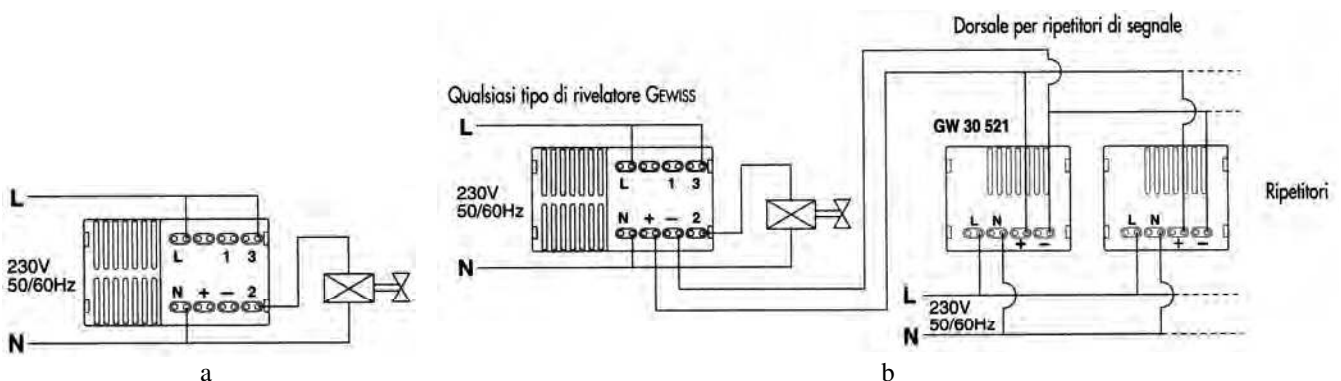


Fig. 2.172 - Schemi di collegamento: a) Dei rivelatori di gas, fumo e CO con l'azionamento dell'attuatore. Il contatto in scambio del rivelatore consente l'impiego di elettrovalvole a riarmo manuale sia di tipo NA che di tipo NC - b) Collegamento tra qualsiasi rivelatore e i ripetitori di segnale (Gewiss).

Per quanto riguarda l'installazione di queste apparecchiature, occorre considerare il tipo di gas che si vuole rilevare: se si tratta di gas metano (CH_4), che è più leggero dell'aria, il rivelatore deve essere installato a circa 30÷40 cm dal soffitto; se il gas è il GPL, più pesante dell'aria, occorre installare il rivelatore a circa 30÷40 cm dal pavimento; se, infine, il gas è monossido di carbonio, i rivelatori devono essere installati ad un'altezza di 140÷180 cm dal pavimento, con l'avvertenza di posizionarli lontano da fonti di calore e, più in generale, da sorgenti che possono rapidamente cambiare la temperatura dell'ambiente.

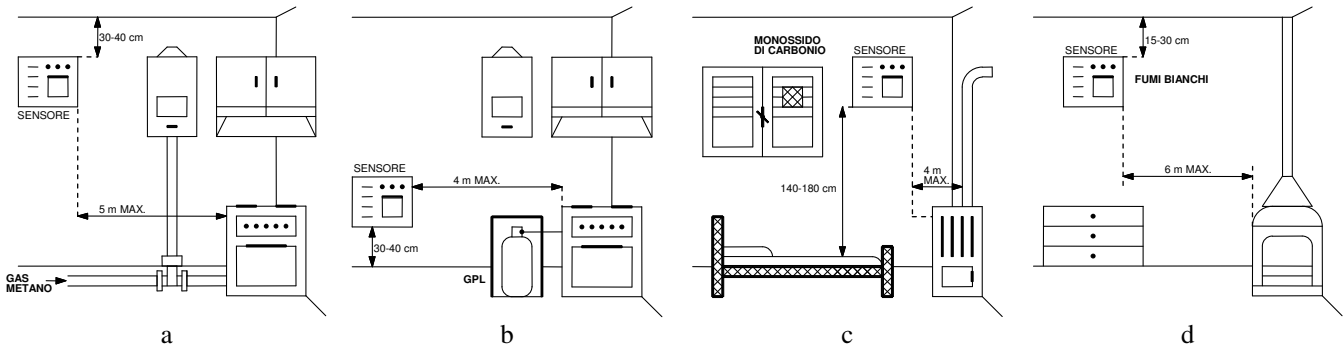
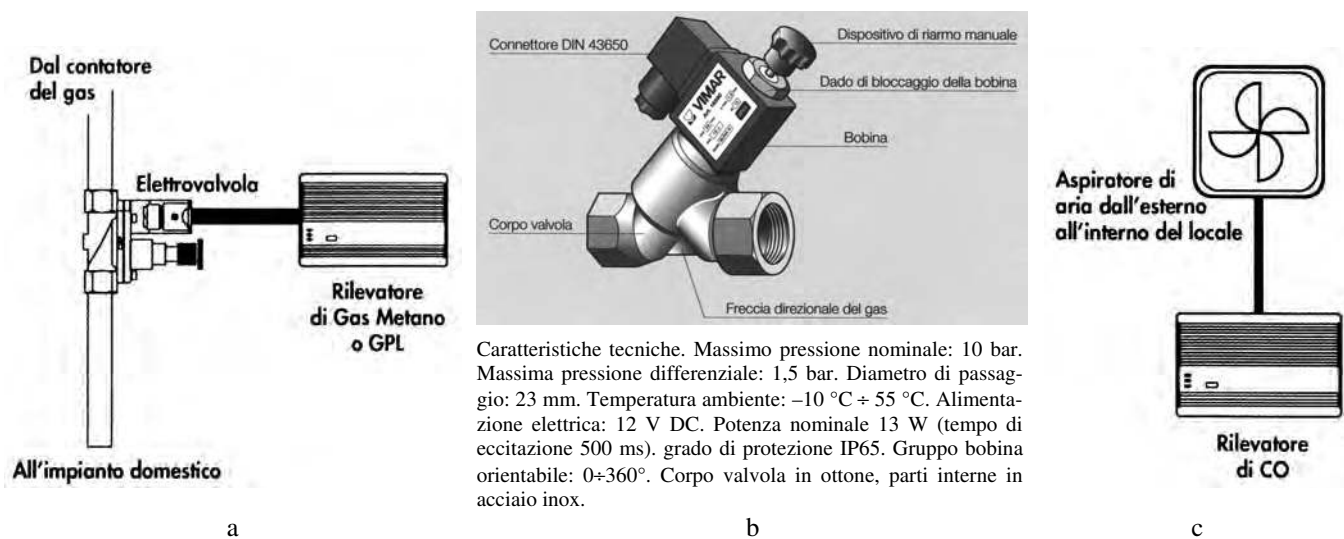


Fig. 2.173 - Corretto posizionamento (altezza dal soffitto e distanza dalla fonte del pericolo) dei sensori in funzione del gas da rilevare: a) Rilevazione di gas metano - b) Rilevazione del GPL - c) Rilevazione del monossido di carbonio - d) Rilevazione fumi bianchi.

È buona norma, inoltre, installare questi rivelatori in ambienti con una temperatura compresa tra i 5 °C e i 35 °C, ad una distanza di alcuni metri da fonti di calore come fornelli e caldaie, termosifoni, lontano da barriere (mobili, pareti, ecc.) che possano in qualche modo impedire al gas di arrivare al sensore e in spazi chiusi (come armadi, mobiletti da cucina, ecc.) nei quali la diffusione del gas risulterebbe ritardata.

Occorre evitare la posa: sopra il lavello, per evitare spruzzi d'acqua; vicino a porte, finestre o aspiratori, dove la ventilazione potrebbe provocare un abbassamento della concentrazione del gas rispetto al resto dell'ambiente; troppo vicino ai fornelli o ai bruciatori perché, durante le accensioni, si possono avere momentaneamente dispersioni di gas. Infine, è bene tenere lontano i rivelatori da sorgenti di vapore o dai fumi di cottura, che sporcano il sensore e ne ridurrebbero la durata, da solventi o alcol e da quegli ambienti nei quali vengono abitualmente usate bombolette spray. È indispensabile, comunque, seguire le indicazioni necessarie per una corretta installazione che lo stesso costruttore del rivelatore fornisce.

Oltre che attivare delle segnalazioni acustico luminose, alcuni modelli di queste apparecchiature possono anche pilotare un'elettrovalvola e arrestare il flusso di gas direttamente sulla condotta principale, bloccando automaticamente le eventuali fughe di gas e ottenendo una maggiore sicurezza.



Caratteristiche tecniche. Massima pressione nominale: 10 bar. Massima pressione differenziale: 1,5 bar. Diametro di passaggio: 23 mm. Temperatura ambiente: -10 °C ÷ 55 °C. Alimentazione elettrica: 12 V DC. Potenza nominale 13 W (tempo di eccitazione 500 ms). grado di protezione IP65. Gruppo bobina orientabile: 0÷360°. Corpo valvola in ottone, parti interne in acciaio inox.

Fig. 2.174 - a) Esempio di impiego di un rivelatore di gas metano o GPL. Il rivelatore, in caso di intervento, chiude l'elettrovalvola (a riapertura manuale) che consente al gas, proveniente dal contatore, di arrivare all'impianto domestico - b) Esempio di elettrovalvola a riapertura manuale mediante tirante (VIMAR) - c) Esempio di impiego di un rivelatore di monossido di carbonio (CO) che, in caso di necessità, attiva un aspiratore che invia dell'aria pulita dall'esterno all'interno del locale, diluendo così rapidamente il gas velenoso sotto i limiti di pericolosità.

È bene ricordare che i rivelatori di gas in ambito domestico, anche se rispondenti alla normativa e correttamente installati, non possono in alcun modo sostituire o attenuare le vigenti norme UNI-CIG e il D.P.R. n. 218/1998 riguardanti la sicurezza degli impianti a gas.

Per esempio, devono essere installati solo fornelli e bruciatori conformi alle norme UNI-CIG, gli impianti di adduzione (le tubazioni flessibili) del gas devono essere conformi alla rispettive norme UNI-CIG e ogni apparecchio a gas deve scaricare i fumi all'esterno del locale.

Le attuali norme prescrivono, inoltre, che nei locali nei quali sono installati degli apparecchi a gas deve affluire una certa quantità di aria, pari a quella necessaria per una corretta combustione e ventilazione del locale; sono esclusi quegli apparecchi a gas di tipo stagno a tiraggio naturale o forzato.

A tal fine è necessario prevedere delle aperture nelle pareti esterne del locale del locale che devono avere le seguenti caratteristiche: una sezione netta pari ad almeno 6 cm^2 per ogni kW di portata termica installata, con un minimo di 100 cm^2 (esempi di portata termica di alcuni apparecchi a gas: fornelli = 5,5 kW, cucine con forno 11,5÷37,5 kW, scaldabagni istantanei = 18,5÷37,4 kW, stufe o radiatori = 4,5÷11,5 kW, caldaie per riscaldamento autonomo = 11,5÷60 kW), le bocche di areazione inoltre non devono essere ostruibili e vanno posizionate ad una quota prossima al livello del pavimento ed essere protette mediante una griglia.

Come mostrato nella fig. 2.174c può rendersi necessario, al fine di cambiare l'aria viziata, immettere nel locale una certa quantità di aria pulita proveniente dall'esterno mediante un aspiratore (elettroventilatore).

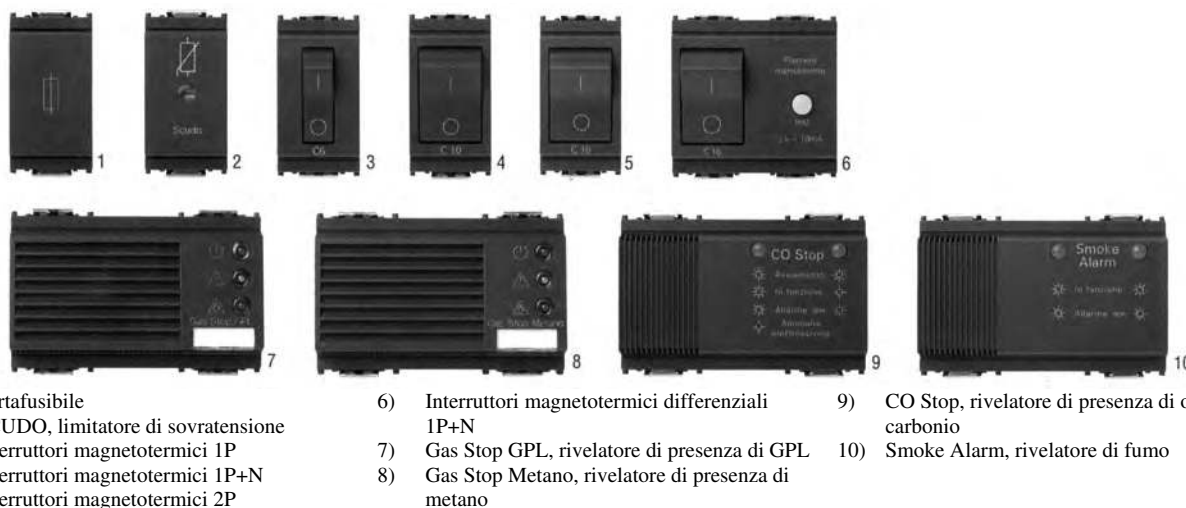


Fig. 2.175 - Panoramica degli apparecchi di protezione modulari (VIMAR).

I rivelatori di presenza acqua sono apparecchiature elettroniche gestite da un microprocessore in grado di segnalare la presenza di acqua mediante un'apposita sonda.

Queste apparecchiature vengono installate anche negli elettrodomestici dell'ultima generazione, come lavastoviglie e lavabiancheria: tale dispositivo consente di chiudere l'elettrovalvola di mandata dell'acqua quando il sensore rileva dei malfunzionamenti che potrebbero causare degli allagamenti.

Le apparecchiature installate negli impianti civili, come per esempio quella mostrata in fig. 2.176a, vengono normalmente alimentate a 230 V AC, hanno un grado di protezione IP40 e un contatto di uscita normalmente aperto 250 V AC - 4 A in grado di comandare una elettrovalvola o una pompa (vedere fig. 2.176b). Il contatto si chiude e rimane in tale posizione quando la sonda rileva la presenza dell'acqua, mentre quando la situazione di allarme cessa il contatto si riapre.

Nel caso venga comandata una elettrovalvola, essa deve essere inserita sulla tubazione che si vuole interrompere. Nel caso venga utilizzata una sola elettrovalvola per tutto l'impianto, essa dovrà essere montata il più vicino possibile al contatore oppure appena prima della diramazione dell'impianto; nel caso, invece, si voglia impiegare più elettrovalvole per rendere più selettivo l'impianto, sarà necessario usare un numero di attuatori uguale a quello delle elettrovalvole.

Come per gli altri rivelatori possono avere un ripetitore di segnale tramite i morsetti polarizzati (+/-).

Sul frontale dell'apparecchio di controllo trovano posto delle segnalazioni luminose a LED con le seguenti funzioni: localizzazione e presenza rete (verde), dispositivo guasto (giallo), allarme (rosso).

La sonda, installabile a pavimento e ad una distanza fino ad alcune decine di metri (30÷40 m) mediante un apposito cavo, deve essere posizionata tenendo conto della pendenza del pavimento e/o dei punti di probabile localizzazione delle perdite (sotto il lavandino, ecc.), come mostrato nella fig. 2.176c, e normalmente deve essere in grado di rivelare un'altezza superiore al millimetro di acqua.

La sonda viene normalmente installata a parete verticalmente e a filo del pavimento, in modo che non trasmetta falsi allarmi durante il lavaggio del pavimento.

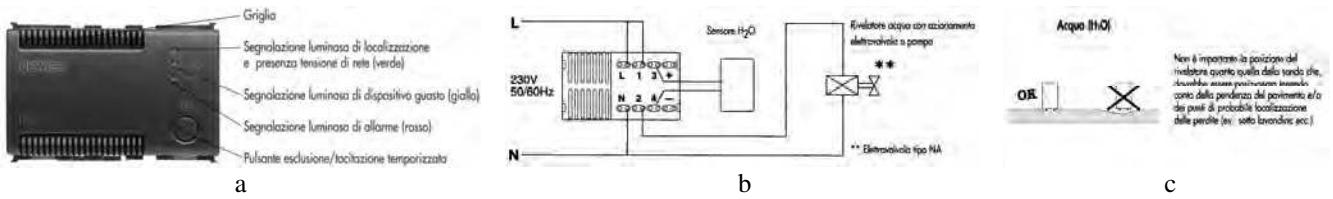


Fig. 2.176 - a) Esempio di rivelatore di presenza acqua (H₂O) - b) Esempio di schema di collegamento - c) Corretto posizionamento dei rivelatori (Gewiss).

Negli impianti civili e nel terziario, può essere necessario controllare il livello di un liquido, generalmente acqua, all'interno di serbatoi, vasche e pozzi; a tale scopo, vengono utilizzati i relè di controllo di livello o regolatori di livello, i quali forniscono un segnale elettrico in funzione del livello di liquido.

Il segnale così ottenuto consente, mediante un automatismo o più semplicemente un contattore che alimenta una pompa, il riempimento o lo svuotamento, per esempio, di una vasca, di un serbatoio o di un pozzo, oppure nel comando delle apparecchiature di allarme per il rilevamento di straripamenti e, più in generale, per segnalare la presenza di acqua.

I regolatori ad elettrodi conduttivi non necessitano di parti in movimento come i galleggianti, ma sfruttano per il loro funzionamento la resistività dei liquidi, utilizzando degli elettrodi metallici di lunghezza pari ai livelli da sondare.

Sono costruttivamente semplici, in quanto sfruttano la conducibilità dell'acqua o di altri liquidi acquosi, purché non portatori di incrostazioni isolanti.

Il funzionamento del circuito elettronico di controllo e, quindi, lo stato del relè di uscita viene determinato dalla presenza/assenza del liquido tra gli elettrodi ed, eventualmente, fra questi e la parete del serbatoio funzionante da elettrodo di massa (solo se è di metallo, non vanno bene i serbatoi in vetroresina).

Gli elettrodi, a seconda delle specifiche applicazioni, si differenziano per il materiale usato per la loro realizzazione.

Anche i porta elettrodi sono realizzati in materiale diverso a seconda delle applicazioni, per esempio può essere in policarbonato per regolatori di livello utilizzati in pozzi e in ossido di allumina per applicazioni dove sono presenti elevate temperature (il metallo tende ad ossidarsi) e pressioni, come caldaie, serbatoi in pressione e autoclavi.

Di seguito, vengono riportati alcuni esempi di applicazione di relè di controllo di livello impostabili per effettuare il riempimento o lo svuotamento di una vasca.

Nella fig. 2.177 viene mostrato lo schema di collegamento di un relè di controllo di livello con tre sonde con la funzione di riempimento attivata, mentre nella fig. 2.178 il relè prevede l'uso di due sonde ed è attivata la funzione di svuotamento.

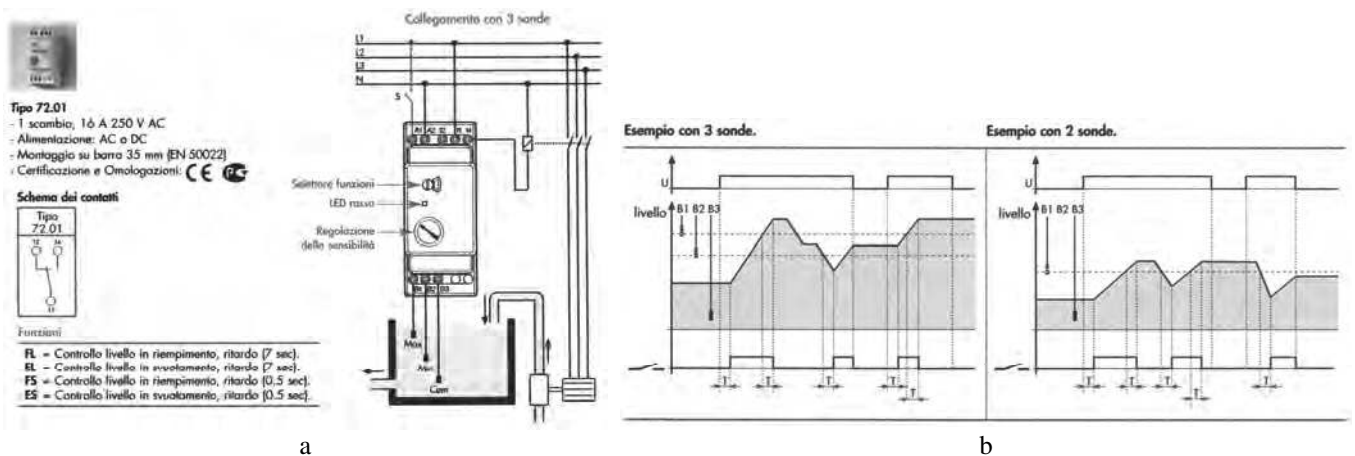


Fig. 2.177 - a) Esempio di relè di controllo di livello per liquidi conduttivi. Collegamento con 3 sonde. Il relè viene alimentato quando il contatto S viene chiuso ovvero quando è presente la tensione U come riportato nel diagramma di funzionamento - b) Esempio di diagramma di funzionamento con la funzione di riempimento attivata per i modelli a 3 e 2 sonde (Finder).

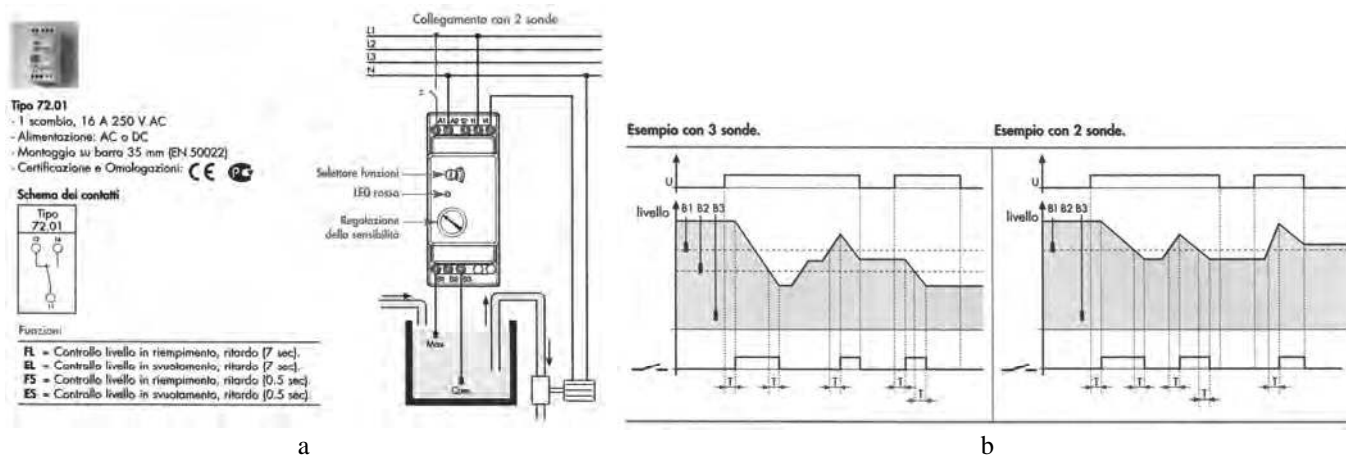


Fig. 2.178 - a) Esempio di relè di controllo di livello per liquidi conduttivi. Collegamento con 2 sonde. Il relè viene alimentato quando il contatto S viene chiuso ovvero quando è presente la tensione U come riportato nel diagramma di funzionamento - b) Esempio di diagramma di funzionamento con la funzione di svuotamento attivata per i modelli a 2 e 3 sonde (Finder).

2.42 Termostati e cronotermostati elettronici

I termostati sono apparecchiature in grado di controllare la temperatura ambiente sfruttando le caratteristiche di un sensore; inoltre, sono dotate di un relè di uscita in grado di comandare direttamente caldaie, pompe di circolazione.

Vengono alimentate mediante la tensione di rete e sono generalmente dotate nella parte frontale di pulsanti, manopole e LED di segnalazione, necessari per la regolazione e il controllo del funzionamento dell'apparecchiatura.

Le caratteristiche di un termostato possono variare da modello a modello, in particolare in commercio è possibile trovare versioni più semplici che permettono, mediante un apposito commutatore giorno/notte, di inserire o meno una riduzione di temperatura fissa di circa 4 °C.

Altre versioni più complete consentono di predisporre il termostato per il controllo del riscaldamento invernale oppure per il condizionamento estivo, oltre alla funzione di riduzione della temperatura vista precedentemente, che può essere regolabile sia in valore che in durata.

I termostati ambiente devono essere installati seguendo precise regole che ne consentono un regolare funzionamento; infatti non devono essere installati vicino ad apparecchiature che generano calore, in quanto potrebbero influire sulla corretta lettura, da parte del termostato, della temperatura ambiente e, quindi, sulla precisione del suo intervento.

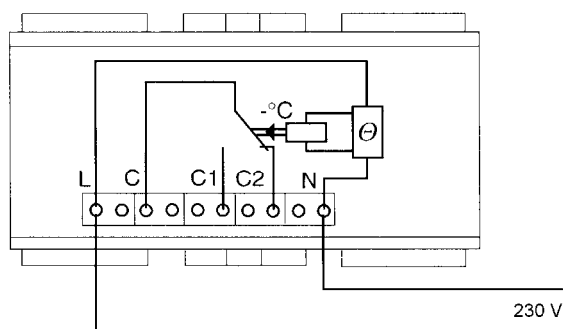


Fig. 2.179 - Esempio di collegamento interno di un termostato ambientale (bticino).

Il termostato ha le seguenti caratteristiche: manopola di regolazione, sul pannello frontale, per l'impostazione della temperatura prescelta, LED per la segnalazione dello stato di funzionamento, alimentazione a 220/230 V AC, contatto di uscita in commutazione 2 A, 250 V AC, campo di regolazione temperatura ambiente da +5 a +30 °C, altezza di installazione da terra 1,5 m e lontano da fonti di calore e da correnti d'aria.

Per impianti di riscaldamento e condizionamento (caldaie, gruppi fan-coil, condizionatori, ventilconvettori), predisposto per il commutatore esterno "estate/inverno", contatto di uscita in commutazione.

I manuali di installazione consigliano perciò di installare i termostati seguendo queste indicazioni:

- se possibile, installare il termostato su pareti interne, anziché su pareti perimetrali, in quanto sono meno influenzate dalla temperatura esterna;
- non effettuare l'installazione dell'apparecchiatura vicino a porte o finestre oppure in luoghi soggetti a correnti d'aria o a irraggiamento solare;
- non installarlo in luoghi chiusi, come, per esempio, i ripostigli;

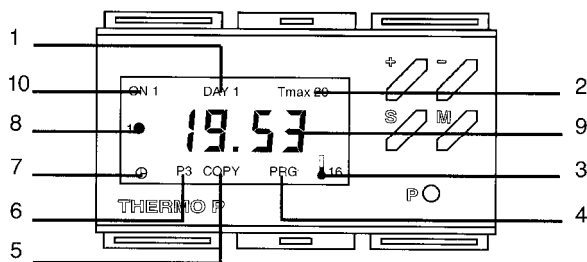
- evitare di ostacolare la regolare circolazione di aria verso la sonda contenuta nel termostato, per esempio con mobili e tendaggi;
- è buona norma, per un corretto funzionamento, installare il termostato ad un'altezza pari a circa 1,5 m dal pavimento.

Più sofisticati dei termostati, i cronotermostati sono apparecchiature in grado di sostituire i termostati e gli orologi programmatori, consentendo di ottenere in modo semplice ed automatico un certo risparmio energetico. Queste moderne apparecchiature possono essere alimentate mediante una semplice batteria a secco oppure dalla tensione di rete.

Sono molto spesso dotate di un display (visualizzatore) a diodi LED o in particolare a cristalli liquidi (LCD) che mostra, per esempio, la data, l'ora, la temperatura ambiente, il programma attuato.

È possibile con queste apparecchiature impostare contemporaneamente una temperatura antigelo (per evitare di danneggiare l'impianto quando non viene utilizzato nelle giornate invernali), una temperatura regolabile di normale utilizzo (per esempio di 20 °C) ed una temperatura, anch'essa regolabile, per una gestione economica dell'impianto (per esempio di 17 °C).

L'apparecchiatura è dotata di pulsanti e commutatori che consentono di effettuare le necessarie regolazioni.

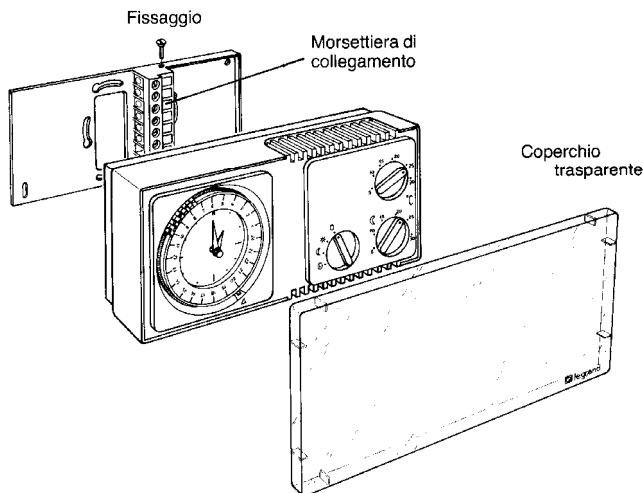


Tasti: + avanzamento (pressione continua = avanzamento veloce), - arretramento (pressione continua = arretramento veloce), **M** memorizzazione, **P** predisposizione alla programmazione, **S** scelta dei programmi, **P+M** azzeramento.

Indici: 1) giorno della settimana - 2) valore di temperatura impostato - 3) valore della temperatura ambiente - 4) programmazione in corso - 5) copiatura della programmazione - 6) tipo di programma (man. P1, P2, P3) - 7) regolazione oraria in corso (ore, minuti, giorno) - 8) stato di funzionamento dell'uscita - 9) ora e minuti - 10) fase di programmazione (ON1, OFF1, ON2, OFF2, ecc.).

Lo schema di collegamento è identico a quello riportato nella fig. 2.179 relativo ad un termostato.

Fig. 2.180 - Esempio di pannello comandi di un cronotermostato con display LCD (bticino).



Il cronotermostato programmabile al quarzo prevede i seguenti comandi.

Il commutatore dotato di 4 posizioni che consente di effettuare la riduzione automatica della temperatura durante gli intervalli di tempo programmati con l'orologio, oppure di mantenere costante la temperatura comfort annullando il programma di temperatura ridotta, oppure di mantenere costante la temperatura ridotta annullando il programma di temperatura comfort e, infine, di mantenere costante la temperatura antigelo sopra gli 8 °C annullando i programmi di temperatura comfort e ridotta.

L'orologio programmatore consente la riduzione di temperatura durante le 24 ore del giorno, mentre la temperatura comfort rimane costante durante le ore non programmate.

Il selettore di temperatura comfort desiderata fissa la temperatura nell'ambiente fra +10 e +30 °C.

Il selettore di temperatura ridotta desiderata predispone la temperatura nell'ambiente durante certi periodi del giorno o della settimana programmati mediante l'orologio programmatore.

Fig. 2.181 - Termostato programmabile con regolazione elettronica e programma settimanale (Legrand).

Il cronotermostato, in alcuni modelli, può consentire di ricavare dal numero di ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento o di condizionamento il consumo energetico dell'impianto (litri di gasolio o metri cubi di gas metano); in altri modelli più sofisticati è addirittura possibile effettuare un telecontrollo dell'impianto di riscaldamento. È infatti possibile, in quest'ultimo caso, regolare il cronotermostato mediante il combinatore telefonico anziché mediante i comandi presenti sull'apparecchiatura.

I termostati, e in particolare i cronotermostati, sono in genere dotati di un relè interno con contatti che hanno una portata fino a 5 A e possono essere utilizzati per le seguenti applicazioni:

- comandare il bruciatore o la pompa di circolazione in un impianto di riscaldamento;
- comandare il ventilatore in un impianto di riscaldamento o di condizionamento;
- comandare delle valvole di zona negli impianti di riscaldamento.

Per quanto riguarda una corretta installazione dei cronotermostati, valgono i consigli dati precedentemente per i termostati.



- | | | |
|---|---|---|
| <p>1) Regolatore di luminosità 100÷500 W con potenziometro rotativo</p> <p>2) Regolatore di luminosità 100÷500 W con deviatore e regolazione con potenziometro rotativo</p> <p>3) Regolatore di luminosità 60÷500 W, comando con pulsante incorporato</p> <p>4) Regolatore di carichi induttivi 40÷400 VA, comando con deviatore e regolazione con potenziometro rotativo</p> | <p>5) Regolatore di luminosità 25÷300 VA, comando con pulsante incorporato</p> <p>6) Orologio sveglia elettronico</p> <p>7) Temporizzatore da 20 s a 15 min per comando luce scale, locali di servizio, aspiratori domestici</p> <p>8) Orologi programmatori elettronici giornalieri/settimanali, per il comando di 1 o 2 apparecchiature</p> | <p>9) Termostato per la regolazione del riscaldamento/condizionamento, con ciclo di riduzione della temperatura regolabile</p> <p>10) Cronotermostato giornaliero/settimanale per la regolazione del riscaldamento/condizionamento, su 3 livelli di temperatura da 3 °C a 35 °C</p> <p>11) Radiosveglia elettronica</p> |
|---|---|---|

Fig. 2.182 - Panoramic degli apparecchi di regolazione e controllo modulari (VIMAR).

2.43 Rivelatore di movimento a raggi infrarossi

L'apparecchio mostrato in fig. 2.183 è un particolare interruttore elettronico in grado di chiudere automaticamente un contatto in presenza di persone in movimento all'interno di un determinato volume messo sotto controllo.

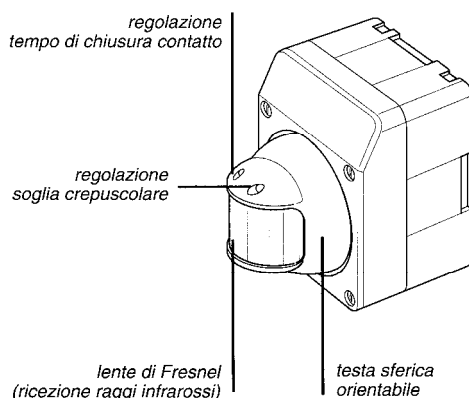
Infatti, è in grado di rilevare i raggi termici invisibili (infrarossi) emessi da un corpo durante lo spostamento.

Il calore del corpo associato al movimento determina l'emissione di raggi termici che vengono rilevati passivamente dal dispositivo, con conseguente chiusura del contatto di un relè incorporato.

Tale contatto rimane chiuso per un tempo regolabile da (5 a 320 s), trascorso il quale il relè si diseccita se i raggi sono usciti dal campo di ricezione, oppure se l'uomo è fermo. Oltre all'uomo, vi sono altre fonti di calore in grado di far intervenire il rivelatore quali animali, automezzi o forti spostamenti d'aria, in quanto esso reagisce alla differenza di temperatura tra una sorgente mobile di calore e la temperatura ambiente.

Il regolare funzionamento o il volume di ricezione possono essere influenzati da:

- condizioni dell'aria (umidità, presenza di fumi, ecc.);
- presenza nella zona sensibile sulla sfera di ricezione, esternamente costituita da una lente di Fresnel, di polvere, gocce d'acqua, ecc.



Dati tecnici:

Tensione nominale: 220/230 V 50-60 Hz

Assorbimento: ≤ 1 W

Carico max: 5 A/230 V

Tempo di chiusura del contatto: regolabile 5÷320 s

Soglia crepuscolare: regolabile per intervento continuativo, al crepuscolo o notturno

Rilevamento: ad alta densità con un sistema ottico a lente di Fresnel

Sensore: posizionato in testa sferica orientabile

Campo di azione orizzontale: 140°/10 m

Campo di azione verticale: 8°/10 m

Fig. 2.183 - Esempio di rivelatore di raggi infrarossi (bticino).

Il rivelatore è dotato anche di un sensore crepuscolare a soglia di intervento regolabile per renderlo attivo solo nelle ore notturne oppure in tutta la giornata.

Da queste caratteristiche ne deriva che un utilizzo tipico è il comando automatizzato di lampade per l'illuminazione di box, cantine, magazzini e ingressi similari.

Per la sensibilità di intervento, invece, questi dispositivi non sono idonei quali sensori per impianti antintrusione. Si raccomanda un'attenta consultazione della documentazione specifica riguardante le possibili applicazioni e le modalità di installazione, che risultano fondamentali per un corretto funzionamento.

I rivelatori ad infrarossi vengono realizzati anche del tipo modulare come mostrato in fig. 2.184; anche in questi casi è possibile comandare l'accensione di apparecchiature in modo automatico al passaggio di persone (per esempio, si accendono senza l'azionamento di un interruttore o pulsante).

Per ottimizzare le prestazioni, è possibile regolare sia la soglia di intervento dell'apparecchio in funzione dell'illuminazione naturale dell'ambiente, sia il ritardo di disinserzione dopo il cessare dell'ultimo movimento,

Il campo d'azione può essere aumentato installando più apparecchi in punti diversi con le uscite in parallelo. La copertura volumetrica è assicurata da 3 livelli di raggi (A, B e C) orientati a +2, -6 e -30 gradi rispetto all'asse d'installazione e si estende per 6 m.

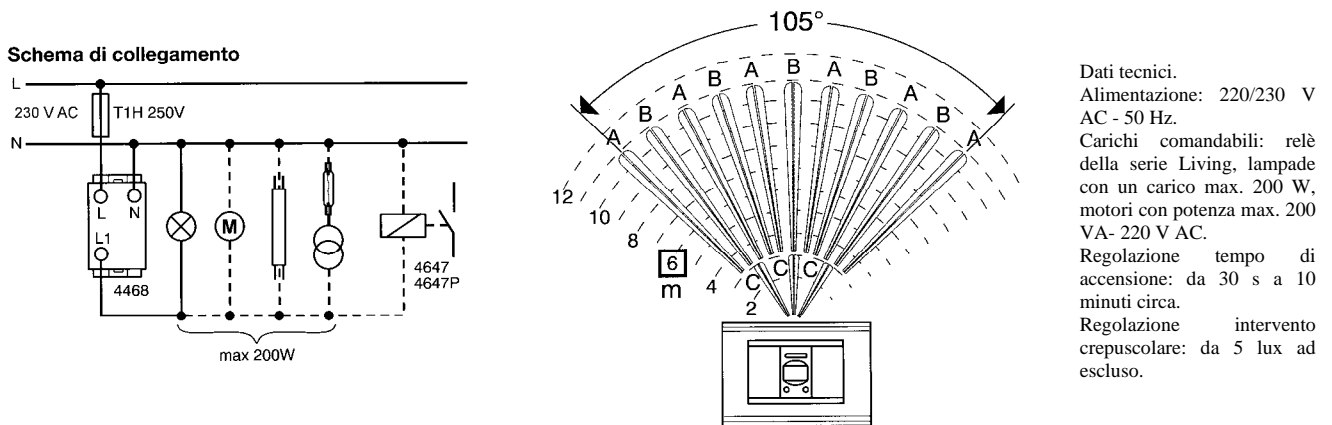


Fig. 2.184 - Esempio di rivelatore di raggi infrarossi modulare serie Living con relativo schema di collegamento e caratteristica di intervento (bticino).

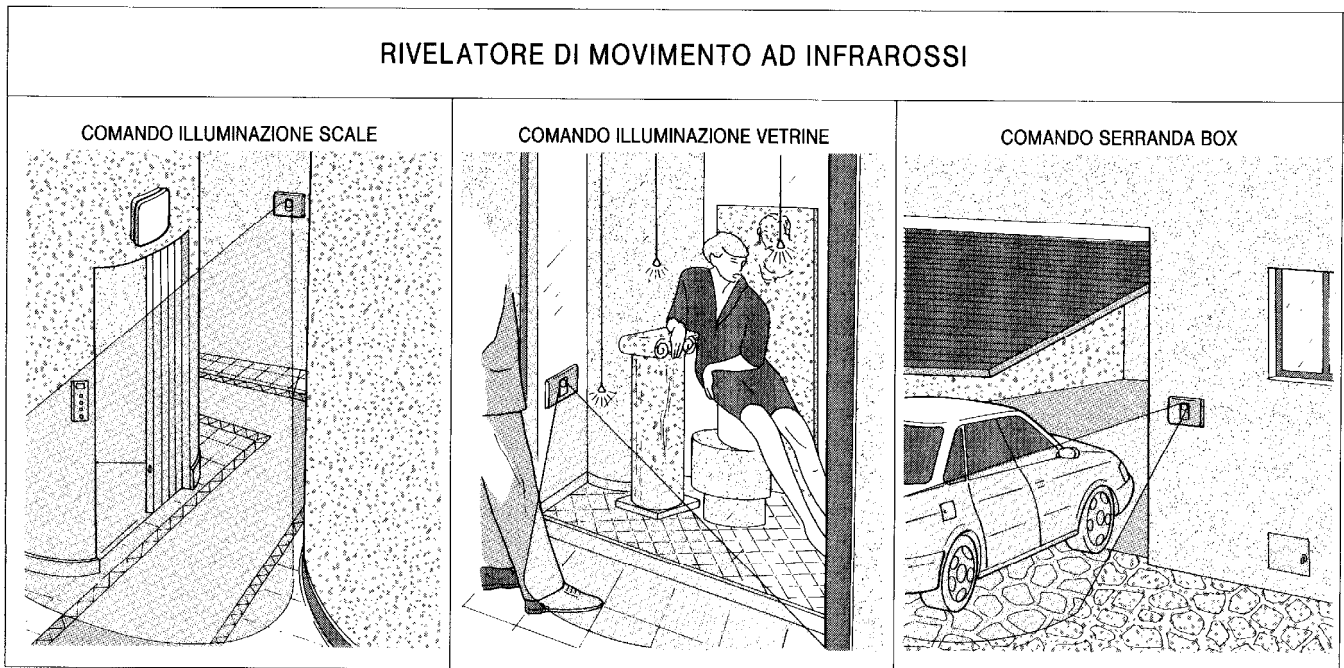
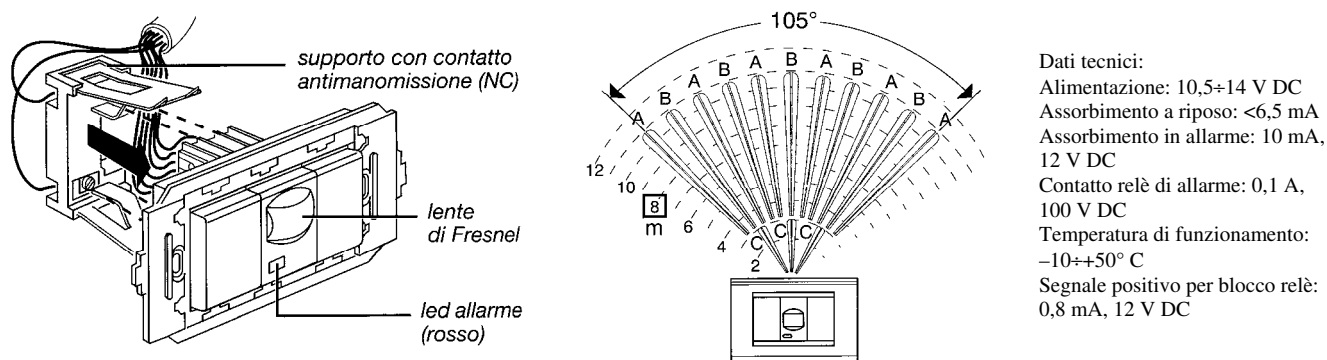


Fig. 2.185 - Esempi di applicazione dei rivelatori di movimento a raggi infrarossi (Gewiss).

Per la realizzazione di un impianto antintrusione, è necessario utilizzare un rivelatore di presenza a raggi infrarossi passivi, in grado di dare un segnale elettrico di allarme alla centrale di controllo.

Anche in questo caso la rilevazione è del tipo volumetrico ed è resa possibile dalla sensibilità del dispositivo ai raggi infrarossi emessi dai corpi che attraversano la sua zona di protezione; per coprire superfici ampie o superare vincoli architettonici è possibile installare più rivelatori nello stesso ambiente.

Il rivelatore ha caratteristiche e prestazioni conformi alla norma CEI 79-2; nella fig. 2.186 ne viene mostrato un esempio. La copertura volumetrica è assicurata da 3 livelli di raggi (A, B e C), orientati a +2, -6 e -30 gradi rispetto all'asse d'installazione, e si estende per 8 m.



Dati tecnici:
 Alimentazione: 10,5+14 V DC
 Assorbimento a riposo: <6,5 mA
 Assorbimento in allarme: 10 mA, 12 V DC
 Contatto relè di allarme: 0,1 A, 100 V DC
 Temperatura di funzionamento: -10+50° C
 Segnale positivo per blocco relè: 0,8 mA, 12 V DC

Fig. 2.186 - Esempio di rivelatore di presenza a raggi infrarossi modulare serie Living (bticino). Elettricamente è predisposto per essere connesso a centrali di allarme con collegamenti standard a 5 conduttori. L'apparecchio del tipo modulare, che può essere installato sui normali supporti, viene fornito completo di accessori per realizzare l'autoprotezione contro i tentativi di manomissione.

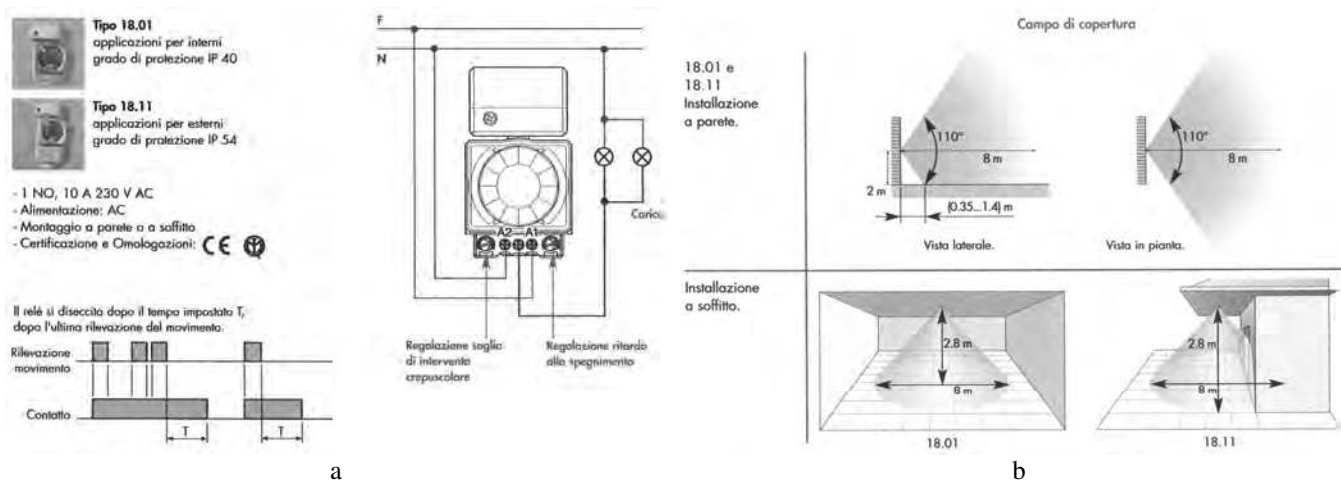


Fig. 2.187 - Rilevatore di movimento: a) Caratteristiche tecniche, schema di collegamento, diagramma di lavoro. Da notare la disponibilità di modelli per interni (IP40) e per esterni (IP54), la possibilità di regolare la soglia di intervento crepuscolare e del ritardo allo spegnimento - b) Campo di copertura per installazioni a parete e a soffitto (Finder).

2.44 Sistema di diffusione sonora

Il sistema, proposto dalla bticino, consente di diffondere in più ambienti un segnale audio monofonico proveniente da un'unica sorgente sonora, come un apparecchio radio, un registratore o apparecchi simili.

In ogni ambiente è previsto un comando locale di accensione e regolazione indipendente dal volume.

Il funzionamento della sorgente sonora viene automaticamente predisposto mediante una presa comandata da un relè ausiliario in relazione allo stato di servizio del sistema:

- l'inserzione di uno o più diffusori determina l'accensione della sorgente sonora;
- se tutti i diffusori sono disattivati, la sorgente sonora viene spenta;
- la sorgente sonora può essere accesa per l'ascolto, anche indipendentemente dal sistema di diffusione sonora, mediante un apposito comando sul preamplificatore di ingresso.

L'impianto base prevede:

- un alimentatore, posizionabile in un punto qualsiasi dell'appartamento;
- un preamplificatore di ingresso del segnale audio, da collocare in prossimità della relativa sorgente;
- i sistemi di ascolto, costituiti da tanti abbinamenti "amplificatore locale + diffusore" quanti sono gli ambienti che si vogliono servire, con un massimo di 12 diffusori.

L'alimentatore è un'apparecchiatura che ha l'uscita in bassissima tensione di sicurezza e permette l'alimentazione di tutte le funzioni del sistema.

- Tensione di ingresso: 230 V AC - 50 Hz.
- Tensione di uscita: 24 V DC.
- Potenza: 36 VA.

- Autoprotezione contro sovraccarichi e cortocircuiti.
- Dimensioni della custodia pari a 6 moduli 17,5 mm per guida DIN.

Schema tipico

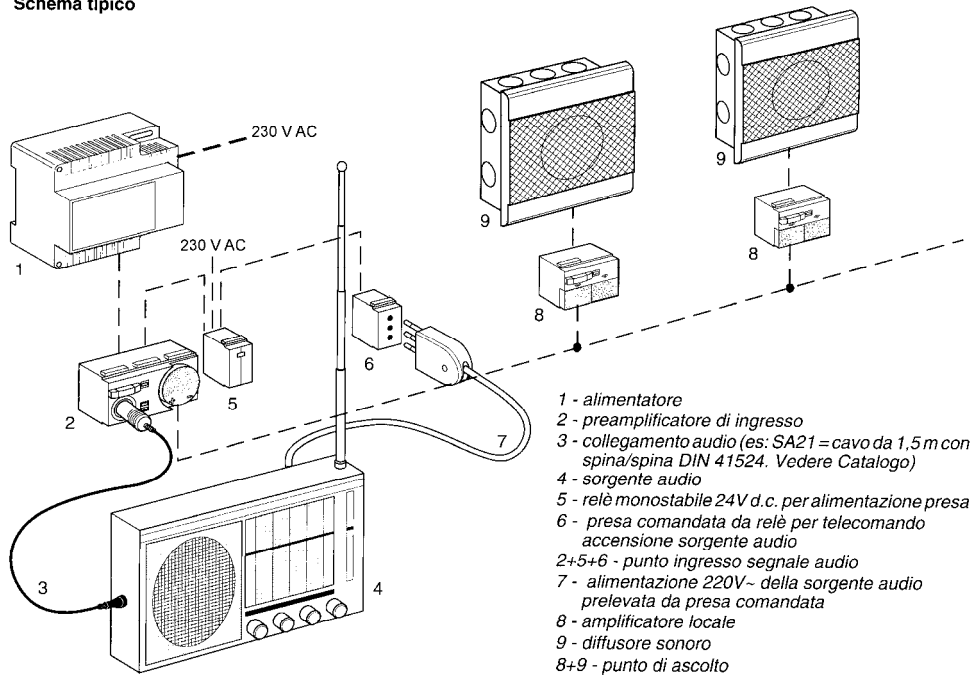


Fig. 2.188 - Sistema di diffusione sonora (bticino).

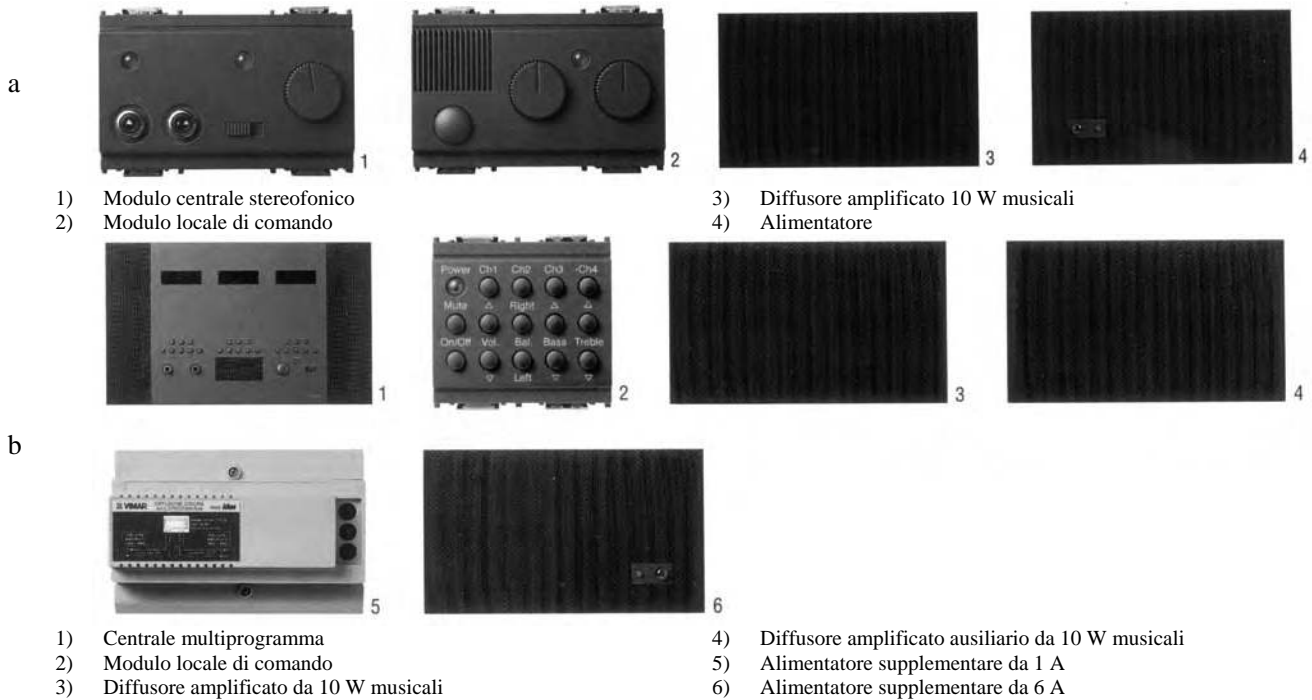


Fig. 2.189 - Sistema di diffusione: a) Sonora stereo - b) Sonora multiprogramma (VIMAR).

In vicinanza dell'apparecchio radio o dell'apparecchiatura, dalla quale si vuole prelevare il segnale audio, occorre predisporre le seguenti apparecchiature:

- il preamplificatore di ingresso, che ha la funzione di adattare il livello del segnale audio disponibile all'uscita della sorgente alle caratteristiche intrinseche del sistema di diffusione sonora. La sensibilità di ingresso è regolabile tramite apposita manopola per valori del segnale audio compresi tra 100 mV e 1 V. Per l'ingresso dei segnali audio, il dispositivo è dotato sul frontale di una presa con un connettore pentapolare DIN, alla quale può essere collegata la sorgente audio con idonei cavi mobili;
- una presa 2P+PE 10 A, comandata da un relè, nella quale deve essere inserita la spina dell'apparecchio usato come sorgente sonora;

- un relè monostabile, con la bobina funzionante a 24 V DC, comandato dal preamplificatore di ingresso; i contatti vengono utilizzati per alimentare la presa e in questo modo si comanda l'accensione e lo spegnimento della sorgente audio in sincronismo con il sistema di diffusione sonora.

Per quanto riguarda i punti di ascolto, devono essere installati in ogni ambiente le seguenti apparecchiature:

- un amplificatore locale, al quale viene collegato il diffusore sonoro, collocato nel punto più opportuno. L'amplificatore consente la regolazione del volume nel locale e la teleaccensione della sorgente sonora connessa al preamplificatore di ingresso;
- un diffusore sonoro da incasso completo di altoparlante e placca di finitura; all'amplificatore locale è possibile collegare anche due diffusori purché connessi in parallelo.

2.45 Protezione dalle sovratensioni (nel CD-ROM allegato)

2.46 Gruppi di continuità UPS (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 3

SORGENTI LUMINOSE ED ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA

3.1 Grandezze fotometriche fondamentali

La scelta delle sorgenti luminose e degli apparecchi di illuminazione, in particolare per le abitazioni, è effettuata dall'utente anche in relazione a esigenze di carattere estetico legate al tipo di ambiente in cui l'apparecchio viene inserito.

Perciò l'installatore deve prevedere il punto luce a cui successivamente verrà collegato l'apparecchio di illuminazione.

Non è escluso, però, che l'installatore debba scegliere e installare gli apparecchi necessari all'illuminazione comune come il vano scale, le cantine, ecc., per i quali prevale la funzionalità rispetto a considerazioni di carattere estetico.

Di seguito vengono citate le grandezze fotometriche fondamentali usate nell'illuminotecnica.

La conoscenza di queste grandezze è fondamentale per poter consultare pubblicazioni o cataloghi dei costruttori di lampade e di apparecchi di illuminazione.

Ciò è tanto più vero per un settore che vede le sorgenti luminose in continuo progresso tecnologico, che le porta a ridurre le dimensioni di ingombro e ad aumentare l'efficienza luminosa, grandezza fotometrica quest'ultima che condiziona i risparmi energetici.

Questo continuo processo ha portato negli ultimi anni alla realizzazione di lampade a fluorescenza in grado di sostituire le tradizionali lampade ad incandescenza utilizzando lo stesso portalampada.

La luce è un fenomeno ondulatorio di natura elettromagnetica che si propaga nello spazio, secondo una direzione rettilinea, ad una velocità di circa 300000 km/s.

Come ogni altra onda elettromagnetica, anche la luce è caratterizzata da una frequenza e da una lunghezza d'onda.

Il campo delle lunghezze d'onda della luce è compreso nella banda spettrale fra 380 e 780 nm, che corrisponde alla frequenza compresa nell'intervallo che va da 79×10^{13} a 38×10^{13} Hz.

Si ricorda che ad una lunghezza d'onda elevata corrisponde una frequenza bassa e viceversa.

Ogni lunghezza d'onda della radiazione visibile viene percepita dall'occhio umano sotto forma di un determinato colore, la cui successione corrisponde a quella dell'arcobaleno.

La luce che contiene tutte le lunghezze d'onda della radiazione visibile appare all'occhio umano di colore bianco. Il colore nero corrisponde ad assenza di radiazioni.

Un oggetto appare di un determinato colore perché riflette solo le radiazioni luminose della lunghezza d'onda di quel colore mentre assorbe tutte le altre.

I colori rosso, blu e verde sono detti colori fondamentali perché mescolandoli, è possibile ottenere qualunque altro colore e le relative gradazioni.

L'emissione delle radiazioni luminose è generata dal salto che alcuni elettroni fanno da un'orbita, avente un certo livello energetico, ad un'altra orbita, avente un livello energetico più basso.

Se la differenza di energia dovuta al salto da un'orbita ad un'altra è uguale per tutti gli elettroni interessati, si ha un'emissione di luce monocromatica, cioè di un solo colore; diversamente si ha un'emissione di luce policromatica.

Una serie di radiazioni di lunghezza d'onda superiore a quella del rosso prende il nome di infrarosse (ed è in grado di produrre calore), mentre una serie di radiazioni di lunghezza d'onda inferiori a quelle del violetto prende il nome di ultravioletto.

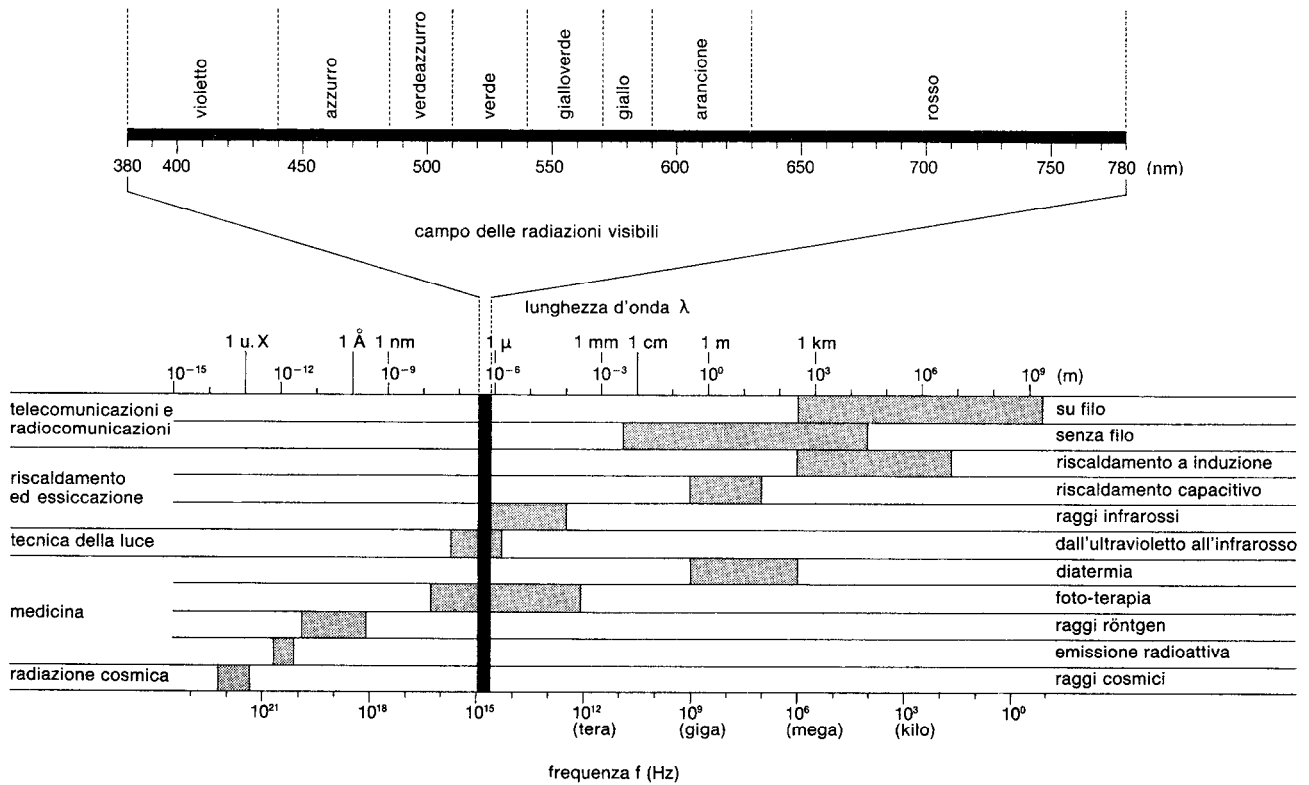


Fig. 3.1 - Campo delle radiazioni elettromagnetiche: colori, effetti e impieghi (Osram).

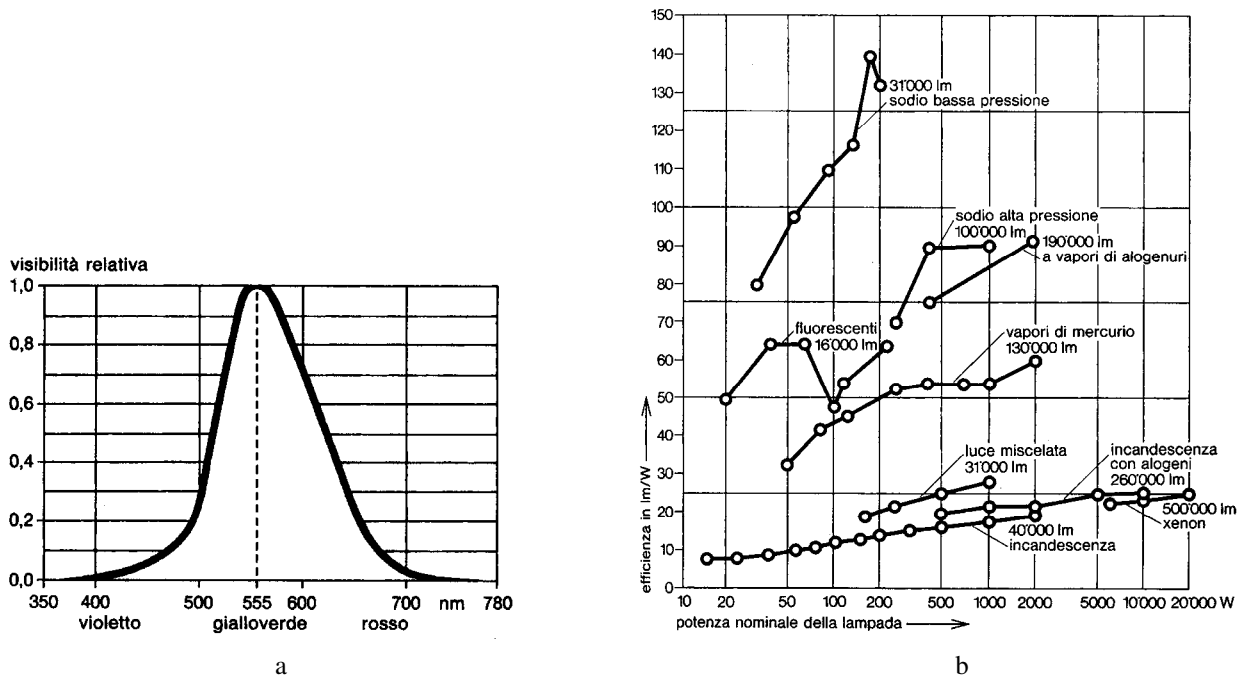


Fig. 3.2 - a) Curva di sensibilità dell'occhio in funzione della lunghezza d'onda. La sensibilità dell'occhio umano non è la stessa per tutte le lunghezze d'onda della luce, ma varia a seconda dei colori. Raggiunge il valore massimo per il colore giallo-verde (555 nm) e si annulla in corrispondenza dell'ultravioletto e dell'infrarosso. b) Efficienza luminosa e potenza disponibili in vari tipi di lampade per illuminazione generale (Osram).

Di seguito viene presentata la tab. 3.1 che riassume le definizioni delle varie grandezze e alcuni ordini di grandezza.

Grandezza	Ordini di grandezza
FLUSSO LUMINOSO Quantità di luce emessa in ogni secondo dalla lampada. Unità: lumen (lm) Simbolo: Φ	Lampade ad incandescenza: 40 W - 350 lm; 60 W - 630 lm. Tubi fluorescenti: 36 W - 3600 lm; 58 W - 4800 lm.
INTENSITÀ LUMINOSA Parte del flusso luminoso emesso in una determinata direzione per l'angolo solido che la contiene. Unità: candela (cd) Simbolo: I	Lampade ad incandescenza: 100 W - 100 cd. Lampade tubolari fluorescenti: 58 W - 320 cd. Lanterna di un faro: 2000000 cd.
ILLUMINAMENTO Flusso luminoso che colpisce ogni unità di superficie illuminata (per esempio, un metro quadrato). Unità: lux (lx) (lumen/m ²) Simbolo: E	Uffici, scuole: 250÷500 lx. Grandi magazzini: 500÷1000 lx. Industrie di precisione: 1000÷2000 lx.
EFFICIENZA LUMINOSA Rapporto tra il flusso emesso (Φ) e la potenza elettrica assorbita (P) in watt. Unità: lumen al watt (lm/W) Simbolo: η	Lampade ad incandescenza: 40 W - 10 lm/W; 60 W - 12 lm/W. Tubi fluorescenti: 36 W - 65 lm/W; 58 W - 70 lm/W.
LUMINANZA Intensità luminosa emessa da una sorgente di luce o da un oggetto in una certa direzione per unità di superficie della sorgente o dell'oggetto. Unità: candela al metro quadrato (cd/m ²) Simbolo: L	Lampade ad incandescenza normali: 100÷2000 cd/cm ² Lampade fluorescenti: 0,3÷1,30 cd/cm ² Oggetti in tinta chiara: con buona illuminazione 100÷1000 cd/m ² con debole illuminazione 2÷20 cd/m ² carta od oggetto bianco 100 cd/m ²

Tab. 3.1 - Principali grandezze fotometriche.

Di seguito vengono riportate alcune considerazioni sulle grandezze fotometriche presentate nella tab. 3.1.

Il **flusso luminoso** dipende dal fattore di visibilità ed ha un valore che parte da 0 (ultravioletto e l'infrarosso) per arrivare a un valore massimo corrispondente al colore giallo-verde. Il flusso luminoso dipende anche dalla trasformazione dell'energia elettrica in radiazioni elettromagnetiche, le quali variano per i diversi tipi di lampade. Il flusso luminoso emesso dalle lampade elettriche è, inoltre, dipendente dal rendimento della trasformazione dell'energia elettrica in radiazioni elettromagnetiche.

I valori di **illuminamento** si rilevano usando un apposito strumento chiamato luxmetro. I valori di illuminamento per i quali è possibile la visione variano da pochi centesimi di lx (buio della notte) a qualche centinaio di migliaia di lx (piena luce del sole), in virtù della capacità di adattamento dell'occhio umano.

Si è calcolato che la visibilità raddoppia quando l'illuminamento si moltiplica per 10; ciò significa che variazioni d'illuminamento anche nell'ordine del $\pm 30\div 40\%$ non sono direttamente percepite dall'occhio umano.

Un ambiente con un valore di illuminamento basso e destinato a compiti visivi relativamente gravosi provoca un affaticamento alla vista. Questo affaticamento diminuisce all'aumentare dell'illuminamento.

Si è visto in particolare che per compiti visivi gravosi, l'affaticamento dell'occhio diminuisce sensibilmente anche per modesti incrementi dell'illuminamento.

Il fenomeno della **luminanza** si manifesta invece sotto forma di fastidio per abbagliamento. Per evitare tale fastidio occorre rispettare i giusti rapporti fra illuminamento, luminanza delle lampade ed angolo di vista.

Il concetto di luminanza si applica anche agli oggetti illuminati; in questo caso la grandezza è definita come il rapporto fra l'intensità riflessa in una certa direzione e la superficie riflettente normale alla direzione considerata.

Dal rapporto fra la luminanza della sorgente luminosa e la luminanza media del campo visivo dipende il grado di abbagliamento.

Un altro parametro caratteristico delle lampade è la **temperatura di colore**, un valore espresso in gradi kelvin e per la quale un corpo emettitore produrrebbe un determinato colore di luce.

Un valore di temperatura di colore compreso tra 2900÷3500 K corrisponde una luce bianca calda che ha una caratteristica vicina a quella delle lampade ad incandescenza e viene normalmente utilizzata per illuminare abitazioni, negozi di generi alimentari, bar, ristoranti, sale cinematografiche, chiese.

Una temperatura di colore compreso tra 4000÷4500 K corrisponde una luce bianchissima: questa tonalità fredda si armonizza facilmente con la luce naturale e viene perciò utilizzata normalmente in uffici, negozi d'abbigliamento, ospedali, gallerie d'arte.

Infine, una temperatura di colore compresa tra 6000 K e 6500 K caratterizza una luce diurna con una tonalità fredda che si avvicina alla luce naturale e perciò viene utilizzata per la campionatura dei colori o per creare un'atmosfera fredda e dinamica come, per esempio, grandi magazzini, vetrine, sale da disegno e, in genere, in tutti quei locali che richiedono un livello di illuminamento superiore a 500 lx.

Tipo di ambiente da illuminare	Valore di illuminamento medio orizzontale in lx	Temperatura di colore				
		2400	3000	3500	4500	6500
Ambienti per servizi generici						
Locali di transito.	50+100			•		
Spogliatoi, bagni, docce.	100		•	•		
Magazzini.	50+200		•	•		
Sale da pranzo.	200	•	•			
Locali di lavoro						
Uffici.	300		•	•		
Uffici di grandi dimensioni:						
con riflessione elevata;	500			•		
con riflessione media.	1000			•		
Centri di calcolo con presenza di videoterminali.	300+500			•		
Sale per disegno tecnico, sul piano del tavolo da disegno.	750		•	•	•	
Locali di vendita.	300		•			
Ufficio di cassa.	500			•	•	
Lavori grossolani di montaggio e sorveglianza.	200			•		
Lavori meccanici grossolani e medi, lavorazioni di montaggio medio fini.	500			•	•	
Posti di controllo.	750			•	•	
Montaggio accurato di apparecchiature elettromeccaniche, produzione di bigiotteria, lavorazioni di ritocco composizione tipografica, lavorazioni fini di cucito, campionatura di colori.	1000			•	•	
Montaggio di componenti minuti, particolari lavori del cuoio, dei tessuti e lavori di stampaggio in policromia, lavorazioni di pietre preziose, lavori di ottica e orologeria.	1500			•	•	
Ospedali						
Camera di degenza:						
illuminazione generale;	80+120		•			
illuminazione per lettura.	200		•			
Sale da visita:						
illuminazione generale;	500				•	•
illuminazione localizzata.	1000				•	•
Sale operatorie:						
illuminazione generale;	1000				•	•
illuminazione localizzata.	5000+10000				•	•
Complessi scolastici						
Asili.	300			•		
Aule prevalentemente con illuminazione diurna.	300		•	•		
Altri locali di insegnamento, cucine scuola, locali per piccoli lavori manuali, cucito, dattilografia, disegno, pittura, laboratori scientifici.						
Auditori con finestre.	500			•	•	
Auditori senza finestre.	500				•	
Sale da disegno tecnico.	750				•	
	750				•	
Centri sportivi coperti						
Pedane di tiro a segno, piste per gare ciclistiche, piste di pattinaggio sul ghiaccio e a rotelle.	150			•		
Campi da bocce, bowling.	200			•		
Palestre per ginnastica, centri sportivi, campi da tennis, campi per hockey su ghiaccio e a rotelle, piste di pattinaggio su ghiaccio e a rotelle, piscine.	(allenamento/gara) 200/400			•		
Tennis da tavolo.	300/600			•		
Pugilato.	300/1500			•		

Tab. 3.2 - Esempi di valori indicativi di illuminamento e temperature di colore di alcuni tipi di ambiente. Per la progettazione illuminotecnica degli ambienti interni utilizzare la tab. 3.20 e la tab. 3.21 che riportano i valori indicati dalla norma UNI EN 12464.

Per quanto riguarda la resa dei colori, a seconda del tipo di lampada si possono fare le seguenti considerazioni:

- le lampade a vapori di mercurio e le lampade a vapori di sodio alterano troppo i colori per essere adatte alla illuminazione degli interni;
- le lampade ad incandescenza e a fluorescenza a luce bianco-calda accentuano i toni rossi e rendono l'ambiente più accogliente;
- le lampade fluorescenti a luce bianca o bianco-fredda, le lampade a mercurio corretto e a luce miscelata accentuano i toni azzurri e sono impiegabili in modo particolare per ambienti di tipo industriale.

Infine, l'indice di **resa cromatica** R_a indica la qualità cromatica di una sorgente luminosa, ossia la capacità più o meno accentuata di una lampada di resa dei colori.

Il valore massimo che questo indice può raggiungere è 100; maggiore è questo valore, migliore è la resa cromatica di quella determinata sorgente luminosa.

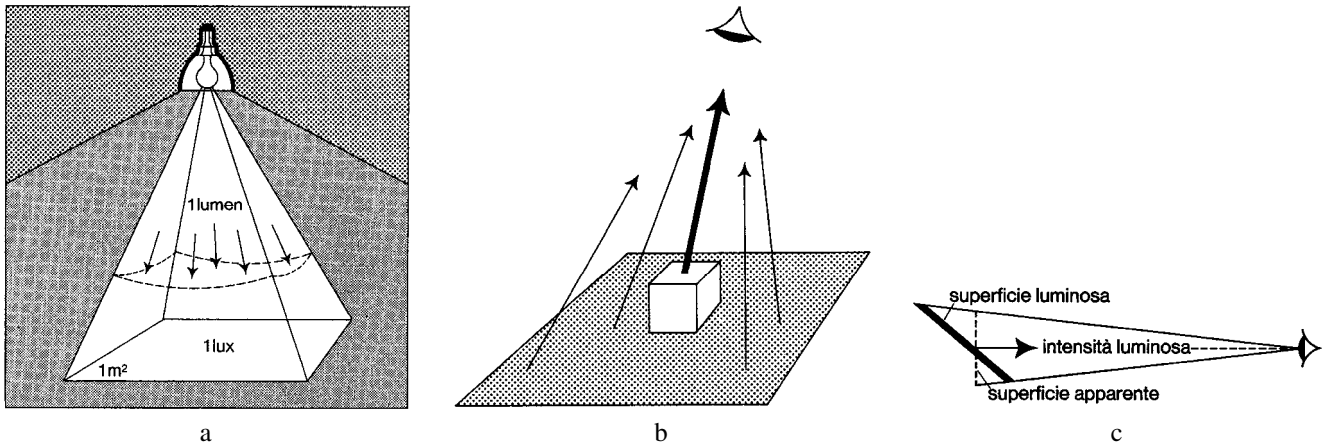
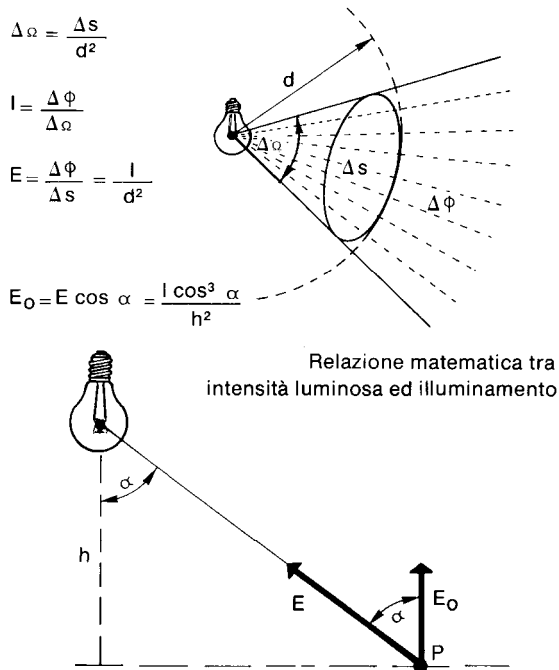


Fig. 3.3 - a) L'illuminamento di un lux è dato dal flusso luminoso di un lumen che cade sull'area di un metro quadrato - b) La luminanza esprime l'effetto di luminosità che una certa superficie produce sull'occhio - c) La luminanza dipende dall'estensione della superficie apparente e dalla sua intensità luminosa nella direzione dell'occhio (Osram).



L'**intensità luminosa** si definisce matematicamente come il rapporto fra il flusso emesso entro un cono di apertura infinitesimale e l'angolo solido del cono stesso (vedere la figura a lato).

L'utilità pratica dell'intensità luminosa è insita nelle sue relazioni matematiche con l'illuminamento prodotto nel punto del piano investito dal raggio di intensità I .

Per utilizzare l'intensità luminosa per i calcoli di illuminamento, è necessario conoscere l'intensità luminosa della sorgente nelle varie direzioni (curva fotometrica).

Fig. 3.4 - Definizione di intensità luminosa (Osram).

3.2 Caratteristiche generali delle lampade, scelta e manutenzione

Fra i componenti più importanti di un impianto di illuminazione vi sono le lampade. La loro scelta influenza molti aspetti della progettazione illuminotecnica, da quelli estetici a quelli economici.

Il problema di una illuminazione confortevole va visto sia sotto il profilo tecnico ed economico sia sotto il profilo del comfort umano. Una buona illuminazione ha infatti riflessi psicologici notevoli sullo stato d'animo delle persone nel loro ambiente di vita e di lavoro.

Per dimostrare l'importanza che la luce ha sull'uomo, basti ricordare che circa l'80% di tutte le impressioni sensoriali sono di natura ottica e che queste impressioni necessitano della luce come veicolo di informazione.

L'occhio deve essere nella condizione di ricevere le informazioni dal mondo esterno senza che si produca stanchezza precoce, a tutto vantaggio dell'attività lavorativa e di ogni altra espressione umana.

Le lampade a funzionamento elettrico, nate negli ultimi anni dell'800, costituiscono attualmente le uniche sorgenti di luce artificiale. Le lampade elettriche si classificano in base al principio di funzionamento in due grandi gruppi: quelle a filamento incandescente e quelle a scarica.

Di particolare importanza negli ultimi anni hanno assunto le sorgenti luminose a irradiazione a semiconduttore (LED).

Dal punto di vista dell'impiego si possono distinguere quelle per illuminazione generale da quelle per impieghi particolari, come i veicoli stradali, segnalazione, uso fotografico, ecc.

Dal punto di vista elettrico sono caratterizzate dalla tensione nominale, dalla corrente e dalla tensione di lampada, dalla potenza nominale e dalla potenza complessiva assorbita.

Nei tipi ad incandescenza, in particolare, la tensione, la corrente e la potenza nominale coincidono con i valori pertinenti alla lampada.

Nei tipi a scarica, la tensione di lampada durante il normale funzionamento (60÷100 V) è molto inferiore a quella di alimentazione (220/240 V) che, a regime, cade prevalentemente nelle apparecchiature ausiliarie (reattore); ne consegue che alla potenza nominale della lampada occorre aggiungere quella assorbita da tali apparecchiature. Inoltre, il fattore di potenza ($\cos \varphi$) ha un valore in genere piuttosto basso (0,2÷0,5).

Un aspetto importante da considerare per la scelta della lampada e delle sue apparecchiature di comando e protezione riguarda il transitorio che si ha durante l'accensione che determina picchi di corrente anche di valore elevato.

In particolare, le lampade ad incandescenza hanno una resistenza che aumenta di circa 12 volte quando vengono accese rispetto alla situazione di spento (ovvero alla temperatura ambiente). Di conseguenza, si possono presentare delle sovracorrenti che arrivano a 12 volte il valore della corrente nominale. Anche i modelli a scarica possono presentare correnti transitorie elevate dovute sia al riscaldamento sia alle sovracorrenti causate dalla carica dei condensatori di rifasamento.

Dal punto di vista fotometrico, le lampade sono caratterizzate da quattro parametri fondamentali descritti precedentemente: **flusso luminoso nominale**, **efficienza luminosa**, **temperatura di colore** e, infine, **resa cromatica**.

Vale la pena ricordare che, mentre il flusso luminoso nominale si riferisce ad una lampada nuova e alimentata alla tensione nominale, il flusso è funzione diretta della tensione effettivamente applicata e varia notevolmente al variare della tensione di alimentazione, oltre che all'invecchiamento della lampada.

In generale, l'efficienza luminosa varia da poco più di 10 lm/W per le lampade a filamento ad incandescenza, a oltre 180 lm/W per le lampade a vapori di sodio a bassa pressione, mentre la temperatura di colore varia da 3000 a 6000 K.

La lampada ideale, che con la massima efficienza sia in grado di produrre luce perfettamente equivalente a quella solare, dovrebbe avere una temperatura di colore di 6000 K, una resa cromatica $R_a = 100$ ed un'efficienza di 680 lm/W, situazione che attualmente le lampade non sono ancora in grado di fornire.



Fig. 3.5 - Esempi di illuminazione di interni: a) Reception di un hotel - b) Punto vendita elettronica di consumo - c) Sala riunioni (Philips).

Le lampade si scelgono in funzione delle esigenze di ordine estetico, illuminotecnico e gestionale. In genere i lampadari decorativi utilizzano piccole lampade ad incandescenza, mentre per l'illuminazione di accento (vetrine, banche, bar, ecc.) si preferiscono le lampade alogene. Negli ambienti vasti e in quelli esterni si impiegano quasi esclusivamente lampade a scarica che assicurano una buona efficienza e ridotti costi di manutenzione.

Quando è prevalente nella scelta l'esigenza di risparmio energetico, si preferiscono i tipi ad alta efficienza anche a discapito della resa cromatica; in particolare, vale la pena ricordare che le norme sottolineano l'importanza di non compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione solo per ridurre il consumo energetico.

Come precisato precedentemente, il flusso luminoso emesso dalle lampade subisce significative diminuzioni in funzione delle ore di funzionamento. Tale degrado è dovuto, nelle lampade ad incandescenza all'annerimento del bulbo e in quelle fluorescenti al decadimento dei fosfori, oltre che, per entrambi i tipi, al deposito di polvere.

Le lampade hanno una vita operativa probabile media che dipende, in particolare, dalle ore di funzionamento e dal numero di accensioni; nel caso di poche accensioni giornaliere, la vita probabile può essere valutata in circa 1000 ore per i tipi ad incandescenza e in 8000÷10000 ore per quelle a scarica.

In ambienti adibiti ad attività per le quali l'illuminazione elettrica è indispensabile e dove il ricambio richiede mezzi ingombranti come scale, piattaforme mobili, ecc. non è opportuno aspettare che le singole lampade si brucino per provvedere al singolo ricambio, ma è più economico programmare la sostituzione totale quando la probabilità di vita si riduce entro valori minimi.

Nei cataloghi dei costruttori di lampade sono in genere presenti i valori di vita probabile dei principali tipi di lampade. Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle lampade.

3.3 Lampade ad incandescenza

La lampada ad incandescenza è costituita da uno o più filamenti metallici inseriti all'interno di un bulbo di vetro, nel quale viene praticato il vuoto e immessa una certa quantità di gas inerti.

I fili metallici sono sostenuti da un supporto di vetro che termina su di un attacco a vite o a baionetta.

Il tipo di attacco a vite (sistema Edison) viene classificato come E10/13 (fino a 5 W), E14/20 (fino 60 W), E27/25 (fino 300 W), E40/45 (da 300 W a 3000 W) dove il primo numero rappresenta il diametro esterno del filetto, mentre il secondo indica l'altezza totale dell'attacco.

Il sistema di attacco a baionetta prevede, invece, la lettera B seguita da un numero indicante il diametro dell'attacco; per esempio, B15 e B22, alternativi rispettivamente ai tipi a virola E14 ed E27, sono più sicuri per quanto riguarda il pericolo della scossa elettrica per contatto diretto a lampada non inserita nel portalampada, ma poco usati in Italia negli impianti fissi di illuminazione.

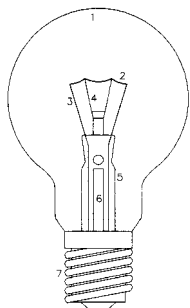
Quando il filo metallico (in genere tungsteno) viene percorso da una corrente elettrica, diventa incandescente e irradia energia sotto forma di radiazioni luminose, infrarosse e, in minima parte, ultraviolette.

Il filo viene spiralizzato per ridurre la lunghezza in modo che possa essere facilmente sostenuto e collocato nell'ampolla di vetro. La spiralatura può essere semplice, doppia o addirittura tripla, in funzione della tensione, della potenza, delle dimensioni e delle prestazioni della lampada.

Vale la pena ricordare che, a parità di potenza P ($P = U^2/R$), il filo deve essere tanto più sottile ($R = \rho l/S$, il valore della resistenza R del filamento di resistività ρ diminuisce con il diminuire della lunghezza l del filo e con l'aumentare del diametro e quindi della sezione S dello stesso) quanto maggiore è la tensione; ciò spiega perché le lampade a bassissima tensione 12 V o 24 V sono più robuste ed hanno una vita operativa più lunga di quelle a 220/240 V.

Più alta è la temperatura del filamento, maggiore è l'energia irradiata nello spettro visibile e maggiore è, quindi, l'efficienza luminosa della lampada. L'efficienza media della lampada ad incandescenza è tra gli 8,8 e i 20 lm/W.

Le lampade ad incandescenza hanno, come si è visto, una bassa efficienza luminosa e sviluppano una notevole quantità di calore: circa il 95% dell'energia elettrica viene trasformata in calore e solo il rimanente 5% in luce.



Legenda:

- 1) bulbo in vetro;
- 2) filamento a spirale in tungsteno;
- 3) conduttori in rame (per lampade sotto vuoto) e in nichel (per lampade riempite con gas inerte);
- 4) sostegni del filamento;
- 5) supporto di vetro;
- 6) supporto in vetro per estrarre l'aria da bulbo e introdurre il gas inerte di riempimento;
- 7) attacco a vite.

Fig. 3.6 - Esempio di lampada ad incandescenza.

Con il passare del tempo, alle alte temperature, il filamento comincia a sublimare e la sua sezione diminuisce sempre di più fino alla rottura. Il bulbo di vetro che racchiude il filamento può essere chiaro, traslucido colorato o può avere la superficie interna ricoperta di silicato bianco per diffondere meglio la luce.

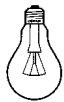
















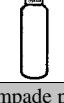









Lampade normali goccia per uso universale, economiche e versatili sia nell'illuminazione civile che in quella industriale. Le lampade smerigliate o silicate internamente riducono l'abbagliamento e attenuano le ombre. Le lampade chiare emettono una luce brillante. Attacco E27, E40.			
	Chiara , con bulbo trasparente.		Perla , smerigliata internamente.
	Silica , biancolatte opalizzata internamente.		Solare , in vetro azzurrato.
Le lampade sferiche vengono usate particolarmente per l'illuminazione decorativa. Per le loro piccole dimensioni, sono utilizzate in numerosi piccoli apparecchi. Attacco E14, E27.			
	Chiara , con bulbo trasparente.		Perla , smerigliata internamente.
	Silica , biancolatte, opalizzata internamente.		Solare , in vetro azzurrato, colorato in pasta.
Le lampade tipo oliva e tortiglione hanno una forma piccola ed elegante ed emettono una luce gradevole. Sono soprattutto adatte per l'illuminazione di interni in lampadari o altri apparecchi a sospensione o per applicazioni a parete. Attacco E14.			
	Chiara , con bulbo trasparente. Silica biancolatte, opalizzata internamente.		Perla , smerigliata internamente.
	Tortiglione chiara , con bulbo trasparente.		Tortiglione perla , smerigliata internamente.
Le lampade a forma di fungo hanno un filamento a doppia spirale che aumenta l'efficienza. Il flusso luminoso è fino al 10% superiore a quello delle lampade a filamento semplice spiralizzato. Forniscono un'adeguata illuminazione negli interni, specialmente in quei casi in cui sono necessarie lampade con una forma elegante, ma di piccole dimensioni come, per esempio, montaggio ad incasso in apparecchi a parete, faretti. Attacco E27.			
	Perla , smerigliata internamente.		Biancolatte , opalizzata internamente. Stesse caratteristiche del tipo a perla, in più hanno una luminanza ridotta che le rende quindi adatte per essere impiegate senza schermatura.
	Silicata internamente, cupola smerigliata internamente. Questo tipo di lampade ha uno strato riflettente con un rendimento superiore grazie alla cupola smerigliata. Questa caratteristica comporta un aumento del 35% dell'intensità luminosa sull'asse della lampada.		
Lampade per impieghi particolari: piccola pera, per frigoriferi, tubolari. Attacco E14, E27.			
	Piccola pera , queste lampade vengono adottate dove, per motivi tecnici, esistono problemi di spazio. Trovano impiego in frigoriferi, congelatori, armadi, ecc.		Tubolari chiara , vengono usate sia nell'uso privato che nell'uso industriale, per esempio in frigoriferi, macchine da cucire e per altri elettrodomestici.
	Tubolari perla , smerigliate internamente.		Tubolari chiara , funzionanti in bassa tensione 24 V.
Lampade per impieghi particolari: per forni, per trazione, luminarie. Attacco E27, E14.			
	Per forni perla . Queste lampade grazie alla saldatura speciale sull'attacco e al mastice speciale di fissaggio del medesimo, sono resistenti al calore fino ad una temperatura massima di 300 °C. Sono state studiate appositamente per l'illuminazione di forni per uso domestico.		Per forni chiara . Tipo piccola pera.
	Lampade tipo Centra , grazie al supporto della spirale rinforzato, sono resistenti agli urti e sono insensibili alle vibrazioni.		Luminarie . Lampade di sicurezza per festoni luminosi alimentate a bassa tensione. Sono disponibili con coloritura trasparente esterna nei colori: rosso, blu, giallo e verde.
Lampade per impieghi particolari: per uso decorativo e di arredamento. Attacco E14, E27.			
	Lampade Dekolux , con cupola speculare argentata o dorata, rispondono alle esigenze di una luce decorativa e direzionale nell'uso privato e professionale, per esempio nelle abitazioni o vetrine.		Lampade Belcolor , per l'illuminazione decorativa, silicate internamente nei colori: rosso, blu, verde, giallo e arancio.
	Lampade Opalina , è una lampada con palloncino opalizzato internamente. Per la luce morbida e l'assenza di abbagliamento è l'ideale per impieghi decorativi ed arredamento.		Lampade Diadem . Nel palloncino chiaro il corpo luminoso a forma di corona diffonde una bellissima luce decorativa, estremamente brillante. Inserite in impianti di illuminazione di ambienti eleganti e di prestigio e nei classici lampadari a cristalli costituiscono un "arricchimento" dell'architettura luminosa.

Fig. 3.7 - Principali forme di lampade ad incandescenza (Osram).


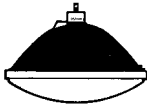
Lampade per impieghi particolari con riflettore incorporato: per uso decorativo e di arredamento. Attacco E14, E27.			
	Lampada Vegalux . Parte superiore argentata, cupola satinata, angolo di apertura di 80°. Al posto della lampada ad incandescenza normale, consente, fornendo la stessa luce nella zona desiderata, un risparmio di energia elettrica di oltre il 50%. Studiata per l'illuminazione di vetrine, rappresenta anche la migliore soluzione per arredamenti moderni che prevedono l'impiego di "faretti" per l'illuminazione localizzata in abitazioni, alberghi, locali commerciali.		Lampada Concentra , con riflettore incorporato. Con la luce direzionale, è possibile illuminare locali in modo vivace e di grande effetto come, per esempio, vetrine, locali di vendita, sale ricevimento, gallerie. Sono disponibili anche nei colori rosso, giallo, verde e blu.
Lampade con riflettore incorporato a fascio stretto (Spot) e a fascio largo (Flood). Queste lampade in vetro pressato con riflettore parabolico incorporato, grazie alla loro lunga durata, alla notevole economicità e alla ottima distribuzione di luce, sono particolarmente adatte per l'illuminazione commerciale, per esempio in vetrine, locali di vendita. Queste lampade hanno una struttura compatta robusta ed hanno una resistenza elevata agli agenti atmosferici. Se montate con portalampade a tenuta stagna possono essere utilizzate per l'illuminazione esterna. Attacco E27, GX 16d (spina americana).			
	Lampade in vetro pressato, con riflettore speculare incorporato e vetro frontale granulato fine (Spot) e granulato grosso (Flood). Sono disponibili anche nei colori rosso, giallo, verde e blu.		Lampade in vetro pressato, con riflettore speculare incorporato a fascio stretto (Narrow-Spot), a fascio medio (Medium-Flood) e a fascio largo (Wide-Flood). I fasci luminosi non sono a sezione circolare, ma a sezione ellittica.

Fig. 3.8 - Principali forme di lampade ad incandescenza (Osram).

Per cercare di limitare il deperimento della lampada ad incandescenza, si è intervenuto sulla struttura del metallo costituente il filamento e sull'atmosfera interna al bulbo.

Per questo motivo si è scelto il tungsteno che ha una temperatura di fusione di 3640 K, consente di ottenere una maggiore efficienza rispetto ad altri metalli ed ha una modesta velocità di sublimazione.

Si è cercato, inoltre, di aumentare l'efficienza costruendo filamenti con una doppia spirale in modo di avere una minore superficie di scambio con il gas contenuto nel bulbo.

Per aumentare la durata delle lampade, dopo aver creato il vuoto, il bulbo di vetro viene riempito di gas inerti (cripton, azoto e, in particolare, argon) che riducono ulteriormente il tempo di sublimazione del filamento.

Le lampade ad incandescenza vengono costruite in numerose forme (a sfera, a goccia, a candela, a tortiglione, ecc.) e ad emissione direzionale più o meno accentuata (con calotte più o meno riflettenti); queste lampade vengono costruite anche per usi speciali come, per esempio, per usi automobilistici, per la fotografia, a raggi infrarossi.

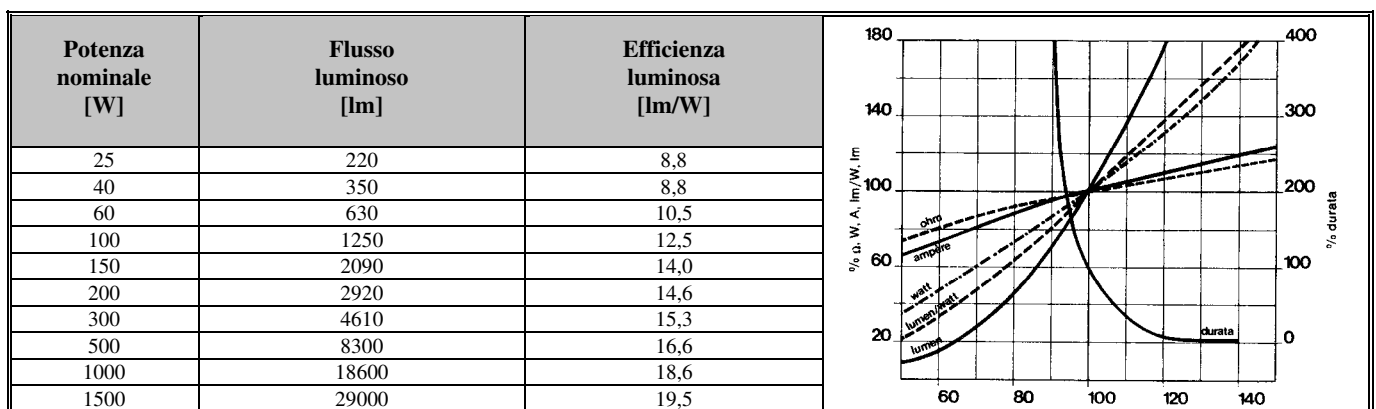
L'alimentazione viene in genere fatta in corrente alternata, alla tensione nominale di 220/240 V, e non richiede l'uso di apparecchiature ausiliarie come reattori, starter, ecc.; hanno, inoltre, un fattore di potenza praticamente uguale a 1.

Possono essere accese e spente senza alcuna limitazione e forniscono istantaneamente il flusso luminoso nominale; se spente, si riaccendono immediatamente.

Il flusso luminoso da esse emesso può, in generale, essere graduato in modo semplice per mezzo di appositi variatori elettronici.

Possono funzionare correttamente in qualunque posizione di installazione anche a temperature molto basse. Nel caso, però, in cui vi sia la possibilità di contatto con la pioggia o con la neve, è necessario preferire lampade in vetro duro a quelle la cui ampolla è di vetro normale.

Vale la pena ricordare, nella scelta delle apparecchiature di comando e di protezione, che la resistenza del filamento a freddo ha un valore compreso tra 1/10 e 1/20 rispetto a quello della resistenza del filamento a caldo, per cui all'accensione delle lampade la corrente può assumere valori notevolmente elevati.



Tab. 3.3 - Caratteristiche principali delle lampade ad incandescenza con bulbo con gas inerte. Il grafico rappresenta gli effetti della variazione percentuale della tensione di alimentazione (sull'asse x, da 50% al 150% della tensione nominale) sulle caratteristiche di funzionamento delle lampade ad incandescenza (Osram).

Una diminuzione della tensione di alimentazione può ridurre l'efficienza e il flusso luminoso emesso.

Per esempio, una diminuzione del 5% della tensione, mentre comporta una riduzione del 20% circa del flusso emesso, si traduce in un raddoppio della durata di vita della lampada la cui luce diviene, però, più rossastra; viceversa, un aumento della tensione riduce la vita media della lampada (da 1000 a 1500 ore circa).

Se si aumenta la tensione di alimentazione del 5%, aumenta del 20% la quantità di luce emessa, ma la vita media si riduce di circa il 30%. Con sovratensioni del 30% si ha praticamente la distruzione quasi immediata.

La temperatura di colore varia tra 2700 e 3000 K, mentre il valore dell'indice $R_a = 100$ indica che questo tipo di lampada riproduce fedelmente i colori degli oggetti illuminati, con una leggera accentuazione delle tonalità rosse e gialle e un leggero indebolimento di quelle verdi e azzurre.

Di seguito viene riportata la classificazione degli attacchi e dei rispettivi portalampade, secondo la norma CEI-UNEL 61671 corrispondente alla norma internazionale IEC 61.

Tale codice è basato su una o più lettere maiuscole seguite da un numero. Il codice di designazione consente di identificare in modo conciso l'attacco e il relativo portalampada e può essere costituito fino a sette indicatori.

Il **primo** indicatore utilizza lettere maiuscole, in alcuni casi seguito da una lettera minuscola, e specifica il tipo di costruzione, come mostrato nella tab. 3.4.

Tipo	Descrizione	Tipo	Descrizione
B	a baionetta	K	a connessione con cavi flessibili
BA	a baionetta per lampade per auto	P	prefocus
BM	a baionetta per lampade	R	a contatti incassati
E	a vite Edison	S	cilindrico
F	con un solo spinotto di contatto:	SV	cilindrico, senza pioli, con un'estremità conica
Fa	cilindrico	T	per lampade telefoniche
Fb	cilindrico ma profilato	W	stampato
Fc	di forma speciale o con una parte a risalto	X	speciale
G	con due o più spinotti di contatto		

Tab. 3.4 - Indicatore per attacchi che specificano il tipo di costruzione (norme CEI UNEL 61671).

Il **secondo** indicatore, costituito da un numero che segue le lettere, indica il valore approssimativo in millimetri della dimensione principale dell'attacco.

In particolare hanno il significato, a seconda del primo indicatore, riportato nella tab. 3.5.

Tipo	Descrizione	Tipo	Descrizione
B	Diametro della calotta	P	Diametro o altro per centratura laterale
BA	Diametro della calotta	R	Massima dimensione laterale corpo isolante
BM	Diametro della calotta	S	Diametro della calotta o dimensione parte essenziale per fissaggio
E	Diametro esterno della filettatura	SV	Diametro della calotta o dimensione parte essenziale per fissaggio
F	Diametro dello spinotto	T	Lunghezza esterna fra piastre di contatto
G	Disposizione degli spinotti	W	Somma spessore del conduttore e nucleo
K	Diametro della calotta	X	Numero di serie

Tab. 3.5 - Indicatori del valore approssimativo della dimensione principale dell'attacco.

Il **terzo** indicatore, composto dalle lettere maiuscole X, Y e Z che vengono aggiunte alle precedenti, sta ad indicare attacchi non intercambiabili per diversità dimensionali (per esempio, RX7s).

Il **quarto** indicatore prevede lettere minuscole (s = 1, d = 2, t = 3, q = 4), le quali aggiungono indicazioni complementari sul numero dei contatti di connessioni flessibili (per esempio, R7s).

Il **quinto** indicatore prevede un numero, una lettera o eventualmente una loro combinazione preceduta da un trattino; fornisce ulteriori indicazioni per quanto riguarda l'intercambiabilità degli spinotti, pioli e scanalature; generalmente, indica un cambio di disposizione, ma non di dimensioni (per esempio, G24 d-1, G24 d-2, G24 d-3).

Il **sesto** indicatore, composto da un numero e preceduto da una barra, fornisce approssimativamente la lunghezza in millimetri dell'attacco (per esempio, E27/25, E27/27).

Il **settimo** indicatore caratterizzato da un numero preceduto dal segno x, fornisce il valore approssimativo espresso in millimetri del diametro dell'estremità aperta della calotta verso il bulbo (per esempio, E14/23 x 15).

Per quanto riguarda le normative di riferimento per questo tipo di lampade vale la pena ricordare: CEI EN 60061-1 Attacchi per lampade, portalampade e calibri per il controllo dell'intercambiabilità e della sicurezza. Parte 1: Attacchi per lampade (CEI 34-65) e la norma CEI EN 60064 Lampade a incandescenza per illuminazione domestica e similare. Prescrizioni di prestazione (CEI 34-14).

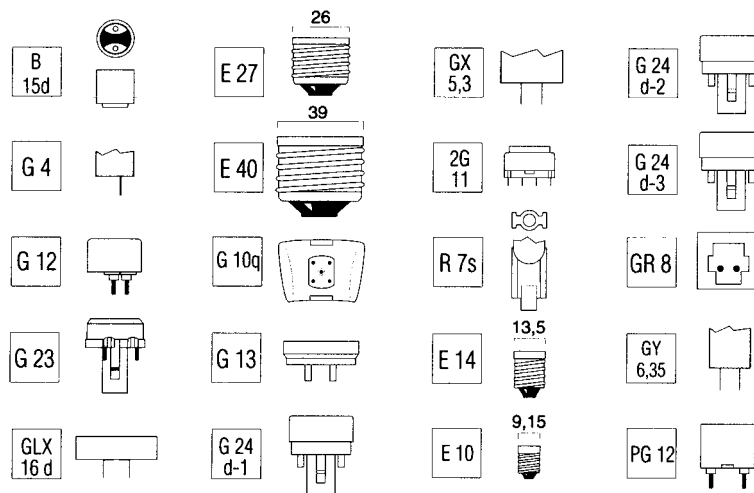


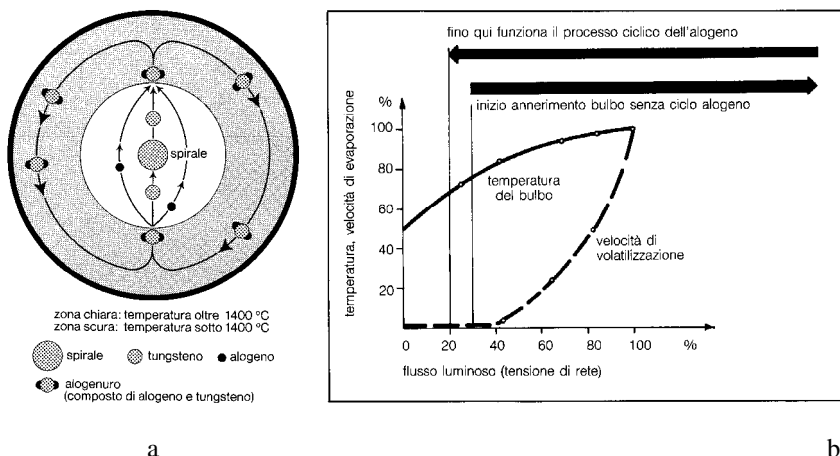
Fig. 3.9 - Esempi di attacchi per lampade (Targetti).

3.4 Lampade ad incandescenza a ciclo di alogeni

Le cause principali cui deve essere imputata la modesta entità dei valori dell'efficienza e della durata di vita delle lampade ad incandescenza tradizionali sono, come si è visto precedentemente, la rapida evaporazione del tungsteno ed il conseguente progressivo annerimento della parete interna dell'ampolla. Proprio allo scopo di contrastare in maniera efficace tali effetti dovuti all'evaporazione del filamento, le case costruttrici di lampade dapprima hanno studiato e, infine, commercializzato a partire dal 1959 le prime lampade alogene.

Tale processo che, in relazione alle elevate temperature in gioco, presuppone l'impiego di bulbi di quarzo e si basa sull'introduzione all'interno di essi di una piccola quantità di alogeno (generalmente iodio o bromo), si articola nelle seguenti fasi.

- I vapori di tungsteno che si formano per effetto della sublimazione del filamento portato all'incandescenza si spostano verso la parete interna del bulbo la cui temperatura è di circa $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. A tale temperatura i vapori di tungsteno reagiscono chimicamente con l'alogeno presente all'interno della lampada, dando luogo alla formazione di un alogenuro di tungsteno.
- I vapori di alogenuro di tungsteno che si vengono così a formare tendono a spostarsi verso il filamento. La temperatura assai elevata di quest'ultimo (circa $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$) vale ad innescare la reazione inversa a quella indicata al punto a) e si ha, di conseguenza, la dissociazione dell'alogenuro di tungsteno in alogeno e tungsteno metallico.
- Il tungsteno così formatosi si deposita (in pratica solo parzialmente) sul filamento e tende a ricostruirne l'integrità, mentre la liberazione dell'alogeno assicura la continuazione del ciclo.



In tutte le lampade alogene il flusso luminoso emesso è regolabile a piacere per mezzo di un variatore elettronico di luminosità (dimmer).

Il diagramma, posto a fianco, illustra la variazione della temperatura del bulbo della lampada e della velocità di volatilizzazione del tungsteno del filamento regolando la tensione di alimentazione, e quindi il flusso luminoso, con un dimmer.

Si può osservare che è possibile una regolazione completa senza alcun problema per la lampada, in quanto quando la temperatura è così bassa da non permettere lo svolgimento del ciclo dell'alogeno, non vi è nemmeno volatilizzazione di particelle di tungsteno dal filamento.

Vale la pena notare che il dosaggio dell'alogeno è calibrato per un funzionamento della lampada alla tensione nominale, ovvero la vita della lampada non si allunga anche se essa funziona alimentata ad una tensione inferiore al $90\pm 95\%$ di quella nominale.

Fig. 3.10 - Lampade ad incandescenza alogene: a) In questo tipo di lampade il tungsteno volatilizzato si combina con l'alogeno quando la temperatura è inferiore a $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ e si separa di nuovo in prossimità della spirale - b) Diagramma di funzionamento delle lampade alogene comandate da un variatore elettronico di luminosità (dimmer) (Osram).

Rispetto alle lampade ad incandescenza di tipo tradizionale, quelle a ciclo di alogeno presentano, grazie al processo di rigenerazione del filamento, i seguenti notevoli vantaggi di carattere generale.

- 1) Sono caratterizzate da un'efficienza e da una durata di vita circa doppie.
- 2) Il decadimento del flusso luminoso in funzione delle ore di vita praticamente trascurabile per cui non presentano annerimento del bulbo.
- 3) In relazione al fatto che nelle lampade alogene il filamento raggiunge una temperatura maggiore, in esse la luce emessa è più **bianca** rispetto a quella emessa dalle lampade tradizionali; infatti, mentre la temperatura di colore della luce emessa da queste ultime è compresa tra 2500 e 2800 K, quella della luce emessa dalle lampade alogene è di 3000 K (per alcuni tipi addirittura è di 3200 K). L'indice R_a è pari a 100.
- 4) Hanno dimensioni molto ridotte per cui si prestano per la realizzazione di impianti con una linea particolarmente gradevole.

Alcuni tipi di lampade a ciclo di alogeno possono emettere una quantità di radiazioni ultraviolette (UV) maggiore rispetto a quella di cui si deve tener conto nel caso delle lampade ad incandescenza di tipo tradizionale.

Ciò è dovuto al fatto che nelle lampade a ciclo di alogeno la temperatura del filamento raggiunge valori più elevati. Di conseguenza, la luce emessa dal filamento, oltre a divenire a mano a mano più bianca (cioè caratterizzata da una temperatura di colore più elevata), tende ad arricchirsi di radiazioni comprese nel campo dell'ultravioletto.

Ciò perché la lunghezza d'onda delle radiazioni emesse da un corpo incandescente tende a diminuire con l'aumentare della temperatura del corpo stesso.

Inoltre, nelle lampade alogene il bulbo che racchiude il filamento è fabbricato, proprio in relazione al maggiore valore delle temperature in gioco, anziché in vetro normale, in quarzo, materiale caratterizzato da un coefficiente di trasmissione per l'ultravioletto molto maggiore.

Di questo occorre tenere presente evitando di toccare la lampada con le dita nude, poiché i depositi di grasso lasciati dalle dita possono provocare una vetrificazione del quarzo dovuto all'alta temperatura raggiunta e causare la fine prematura della lampada.

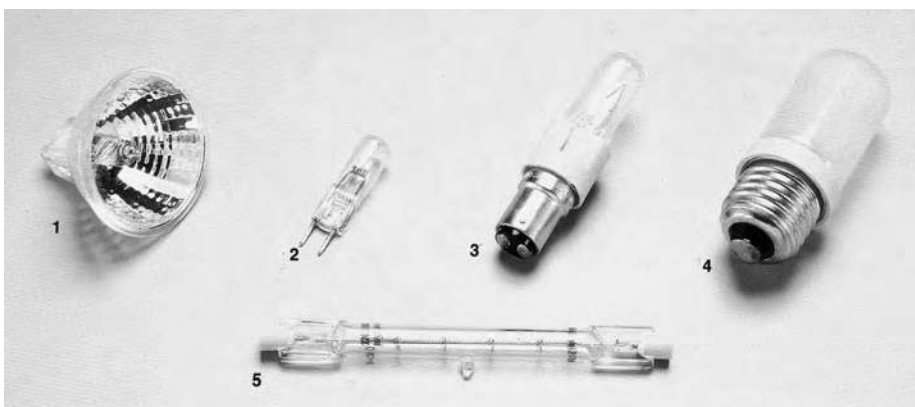
In relazione a quanto detto sopra, nell'impiego di queste lampade è opportuno attenersi ai seguenti criteri.

In primo luogo scegliere per quanto possibile i tipi caratterizzati da un'emissione praticamente nulla dei raggi ultravioletti (UV FILTER); in caso contrario, montarle in apparecchi protetti anteriormente da un adatto vetro di protezione. Tale cautela è tanto più opportuna quanto più sono rilevanti il numero e la potenza unitaria delle lampade alogene installate, quanto più prolungata è la permanenza prevista delle persone nei locali illuminati con tali lampade e, infine, quanto minore è la distanza tra esse e le persone.

Queste lampade possono essere munite di un singolo o doppio attacco, a seconda che l'alimentazione venga fornita attraverso uno solo od entrambi gli estremi del bulbo; hanno la caratteristica di essere facilmente comandate dai variatori di luminosità elettronici, che consentono una regolazione continua dell'intensità luminosa.

Le lampade alogene vengono in genere alimentate a 220/230 V o a bassissima tensione (in genere 12 V, ma sono disponibili modelli anche a 6 V e 24 V).

Per la qualità della luce emessa vengono utilizzate, inoltre, per le riprese fotografiche, cinematografiche e televisive, a bordo degli autoveicoli e per illuminare monumenti e aree all'aperto in cui si vuole privilegiare il risultato cromatico.



Legenda:

- 1) Tipo a bassissima tensione con riflettore dicroico, con attacco GU5
- 2) Tipo capsula a bassissima tensione senza riflettore, con filamento trasversale, con attacco GY6,35
- 3) Tipo a tensione di rete con attacco a baionetta B15d.
- 4) Tipo a tensione di rete a doppio involucro con attacco E27.
- 5) Tipo a tensione di rete con due attacchi laterali tipo R7s.

Fig. 3.11 - Esempi di lampade alogene.

Installazione delle lampade alogene. Le lampade alogene richiedono un tempo per raggiungere le condizioni di regime di circa 200 ms; in questo intervallo di tempo, la corrente decresce da circa 15 volte il valore nominale fino a raggiungere appunto tale valore. Di ciò occorre tenere conto nel caso in cui debbano essere inserite in circuiti in cui siano presenti dispositivi a semiconduttore e nella scelta degli interruttori e dei fusibili.

I cavi che alimentano i circuiti in cui sono inserite lampade alogene a bassa tensione devono essere di tipo adatto a sopportare temperature elevate (per esempio, negli apparecchi illuminanti).

In relazione al fatto che le dimensioni delle lampade alogene sono notevolmente ridotte e che, quindi, il bulbo può raggiungere temperature molto elevate, è necessario adottare opportune protezioni negli apparecchi illuminanti, in modo da evitare che, in caso di rottura del bulbo, le schegge possano creare danni alle persone.

Durante l'installazione occorre evitare di toccare con le mani nude il bulbo di quarzo affinché questi non si danneggino. Qualora ciò dovesse capitare, è opportuno pulirlo con alcool prima di accendere la lampada.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali delle più diffuse lampade alogene.

Lampade lineari a doppio attacco, a tensione di rete (fig. 3.12-5). Sono disponibili nelle potenze di 60, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000 W alla tensione di 230 V.

L'efficienza luminosa varia da 13,5 lm/W per le lampade da 60 W a 24,2 lm/W per quelle da 2000 W. La luce emessa ha una tonalità corrispondente alla temperatura di colore di 2900÷3000 K. La durata di vita media è di 2000 ore salvo che per le lampade da 60 W per le quali la durata è di 1500 ore. Sono munite generalmente di attacchi tipo R7s. Eccetto le lampade da 750, 1000, 1500 e 2000 W che devono funzionare in posizione orizzontale o con uno scarto massimo di $\pm 4^\circ$, tutte le altre possono funzionare in qualsiasi posizione.

All'interno sono particolarmente adatte per l'illuminazione di abitazioni, negozi, chiese, musei, ecc.

Da notare che questo tipo di lampada a doppio attacco deve essere installato, per i motivi detti precedentemente, in apparecchi muniti di vetro frontale di protezione.

Potenza nominale [W]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
50	850	17,0
100	2000	20,0
150	2500	16,7
250	4200	16,8
500	9500	19,0
1000	22000	22,0
1500	33000	22,0
2000	44000	22,0

Tab. 3.6 - Caratteristiche principali delle lampade alogene per impieghi generali con durata media di 2000 ore (Osram).

Lampade a doppio involucro a tensione di rete (fig. 3.12-4/3). In questo caso l'involucro esterno, in vetro duro, assorbe le radiazioni ultraviolette per cui queste lampade possono essere installate anche in apparecchi non muniti di vetro anteriore di protezione. Previste per essere alimentate a 230 V sono disponibili tipi nelle versioni chiara od opalizzata per potenze di 40 W (attacco E14), 60 W (attacco E14 o E27), 100 o 150 W (attacco E27).

La luce emessa ha una tonalità corrispondente alla temperatura di colore di 2900 K. L'efficienza luminosa varia da 12,5 lm/W per le lampade da 40 W a 16,3 lm/W per quelle da 150 W. La loro durata di vita media è di 2000 ore.

Sono disponibili anche modelli (50 W-230 V, attacco E27, temperatura di colore 2900 K, durata media di 2000 ore) a doppio involucro in cui è integrato un riflettore, caratterizzati da un angolo di apertura del fascio luminoso di 10° e 30° e da un'intensità luminosa massima, rispettivamente, di 4300 cd e 1300 cd.

In generale, le lampade alogene a doppio involucro per tensione di rete con attacco a vite E27 offrono il grande vantaggio di potere essere immediatamente sostituite alle lampade ad incandescenza tradizionali di pari potenza. Possono funzionare in qualsiasi posizione.

Sono particolarmente adatte in abitazioni, alberghi, ristoranti, negozi, ecc.

Capsule a bassissima tensione senza riflettore (fig. 3.12-2). Queste lampade sono disponibili nelle potenze di: 20, 35, 50, 75 e 100 W e sono disponibili nelle versioni con filamento assiale o trasversale.

Il filamento di tutte le lampade ad alogeni a bassissima tensione è più compatto di quello delle comuni lampade ad incandescenza, e ciò assicura una maggiore resistenza alle sollecitazioni meccaniche (vibrazioni).

La scelta tra lampade con filamento assiale e lampade con filamento trasversale deve essere fatta tenendo conto che, se l'asse del filamento della lampada coincide con quello del riflettore, si ha un rendimento complessivo migliore. L'efficienza luminosa è di 25 lm/W per le lampade da 100 W a 12 V con filamento trasversale e di 17 lm/W per quelle da 20 W a 12 V con filamento trasversale. La durata media varia da 2000 a 3000 ore a seconda del modello. Gli attacchi di queste lampade a bassissima tensione sono di due tipi: G4 per i modelli di piccola potenza oppure GY6,35 per le potenze più elevate.

Per il funzionamento è necessario fare uso di appositi trasformatori o regolatori elettronici di dimensioni ridotte, consentendo la costruzione di apparecchi illuminanti compatti, versatili, con numerose possibilità di impiego sia dal punto di vista estetico che funzionale; in alcuni casi, è anche possibile la regolazione del flusso luminoso.

Esistono tipi tradizionali che emettono una certa quantità di radiazioni ultraviolette e devono essere utilizzate con le opportune cautele indicate precedentemente, sono disponibili però dei tipi che sono realizzati con capsule che non lasciano passare all'esterno i raggi ultravioletti. Tali tipi trovano la loro naturale applicazione negli apparecchi di illuminazione da tavolo non muniti di vetro anteriore di protezione. Da notare che se in questi casi si utilizzassero capsule tradizionali, l'esposizione ai raggi ultravioletti potrebbe, in certe circostanze, divenire di entità rilevante, soprattutto in relazione alla distanza molto limitata tra la sorgente di luce e la persona.

Lampade a bassissima tensione con riflettore incorporato (fig. 3.12-1). Queste lampade, in relazione alla perfetta prefocalizzazione del bulbo alogeno in quarzo all'interno del riflettore, emettono un fascio luminoso con ottime caratteristiche dal punto di vista illuminotecnico.

Anche in questo tipo di lampade il filamento è più compatto di quello delle comuni lampade ad incandescenza, e ciò assicura una maggiore resistenza alle sollecitazioni meccaniche (vibrazioni).

L'impiego delle lampade a 6, 12, 24 V con riflettore incorporato si va sempre più diffondendo grazie, in particolare, all'ottima qualità della luce emessa ed alle loro ridottissime dimensioni che consentono l'adozione di apparecchi molto compatti ed adatti ad un'ottima integrazione ambientale. Altro vantaggio è che esse sono disponibili in numerose versioni, così da prestarsi alla soluzione dei problemi più diversificati.

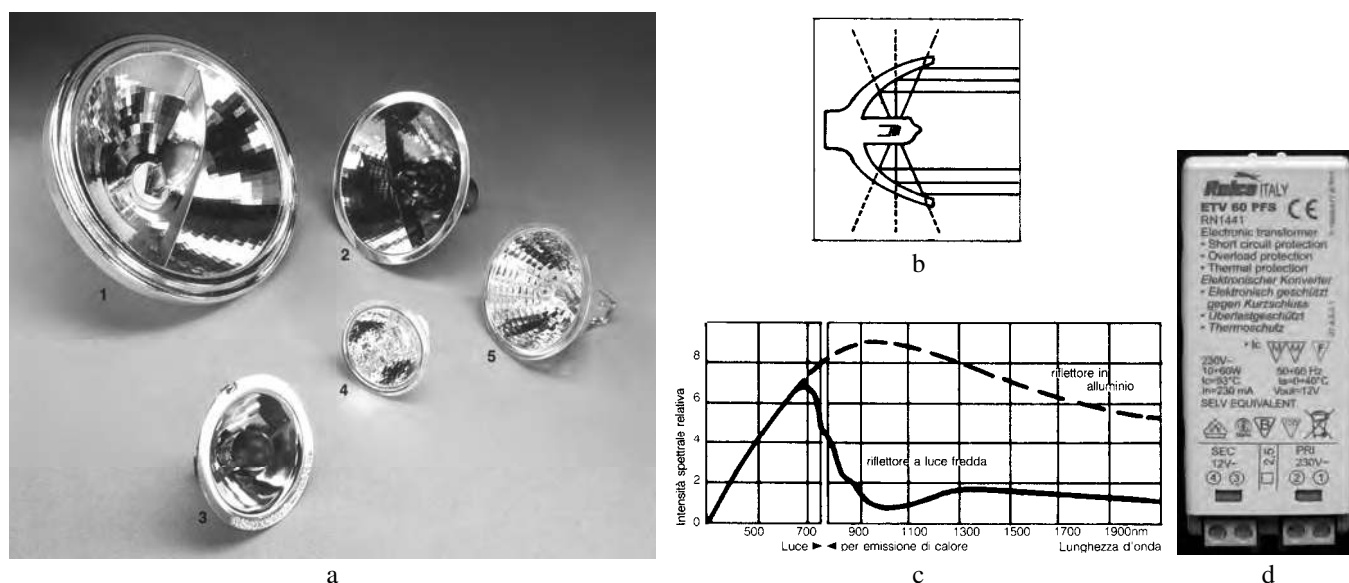


Fig. 3.12 - a) Lampade alogene a bassissima tensione con riflettore incorporato colore argento, oro e a specchio freddo (dicroico): 1) Super spot, 2) Maxi Spot, 3) Mini Spot, 4) KLR35, 5) KLR51 - **b)** Funzionamento del riflettore a luce fredda (riflettore dicroico), il calore viene disperso nella parte posteriore del riflettore - **c)** Rispetto ad una comune lampada con riflettore (per esempio, in alluminio), le radiazioni infrarosse dirette sull'oggetto illuminato risultano notevolmente ridotte (Osram) - **d)** Trasformatore elettronico per lampade alogene a bassissima tensione, dotato delle seguenti protezioni: contro i cortocircuiti e i sovraccarichi elettrici nonché contro le sovratemperature ambientali. Primario: $U_{in} = 230 \text{ V AC}$, $I_{in} = 0,23 \text{ A}$, $50 \pm 60 \text{ Hz}$ e secondario $U_{out} = 12 \text{ V AC}$, $P = 10 \pm 60 \text{ W}$, temperatura ambiente $t_a = 0 \pm 40 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura massima rilevabile sulla custodia nel punto $t_c = 93 \text{ }^\circ\text{C}$, equivalente ad un'alimentazione in bassissima tensione di sicurezza SELV (Relco).

In particolare tra le differenti versioni disponibili sono innanzitutto da scegliere quelle dotate di vetro anteriore di protezione, in relazione all'assenza di emissione di raggi UV di cui esse sono caratterizzate.

Altra diversificazione è quella relativa al tipo di riflettore.

Queste lampade possono avere un riflettore argento od oro e possono essere impiegate ovunque, sia per un'illuminazione diffusa, sia per l'illuminazione d'accento, anche in ambienti già luminosi. Il pregio particolare di questi tipi di lampade è quello di creare, per mezzo di effetti di luce, un'atmosfera speciale.

Il riflettore argento fornisce una nota brillante, chiara e vivace; quello color oro crea, invece, un ambiente particolarmente caldo e confortevole.

Tutte le lampade sono provviste di un'impugnatura schermante per evitare che la luce diretta provochi effetti di abbagliamento e per rendere più facile e veloce il ricambio della lampada anche su apparecchi di piccole dimensioni. La finitura sfaccettata del riflettore crea interessanti effetti di frazionamento della luce e valorizza esteticamente l'apparecchio su cui è montato.

In questo tipo di lampade, la maggior parte della radiazione termica viene assorbita dal riflettore (rivestimento dicroico) e viene dispersa verso la parte posteriore del riflettore stesso. In questo modo, l'irradiazione del calore viene ridotta fino al 70%. Solo il restante 30% raggiunge l'oggetto illuminato, ed è per questo motivo che vengono

definite a luce fredda, come mostrato nella fig. 3.12c. Queste lampade sono perciò ideali ovunque sia necessario illuminare oggetti sensibili al calore come, per esempio, nel caso di vetrine ed esposizioni.

Il diametro del riflettore varia, a seconda dei tipi, da 35 a 111 mm. Molto ampia è la possibilità di scelta della potenza delle lampade da 10 a 100 W. Per quanto riguarda l'angolo di apertura si passa, attraverso una vasta gamma di valori, da un'apertura minima di 3° ad una massima di 60°.

Viene così offerta all'illuminotecnico la possibilità di un ampio campo di scelta per quanto attiene al tipo di fascio luminoso più adatto in relazione agli effetti desiderati. I valori della temperatura di colore della luce emessa e della durata media sono, a seconda dei tipi, 3000 o 3200 K e tra le 2000 e 4000 ore a seconda dei modelli.

Il collegamento alla rete elettrica viene effettuato per mezzo di uno o più trasformatori (generalmente elettronici) che possono consentire anche la regolazione del flusso luminoso.

Per quanto riguarda la normativa di riferimento per questo tipo di lampade, vale la pena ricordare: CEI EN 60357 Lampade ad alogeni (veicoli esclusi) (CEI 34-40).

Inconvenienti	Cause e rimedi
Luce rossastra	Tensione di alimentazione troppo bassa, verificare la tensione di rete
Luce troppo intensa, breve durata	Tensione di alimentazione troppo alta, verificare la tensione di rete
Breve durata, rottura del filamento	La lampada è soggetta a delle vibrazioni, montare l'apparecchio illuminante su supporti anti vibranti
Breve durata, bulbo annerito	La lampada funziona a temperatura troppo elevata, verificare le condizioni di ventilazione della lampada
Sensibile diminuzione del flusso luminoso	Sostituire la lampada, in quanto ha ormai raggiunto il suo limite di esercizio.

Tab. 3.7 - Principali anomalie delle lampade ad incandescenza normali e alogene.

3.5 Lampade a scarica di gas

Le lampade a scarica di gas hanno una crescente diffusione a causa dell'elevata efficienza luminosa e della lunga durata. La luce emessa non è prodotta, come nei casi precedenti, per riscaldamento di un filamento, ma dall'eccitazione di un gas racchiuso in un tubo di scarica che può contenere uno o più gas rari e una piccola quantità di un determinato metallo.

Per innescare la scarica è necessaria una tensione minima, detta tensione di innesco; quindi, si instaura un flusso di elettroni e di ioni tra i due elettrodi e le particelle entrano in collisione con gli atomi del gas, causandone la ionizzazione. Nasce così l'arco elettrico che provoca l'emissione di radiazioni elettromagnetiche di varia lunghezza d'onda. Questo tipo di lampada necessita, rispetto alle precedenti, di alcune apparecchiature accessorie, indispensabili per innescare la scarica e mantenerla a regime.

Le lampade a scarica maggiormente utilizzate sono:

- lampade tubolari fluorescenti;
- lampade fluorescenti compatte;
- lampade a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente;
- lampade a vapori di mercurio a luce miscelata;
- lampade a vapori di sodio a bassa pressione;
- lampade a vapori di sodio ad alta pressione;
- lampade ad alogenuri metallici.

Le lampade fluorescenti e compatte sono caratterizzate da una luce policroma ottenuta mediante polveri fluorescenti, depositate direttamente all'interno del tubo che produce le radiazioni.

Gli altri tipi (vapori di mercurio e sodio) possono assumere forme diverse, ma sono generalmente compatte con un'emissione radiale che si presta all'utilizzazione di riflettori simmetrici o asimmetrici, idonei all'impiego in ambienti interni vasti come capannoni industriali, padiglioni fieristici, piscine oppure per l'illuminazione stradale.

Sotto l'aspetto delle prestazioni fotometriche, le lampade a vapori di mercurio e sodio sono caratterizzate da un'efficienza luminosa molto alta e da luminanza notevolmente superiore a quella delle lampade tubolari fluorescenti. Dal punto di vista della qualità della luce, la resa cromatica è in genere inferiore a quella delle migliori lampade fluorescenti.

Per quanto riguarda le normative di riferimento per questi tipi di lampade vale la pena ricordare:

- CEI EN 60081 Lampade fluorescenti tubolari per illuminazione generale (CEI 34-3);
- CEI EN 60155 Starter a bagliore per lampade fluorescenti (CEI 34-5);
- CEI EN 60928 Ausiliari per lampade. Alimentatori elettronici alimentati in corrente alternata per lampade fluorescenti tubolari. Prescrizioni generali e di sicurezza (CEI 34-54);
- CEI EN 60188 Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione (CEI 34-6);
- CEI EN 60192 Lampade a vapori di sodio a bassa pressione (CEI 34-15).

3.6 Lampade fluorescenti tubolari

Le lampade fluorescenti tubolari sono largamente le più diffuse negli impianti di illuminazione interni del settore commerciale, artigianale e terziario perché all'elevata efficienza luminosa uniscono una bassa luminanza e un'eccellente resa cromatica.

Funzionando a temperatura di poco superiore a quella ambientale, non creano problemi termici nella costruzione degli apparecchi di illuminazione, consentendo un largo impiego di resine termoplastiche.

La necessità di alimentatori e dispositivi di accensione e le grandi dimensioni hanno costituito il principale impedimento alla diffusione nel settore abitativo e nell'illuminazione decorativa; questo inconveniente è stato recentemente superato con l'impiego di alimentatori elettronici e con lo sviluppo di tecniche che hanno consentito la piegatura dei tubi per formare sorgenti luminose di tipo compatto.

Principio di funzionamento. Le lampade fluorescenti tubolari lineari sono costituite, come mostrato nella fig. 3.13, da un tubo di vetro che contiene vapore di mercurio a bassa pressione e una piccola quantità di gas rari (argon o neon) ed è internamente rivestito da uno strato di speciali polveri fluorescenti.

In corrispondenza di ciascuna delle due estremità del tubo si trova un elettrodo ricoperto da speciali sostanze atte ad emettere, in determinate condizioni, una notevole quantità di elettroni necessaria per l'innesco della scarica.

Applicando alle due estremità del tubo una tensione, una parte degli atomi di mercurio si scinde: in particelle caricate negativamente (elettroni) che si spostano verso l'elettrodo positivo (anodo) e in particelle caricate positivamente (ioni) che si spostano verso l'elettrodo negativo (catodo).

Gli elettroni che si sono formati urtano, nel loro moto, contro gli atomi di mercurio non ancora dissociati liberando altri elettroni che, in parte, si uniscono al flusso diretto verso l'anodo e, in parte, tornano ad associarsi agli atomi da cui erano stati allontanati.

L'energia che tali elettroni cedono nell'atto di ritornare a far parte degli atomi di mercurio da cui erano stati allontanati dà luogo all'emissione di radiazioni ultraviolette invisibili.

Queste radiazioni vanno a colpire lo strato di polveri fluorescenti che, come visto, ricopre la parete interna del tubo. Le polveri fluorescenti, eccitate dalle radiazioni ultraviolette invisibili da cui sono colpite, le trasformano, in radiazioni di lunghezza d'onda maggiore rientranti nel campo del visibile. In condizioni di funzionamento normali il mercurio contenuto nel tubo di scarica si trova sotto forma liquida e di vapore.

Quindi, contrariamente a quanto avviene nelle lampade ad incandescenza, in quelle fluorescenti non si produce direttamente la luce visibile, bensì vengono prodotte radiazioni ultraviolette non visibili che vengono poi convertite per mezzo dei fosfori in luce visibile.

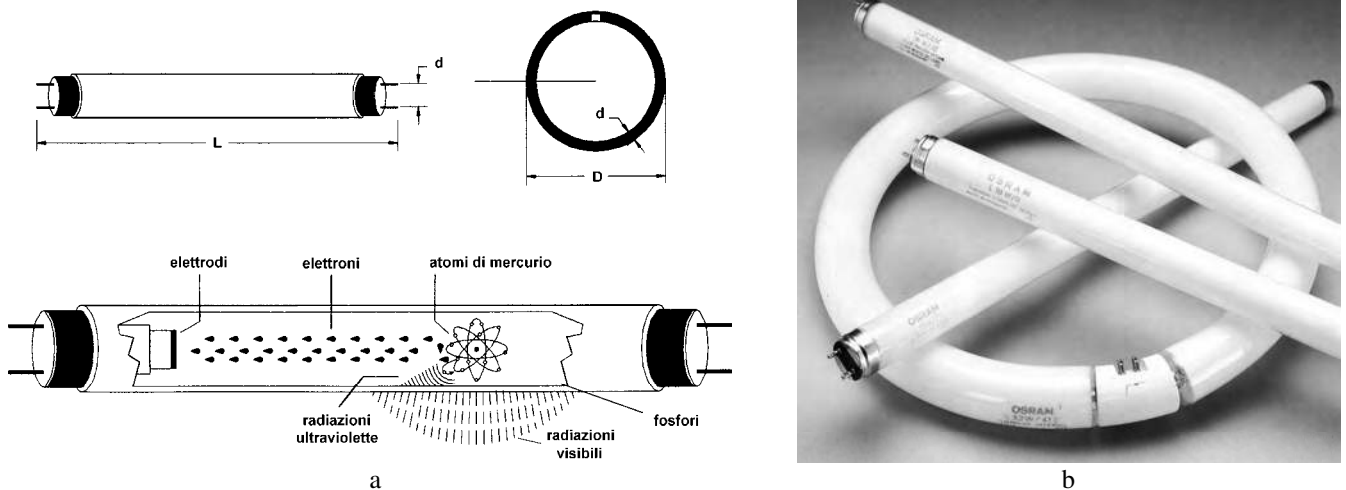


Fig. 3.13 - a) Funzionamento delle lampade fluorescenti tubolari - b) Esempi di lampade fluorescenti tubolari

In tutte le lampade a scarica in gas e, quindi, anche in quelle tubolari fluorescenti, il fenomeno della ionizzazione del gas o del vapore in esse contenuto tende ad aumentare progressivamente.

Se le lampade a scarica venissero collegate direttamente alla rete elettrica di alimentazione (come avviene per le normali lampade ad incandescenza), il flusso degli elettroni in movimento all'interno del tubo diventerebbe subito così elevato da portare alla distruzione istantanea della lampada per cortocircuito.

Per evitare questo inconveniente occorre limitare opportunamente la corrente di scarica interponendo tra la lampada e la rete elettrica di alimentazione un'apparecchiatura denominata reattore.

Parti che costituiscono le lampade fluorescenti lineari. Le principali parti che costituiscono una lampada tubolare fluorescente lineare sono: il tubo, le polveri fluorescenti presenti sulla parete interna del tubo, gli elettrodi di gas di riempimento e gli attacchi.

Il tubo è fatto normalmente di vetro contenente soda e calce e drogato con ossidi di ferro per il controllo della trasmissione delle radiazioni. Il diametro dei tubi e la loro lunghezza sono standardizzati.

I diametri più adottati sono 7 mm, 16 mm, 26 mm e 38 mm. Al diametro di 38 mm da diversi anni viene preferito nella maggior parte dei casi quello da 26 mm, in quanto la radiazione ultravioletta attraversa uno strato meno spesso di vapore di mercurio e di gas di riempimento per cui l'efficienza luminosa risulta aumentata.

Le lunghezze del tubo più adottate sono 600 mm, 1200 mm e 1500 mm.

La composizione delle polveri fluorescenti determina le caratteristiche della luce emessa; da tale composizione dipendono, infatti, la temperatura di colore (e quindi la tonalità) della luce emessa, l'indice di resa cromatica R_a della stessa e, infine, l'efficienza e la durata di vita della lampada.

Per la fabbricazione delle lampade fluorescenti tubolari vengono usati tre tipi di polveri fluorescenti.

Con le polveri fluorescenti di tipo standard hanno luogo emissioni di radiazioni che coprono quasi l'intera banda dello spettro visibile. Le lampade di questo tipo sono caratterizzate da una buona efficienza luminosa (circa 80 lm/W), ma da un indice di resa cromatica piuttosto modesto (compreso tra 63 e 73 R_a a seconda del tipo).

Utilizzando particolari polveri dette trifosforo si possono produrre lampade dotate di un'efficienza luminosa elevata e, allo stesso tempo, emettere luce caratterizzata da un ottimo indice di resa cromatica.

Attualmente sono disponibili lampade che utilizzano polveri fluorescenti di tipo multifosforo che consentono di ottenere un indice di resa cromatica molto elevata, ma hanno un'efficienza inferiore rispetto a quella delle lampade rivestite con polveri del tipo trifosforo.

Gli elettrodi sono costituiti da un filamento di tungsteno avvolto a spirale multipla e ricoperto da sostanze che favoriscono l'emissione degli elettroni come bario, stronzio e calcio.

Nella maggior parte dei casi è necessario, come si vedrà in seguito, preriscaldare o, più semplicemente, riscaldare gli elettrodi; si parla in questo caso di lampade a **catodo caldo**. Vi sono però elettrodi che non vengono per nulla riscaldati, le lampade appartenenti a questa categoria vengono definite a **catodo freddo**.

I gas di riempimento di queste lampade sono generalmente costituiti da una miscela di mercurio e da un gas inerte come l'argon e il krypton.

Gli attacchi nelle lampade a catodo caldo, come è possibile osservare nella fig. 3.13b, sono due, in corrispondenza di ciascuna delle due estremità, ed ognuno è munito di due contatti. Un caso particolare è quello delle lampade circolari che hanno un attacco singolo munito di 4 contatti.

Le lampade a catodo freddo sono munite, a ciascuna delle due estremità, di un attacco con un solo contatto.

Caratteristiche di funzionamento. L'emissione luminosa delle lampade tubolari fluorescenti lineari risulta massima quando la temperatura dell'ambiente in cui esse funzionano è di circa 20 °C.

Ad una temperatura inferiore, l'emissione decresce rapidamente, mentre ad una temperatura superiore l'emissione di flusso luminoso decresce progressivamente, ma in modo meno rapido, come mostrato nella fig. 3.14b.

L'efficienza luminosa di queste lampade è influenzata dal tipo di polvere fluorescente usata per rivestire la parete interna del tubo, dalla temperatura ambiente e, infine, dal valore della frequenza della tensione di alimentazione.

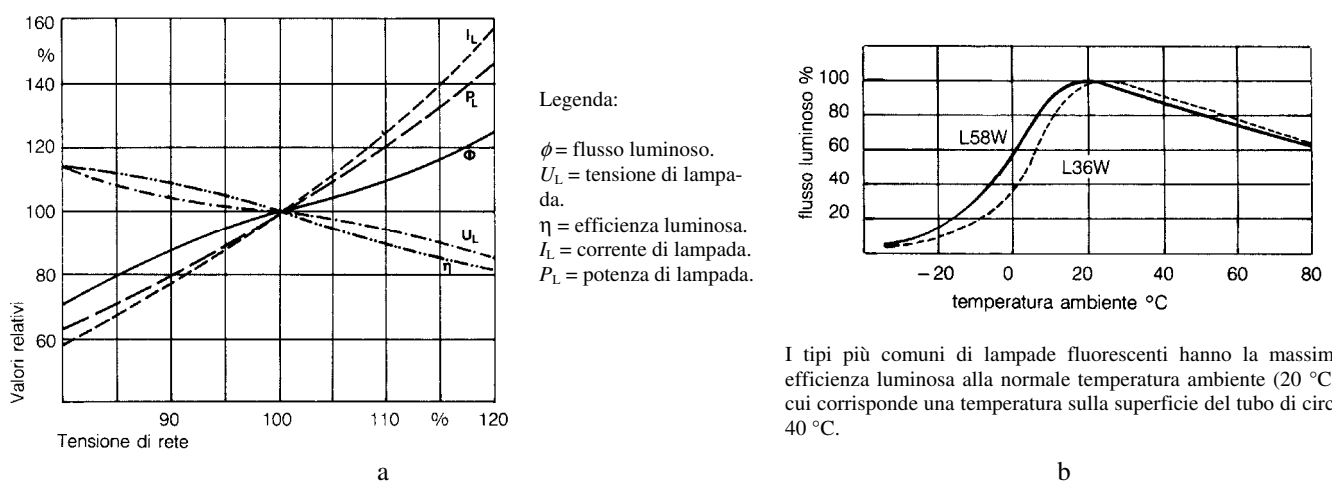


Fig. 3.14 - a) Variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento della lampada al variare della tensione di alimentazione - b) Variazione del flusso luminoso in funzione della temperatura ambiente (Osram).

In particolare, aumentando il valore della frequenza, l'efficienza luminosa aumenta fino ad un massimo del 10% e questa è una delle ragioni per le quali le lampade tubolari fluorescenti vengono sempre più frequentemente alimentate con reattori elettronici ad alta frequenza.

Durante la vita operativa, il flusso luminoso da esse emesso tende a diminuire. Dopo 8000 ore si riduce a circa l'80% di quello iniziale.

Le cause di questo decadimento sono principalmente due: l'invecchiamento delle polveri fluorescenti che rivestono la parete interna e l'annerimento del tubo stesso alle estremità per effetto delle particelle emesse dalle sostanze emittitrici che ricoprono gli elettrodi. Da notare che, nel caso in cui le lampade siano alimentate con reattori elettronici ad alta frequenza, l'entità di tale annerimento risulta minore.

In relazione alle modalità di accensione si hanno i seguenti tipi di lampade.

Lampade a catodo preriscaldato. Le lampade di questo tipo sono di gran lunga le più diffuse, soprattutto nei Paesi in cui la tensione di rete è di 220/240 V.

In questi tipi di lampade gli elettrodi sono costituiti da un filamento di tungsteno sul quale sono depositate sostanze che hanno lo scopo di aumentare notevolmente la capacità di emanare elettroni. Alimentando gli elettrodi, questi si riscaldano e provocano un'intensa emissione elettronica che innesca un arco elettrico fra gli elettrodi stessi.

Per ottenere il preriscaldamento degli elettrodi si utilizza lo starter, la cui funzione è paragonabile a quella di un interruttore automatico. Lo starter viene inserito in serie agli elettrodi ed è fornito di un condensatore (C1) in grado di sopprimere i disturbi elettrici (possono alterare il regolare funzionamento delle apparecchiature elettroniche, di radio, TV, computer, stampanti, ecc.) prodotti dallo starter durante il suo funzionamento. Lo starter è costituito da un piccolo bulbo di vetro contenente due contatti normalmente aperti, uno dei quali realizzato con una lamina bimetallica.

Di recente produzione sono gli starter costruiti integralmente con componenti elettronici. Lo starter elettronico assicura l'accensione istantanea della lampada, ha una durata molto lunga e mantiene inalterate le proprie funzioni entro un intervallo di temperature ambiente molto ampio (da $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $8\text{ }^{\circ}\text{C}$).

È chiamato starter elettronico di sicurezza perché disinserisce automaticamente in caso di avaria della lampada preservando dall'usura l'alimentatore. In tale evenienza, lo starter tradizionale rinnova ripetutamente le scariche (come spiegato di seguito) nel tentativo di riattivare la sorgente, procurando il surriscaldamento dell'alimentatore oltre che il logoramento degli elettrodi.

L'accensione della lampada avviene nel seguente modo: alimentando il circuito tra i due contatti aperti dello starter si ha una scarica luminescente che, riscaldando la lamina bimetallica, la fa flettere chiudendo il circuito.

A questo punto la corrente fluisce attraverso gli elettrodi della lampada e li riscalda per un tempo di 1÷2 s.

Quando i contatti dello starter sono chiusi, la scarica luminescente si annulla, il bimetallo si raffredda e torna nella posizione iniziale (il circuito si riapre).

Ciò provoca, per la presenza del reattore (R1), una sovratensione che fa innescare la scarica tra gli elettrodi posti ai capi della lampada.

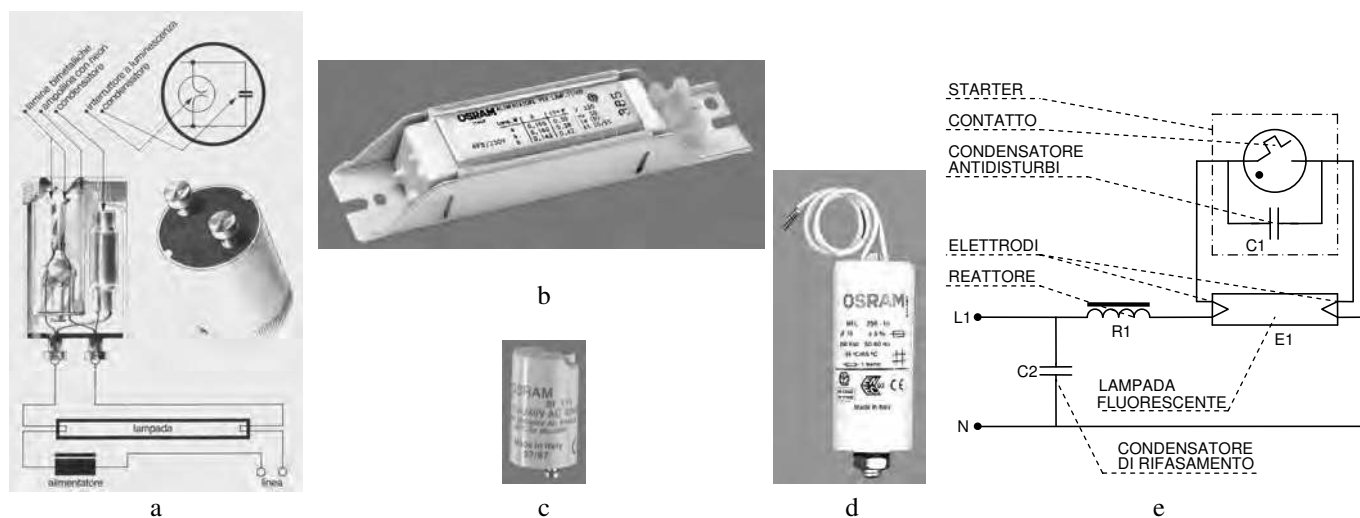


Fig. 3.15 - a) Schema elettrico interno, spaccato e inserimento dello starter a luminescenza nel circuito di alimentazione. Da notare che lo starter consuma potenza solo durante l'operazione di accensione (Osram) - b) Esempio di reattore per lampade fluorescenti - c) Esempio di starter elettronico. Si noti il pulsante di ripristino - d) Esempio di condensatore di rifasamento - e) Schema di principio di una lampada fluorescente a catodo preriscaldato. Si noti la presenza del condensatore di rifasamento C2.

Una volta che si è innescata la scarica tra gli elettrodi, lo starter si riapre e non si richiude più in quanto non è più alimentato dalla tensione di rete, ma da una tensione inferiore che non permette la scarica tra i due contatti dello starter.

Dopo l'innesco, la scarica nel tubo fluorescente diventa rapidamente incontrollata e, senza la presenza del reattore R1, finirebbe per danneggiare il tubo.

Il reattore inserito nel circuito ha la funzione di stabilire la corrente di scarica; ovviamente l'impedenza che introduce sul circuito deve essere compatibile con le caratteristiche del tubo.

I reattori sono costituiti da una bobina di filo di rame a bassa resistenza avvolta su un nucleo di materiale ferromagnetico.

Il numero di spire deve essere tale da consentire di realizzare l'induttanza necessaria per determinare gli effetti descritti precedentemente (caduta di tensione, sovratensione).

Per compensare il basso fattore di potenza (per esempio, $\cos \varphi = 0,2$) e portarlo al valore previsto dalle norme ($\cos \varphi = 0,9$), i reattori induttivi devono essere collegati ad un condensatore di capacità adeguata (vedere C2 fig. 3.15e), normalmente installato dal costruttore dell'apparecchio illuminante.

Con uno stesso reattore è possibile collegare in serie due tubi fluorescenti, mentre non è possibile collegare in parallelo due tubi poiché, non essendo mai i tubi perfettamente identici, si avrà un tubo in sovraccarico, con possibilità di danneggiamento, e uno sotto utilizzato, con difficoltà di accensione.

Lo starter ha un'influenza sulla durata del tubo fluorescente, che deve essere sostituito non appena l'accensione presenta qualche difficoltà.

Sebbene abbia una durata piuttosto lunga, nel programma di manutenzione è bene sia compresa anche la sostituzione dello starter ogni tre sostituzioni di lampada.

La temperatura di colore della luce emessa da queste lampade è compresa tra i 3000 K (tonalità di luce calda) e 6300 K (tonalità di luce bianchissima), mentre l'indice di resa cromatica R_a può variare da 30 fino a 97 a seconda del tipo di lampada. Hanno una buona efficienza luminosa compresa fra i 50 e i 90 lm/W.

La durata teorica è compresa tra le 5000 e le 10000 ore di alcuni modelli, ma al termine della loro vita il flusso luminoso è in genere pari a circa l'80% di quello iniziale.

Nella categoria delle lampade a catodo caldo preriscaldato sono comprese anche quelle ad accensione istantanea. Esse non richiedono l'uso dello starter, dato che il preriscaldamento viene ottenuto mediante gli avvolgimenti ausiliari del reattore. Un tipo comune di reattore è il rapidstar.

Per favorire l'innesco di questo tipo di lampada, è dotata di una striscia metallizzata fissata sul tubo in fase di fabbricazione e di filamenti di preriscaldamento più efficienti; inoltre, il vetro è siliconato in modo da impedire l'adesione dell'umidità.

Le lampade di questo tipo non perdono in durata, come invece accade con altri tipi di accensione rapida (per esempio, con tachistart si ha una riduzione della vita operativa del 30%), ma presentano l'inconveniente di non essere intercambiabili con quelle normali.

In entrambi gli schemi illustrati nelle fig. 3.15e e fig. 3.16 è presente, in parallelo ai morsetti di alimentazione (L1, N), un condensatore di rifasamento per ovviare al basso fattore di potenza che caratterizza queste lampade.

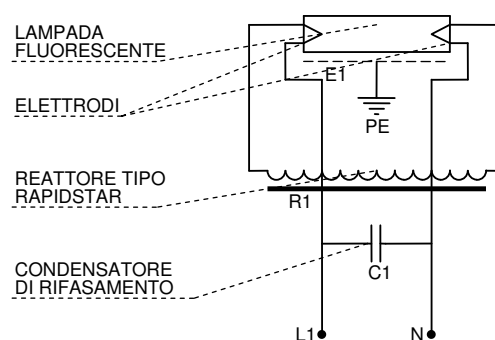


Fig. 3.16 - Schema di principio di una lampada fluorescente a catodo preriscaldato tipo rapidstar. Si noti la presenza del condensatore di rifasamento C1 e della striscia metallizzata fissata sul tubo.

In commercio esistono lampade tubolari di tipo tradizionale aventi un diametro di 38 mm (tipo T12) e disponibili per le potenze da 20 a 125 W.

Più efficienti e tecnologicamente più avanzate sono le lampade aventi un diametro di 26 mm (tipo T8) che, per esempio, per le potenze di 18, 36, 58 W sono equivalenti dal punto di vista del flusso luminoso alle lampade da 38 mm con una potenza, rispettivamente, di 20, 40, 65 W.

Le lampade con diametro da 26 mm e con un'efficienza luminosa elevata possono raggiungere una resa cromatica $R_a = 86$ (in alcuni casi tra 94 e 97 R_a).

Esistono lampade tipo miniatura aventi un diametro di 16 mm (tipo T5) che generalmente hanno una potenza di 4, 6, 8, 13 W.

Infine, vale la pena ricordare i tipi con forma circolare e ad U, colorati (rosso, blu, giallo, verde) e i tipi speciali per l'illuminazione di banchi di esposizione di prodotti alimentari e per acquari.

Inconvenienti	Cause e rimedi
Mancata accensione	La tensione di alimentazione è troppo bassa. Gli elettrodi sono bruciati o interrotti. Starter difettoso. Rottura del reattore. Morsetti allentati o ossidati.
La lampada non si accende malgrado gli elettrodi restino accesi	Lo starter è guasto con il condensatore anti disturbo in cortocircuito o per saldatura della lamina bimetallica. Cambiare lo starter.
Accensione difficoltosa	La tensione di alimentazione è troppo bassa. La temperatura dell'ambiente è troppo bassa. Verificare la tensione, una diminuzione della tensione di rete del 10% può rendere malsicura l'accensione.
Le estremità della lampada lampeggiano continuamente	Il tubo è prossimo al suo naturale esaurimento. Cambiare la lampada.
Annerimento attorno agli elettrodi per circa 1 cm	L'inconveniente è normale e dovrebbe sparire spontaneamente durante il funzionamento.
Annerimento attorno agli elettrodi per 5+8 cm	La lampada è prossima al suo naturale esaurimento. Troppe accensioni. Cambiare la lampada. Verificare la tensione di rete. Ridurre le accensioni al minimo.
Disturbi elettrici	Cortocircuito o mancanza del condensatore in parallelo allo starter. Cambiare lo starter.
Breve durata della lampada	Starter difettoso che causa troppi tentativi di accensione. Reattore non appropriato o difettoso. Tensione troppo alta o troppo bassa. Contatti malsicuri. Sostituire lo starter. Sostituire il reattore. Controllare la tensione di rete. Verificare i collegamenti.
Il reattore emette un ronzio fastidioso	Il reattore è guasto oppure è surriscaldato. La tensione di alimentazione è troppo alta.

Tab. 3.8 - Principali anomalie delle lampade fluorescenti a catodo caldo.

Tipo di lampada	Tipo di luce emessa	Temperatura di colore [K]	Flusso luminoso [lm]		
			20/29 W	40/50 W	65/75 W
Ad alta efficienza luminosa e bassa resa cromatica	diurna	6500	1000	2500	3950
	bianchissima	4000+4500	1250	3200	5100
	bianca	3500	1250	3200	5100
	tono caldo	3000	1250	3200	5100
A bassa efficienza luminosa ed alta resa cromatica	diurna extra	6500	850	1950	3150
	diurna de luxe	5000	800	1900	3050
	bianchissima extra	4000+4500	1080	2500	4000
	bianchissima de luxe	3900	840	2000	---
	tono caldo de luxe	3000	840	2000	3300
	tono molto caldo	2600	750	1800	2900
	naturale	2500	700	1600	2600

Tab. 3.9 - Caratteristiche indicative delle lampade tubolari fluorescenti a catodo caldo. I due numeri relativi alla potenza delle lampade si riferiscono, rispettivamente, il primo alla potenza nominale, il secondo a quella assorbita comprese le perdite nel reattore.

Forma	Potenza nominale [W]	Potenza assorbita [W]	Diametro del tubo [mm]	Dimensioni di ingombro [mm]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
Circolare	22	30	29	216	980	28
	32	40	32	311	1650	37
	40	50	32	413	2250	44
Ripiegata ad U	10	15	26	82x250	450	23,8
	16	20	26	82x370	820	27,1
	20	28	38	130x310	950	27,7
	30	40	26	82x463	1500	36,5
	40	50	38	130x610	2200	43,7
	65	75	38	130x765	3450	48,5
Rettilinea	15	23	38	438	600	26,0
	20	29	38	590	1080	37,2
	25	34	38	970	1500	44,1
	30	40	38	895	2000	50,0
	40	50	38	1200	2500	50,0
	65	75	38	1500	4000	53,3

Tab. 3.10 - Caratteristiche indicative di alcuni tipi di lampade tubolari fluorescenti a catodo caldo. La potenza assorbita comprende anche le perdite nel reattore, mentre le dimensioni di ingombro non comprendono le spine (Osram).

Di seguito vengono riassunte le caratteristiche essenziali delle lampade fluorescenti.

- La durata media di un tubo fluorescente è elevata (fino a 10000 ore per accensioni della durata da 3 a 9 ore).
- La vita del tubo dipende dall'usura del rivestimento del catodo: maggiore è il rivestimento, maggiore è la durata.
- Le lampade a catodo caldo non sono adatte al funzionamento intermittente, che è una prerogativa esclusiva dei tubi a catodo freddo.
- Il materiale che ricopre il catodo va gradualmente disgregandosi a seguito del bombardamento degli ioni presenti nel tubo. Tale azione disgregatrice è più marcata durante la fase di accensione del tubo.
- La qualità della luce emanata dai tubi fluorescenti può essere scelta entro una vasta gamma grazie alla notevole disponibilità di sostanze fluorescenti che possono emanare luce di colore bianco, rosa, verde, azzurro.
- L'accensione non è immediata per i tubi fluorescenti a catodo caldo con starter.
- Richiedono apparecchiature ausiliarie per la regolazione della corrente di esercizio.
- In caso di basse temperature, è necessario proteggere la lampada da perdite di calore altrimenti il funzionamento può diventare difficoltoso.
- Le variazioni della tensione di alimentazione hanno scarsa influenza sulla qualità di luce emessa.
- Se la tensione è bassa si possono avere difficoltà d'accensione per i tubi a catodo caldo, specialmente in presenza di basse temperature.
- Il rendimento dei tubi fluorescenti è piuttosto elevato, mentre l'abbagliamento è sufficientemente contenuto.

Lampade fluorescenti compatte. Questo tipo di lampade fluorescenti sono state introdotte all'inizio degli anni Ottanta allo scopo di mettere a disposizione degli utilizzatori (ed in particolare degli arredatori), sorgenti luminose che avessero le seguenti caratteristiche:

- dimensioni simili a quelle delle lampade ad incandescenza;
- emissione di luce di qualità ottimale;
- efficienza luminosa e durata di vita assimilabile a quelle delle lampade fluorescenti tubolari tradizionali. Anche in questo caso l'assenza del filamento incandescente garantisce un'elevata resistenza meccanica e un'elevata facilità di trasporto.

Sono state realizzate grazie all'impiego di sofisticate tecnologie mirate ad una miniaturizzazione spinta delle lampade fluorescenti tradizionali rispetto alle quali hanno il medesimo principio di funzionamento.

I tecnici hanno dovuto superare, per poter risolvere il problema della miniaturizzazione, i seguenti problemi:

- la messa a punto di polveri fluorescenti di nuova concezione adatte al nuovo tipo di lampada;
- l'ottimizzazione del diametro del tubo di scarica;
- lo studio della forma tecnicamente più valida da adottare per quanto attinente alla piegatura del tubo, piegatura necessaria per poter disporre, in uno spazio ridotto, di una superficie emittente uguale a quella di una lampada rettilinea di pari potenza.

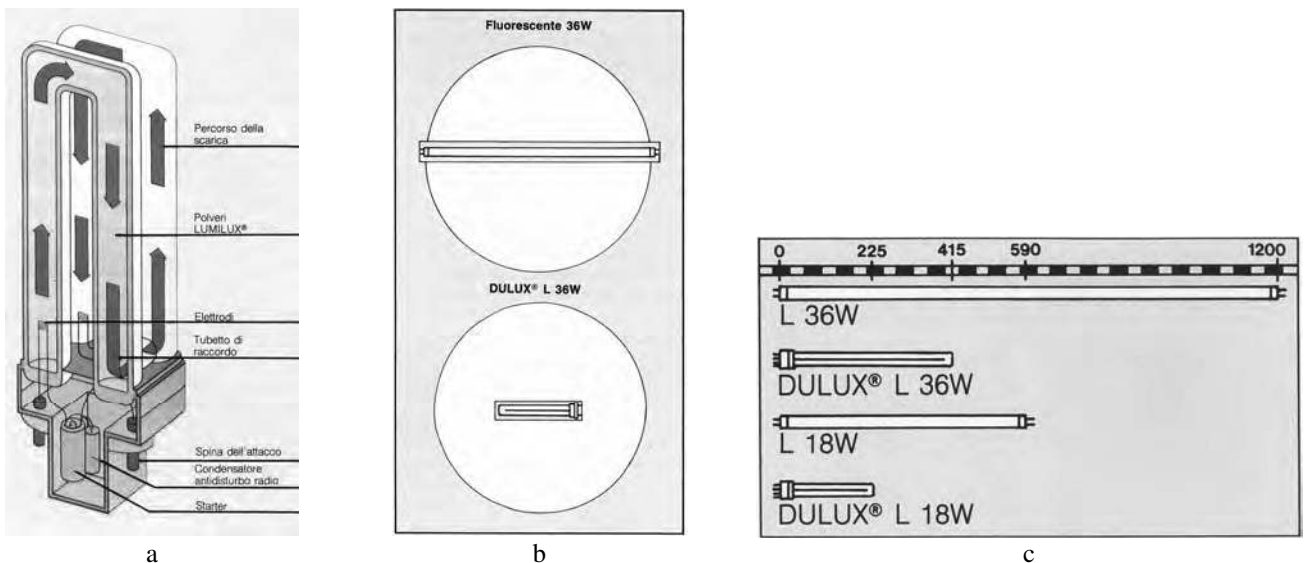


Fig. 3.17 - a) Schema di funzionamento di una lampada fluorescente compatta DULUX D - b) Confronto tra la superficie illuminante di una lampada tradizionale fluorescente lineare da 36 W e una lampada fluorescente compatta DULUX L 36 W - c) Confronto tra le lunghezze, a parità di potenza, tra alcuni tipi di lampade fluorescenti lineari e alcuni tipi di lampade fluorescenti compatte DULUX L (Osram).

Sono disponibili lampade fluorescenti compatte integrate e non integrate.

Vengono definite integrate le lampade fluorescenti compatte che incorporano il sistema di accensione della lampada (fig. 3.18-1, 2, 3, 9). Le lampade compatte che non incorporano il reattore di alimentazione e che, quindi, per poter essere sostituite a quelle ad incandescenza comportano la necessità di opportune modifiche al circuito, vengono invece definite non integrate (fig. 3.18-4, 5, 6, 7, 8).

Grazie alla loro elevata efficienza luminosa, queste lampade fluorescenti consentono di ridurre fortemente i consumi di energia elettrica che si avrebbero impiegando comuni lampade ad incandescenza di equivalente flusso luminoso, come mostrato nella fig. 3.18a. Per esempio, il funzionamento di una CIRCOLUX EL da 18 W corrisponde ad una lampada ad incandescenza da 75 W. Il risparmio di energia non è l'unico beneficio. Le lampade compatte durano fino a sei volte più di una comune lampada ad incandescenza. Meno lampadine implica minor costo nella manutenzione e minor probabilità di disservizio.

Una minor potenza elettrica assorbita si traduce anche in un ulteriore vantaggio ovvero un minore sviluppo di calore e, quindi, un ridotto carico termico per gli impianti di ventilazione e condizionamento e un maggiore confort negli ambienti.

È possibile così recuperare una certa disponibilità di potenza sulla fornitura già presente, rendendo così possibile l'installazione di un maggior numero di punti luminosi e ottenendo, quindi, una maggiore quantità di luce.

Le lampade fluorescenti compatte integrate hanno incorporato un sistema di accensione e di alimentazione ad alta frequenza completamente elettronico che assicura un'accensione immediata, un funzionamento senza sfarfallio e costanza del flusso luminoso.

Sono dotate di un normale attacco a vite E27 e possono dunque essere immediatamente applicate al posto delle lampade ad incandescenza ai punti luce già esistenti.

I modelli non integrati consentono di realizzare nuovi apparecchi illuminanti più compatti ed eleganti. Possono funzionare, a seconda dei modelli, in impianti con alimentazione elettronica e regolazione del flusso luminoso e con l'alimentazione in corrente continua a bassissima tensione come, per esempio, una batteria, un pannello fotovoltaico o infine per l'illuminazione di emergenza.

Negli ultimi anni sono stati compiuti notevoli progressi nella costruzione di questi tipi di lampade.

- La durata media è passata da 5000 a circa 15000 ore, a seconda dei modelli.
- L'efficienza del sistema lampada-alimentatore è attualmente di 50 lm/W per le lampade con l'alimentatore tradizionale ferromagnetico e di 60 lm/W per quelle con alimentatore elettronico.
- Alcuni tipi di queste lampade consentono di realizzare risparmi energetici nell'ordine del 60÷70%. Si è riusciti a ridurre le dimensioni delle lampade a parità di potenza.
- È stata estesa la gamma di potenze disponibili. Per esempio, i tipi non integrati sono disponibili, oltre che nei tipi da 5, 7, 9, 11 W, anche nei tipi da 18, 24, 36, 40 e 55 W.
- Nuovi alimentatori elettronici riescono a fornire una maggiore affidabilità, un migliore rendimento e una migliore compatibilità elettromagnetica.



a

DULUX EL	Lampada ad incandescenza
7 W	40 W
11 W	60 W
15 W	75 W
20 W	100 W
CIRCOLUX EL	Lampada ad incandescenza
12 W	60 W
18 W	75 W
24 W	100 W
32 W	150 W
DULUX EL GLOBE	Lampada ad incandescenza
7 W	40 W
11 W	60 W
15 W	75 W
DULUX EL REFLECTOR	Lampada ad incandescenza
11 W	60 W
15 W	75 W



b

Fig. 3.18 - a) Esempi di lampade fluorescenti compatte: 1) DULUX EL REFLECTOR, 2) CIRCOLUX EL 3) DULUX EL GLOBE, 4) DULUX S, 5) DULUX S/E, 6) DULUX L, 7) DULUX D, 8) DULUX D/E, 9) DULUX EL. Confronto tra lampade fluorescenti compatte e lampade ad incandescenza a parità di flusso luminoso. Si noti il risparmio di energia elettrica ottenibile usando le lampade fluorescenti compatte rispetto alle lampade ad incandescenza - **b)** Esempio di lampada fluorescente compatta integrata DULUX EL. Si noti l'alimentatore elettronico necessario per l'accensione della lampada (Osram).

In base a quanto detto precedentemente, queste lampade possono essere utilizzate per illuminare interni come soggiorni, camere da letto, cucine, sale da pranzo, bagni, corridoi, scale, negozi, hotel, ristoranti, bar, chiese, cinema, ecc.

Il fatto che attualmente siano disponibili modelli di potenza elevata, per esempio da 36 e 55 W, estende la possibilità che vengano utilizzate per l'illuminazione di locali di grandi dimensioni.

Flusso luminoso [lm]	DULUX EL [W]	DULUX L [W]	DULUX D, D/E [W]	DULUX S, S/E [W]
250	---	---	---	5
400	7	---	---	7
600	11	---	10	9
900	15	---	13	11
1200	20	18	18	---
1800	---	24	26	---
2900	---	36	---	---

Tab. 3.11 - Confronto tra flusso luminoso e potenza elettrica assorbita tra lampade fluorescenti compatte (Osram).

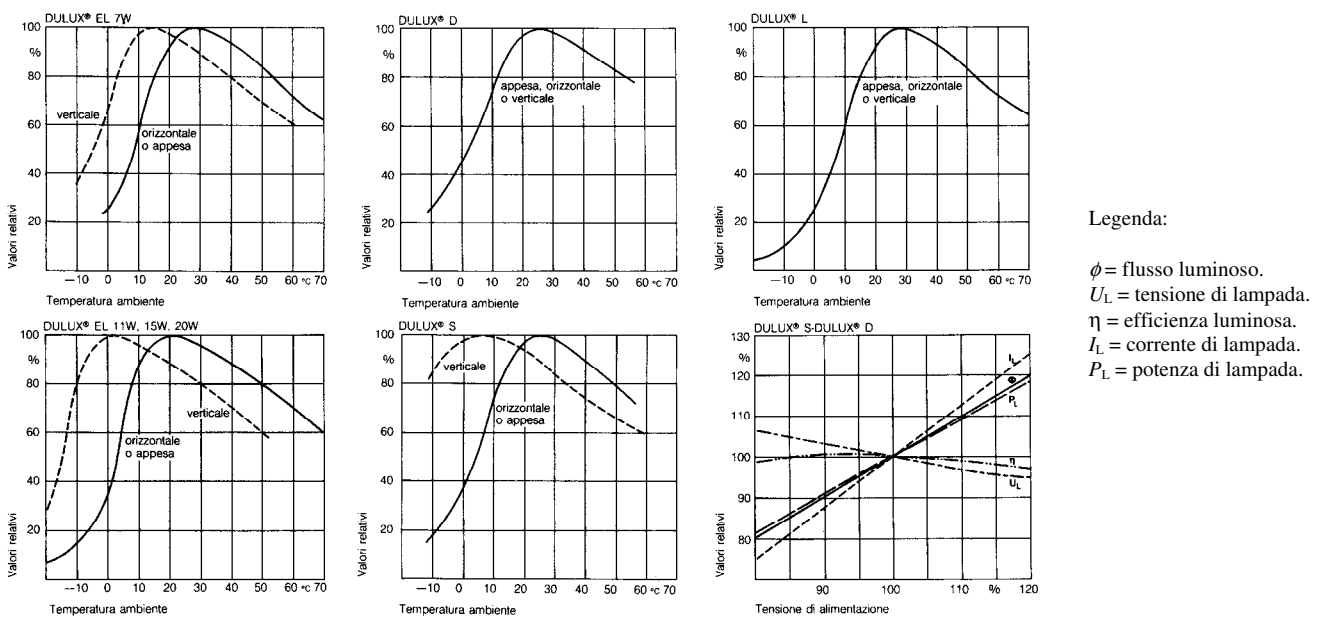


Fig. 3.19 - Variazione del flusso luminoso emesso dalle lampade fluorescenti compatte in funzione della temperatura ambiente (Osram).

Lampade tubolari ad alta frequenza. Oltre alle lampade fluorescenti tradizionali, esistono anche quelle tubolari ad alta frequenza che sono uno sviluppo del tipo tradizionale e consentono, se alimentate con appositi reattori elettronici, di variare il flusso luminoso emesso e, conseguentemente, la potenza elettrica assorbita da un minimo del 10% sino ad un massimo del 100%.

Queste lampade possono essere utilizzate proficuamente in impianti che sfruttano la possibilità di integrare l'illuminazione artificiale con quella naturale.

Il risparmio energetico che si ottiene con la variazione del flusso luminoso emesso durante le ore diurne può essere consistente, in particolare in impianti di grandi dimensioni.

A parità di potenza assorbita, il reattore elettronico consente di aumentare il flusso luminoso circa del 10% rispetto ai sistemi tradizionali a reattore elettromagnetico.

Il risparmio di energia può arrivare fino a circa il 60% rispetto agli impianti convenzionali a parità di prestazioni. Oltre alla maggior efficienza della lampada, si ha una minore produzione di calore.

Gli alimentatori elettronici per lampade fluorescenti sono sostanzialmente costituiti da diversi stadi racchiusi in un unico apparecchio.

La tensione di rete alimenta un primo stadio destinato sia a filtrare e limitare i disturbi elettrici provenienti dalla rete sia a proteggere la rete dai disturbi generati dall'alimentatore. Successivamente, la corrente viene raddrizzata e livellata.

La corrente continua alimenta il generatore di alta frequenza che solitamente lavora ad una frequenza tra i 20 e i 50 kHz (a queste elevate frequenze viene accresciuto il numero di scariche nell'unità di tempo, vengono così moltiplicati gli urti e si "sfrutta" di più la miscela gassosa del tubo).

L'ultimo stadio comprende l'induttore limitatore della corrente e un condensatore: l'insieme costituisce un circuito risonante "serie" che comanda l'innesco e il funzionamento della lampada.

Utilizzando due di questi ultimi stadi è possibile alimentare due lampade fluorescenti, riducendo così il costo globale del sistema.

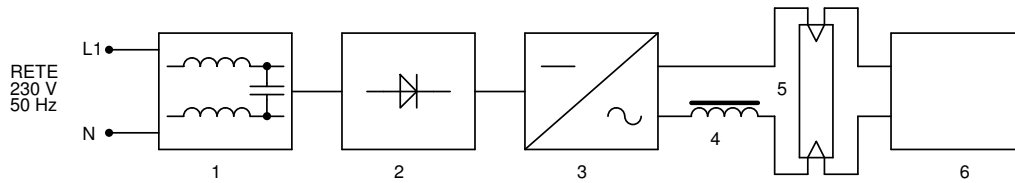


Fig. 3.20 - Schema a blocchi di un alimentatore per lampade fluorescenti ad alta frequenza. Si noti il circuito aggiuntivo per il preriscaldamento degli elettrodi prima dell'innesco, reso necessario in quanto, rispetto alle tradizionali lampade a fluorescenza, la corrente che attraversa la lampada è molto bassa. 1) filtro - 2) raddrizzatore e protezioni - 3) generatore ad alta frequenza (inverter) - 4) induttore - 5) lampada fluorescente - 6) preriscaldamento degli elettrodi.

Questo sistema, quindi, presenta i seguenti vantaggi:

- una maggiore efficienza della lampada e del sistema nel suo complesso, possibilità di inserire un maggior numero di corpi illuminanti su ogni circuito;
- disinserzione automatica della lampada se difettosa;
- un'accensione istantanea, assenza di starter, di sfarfallamento e scarsa sensibilità alla temperatura e alle variazioni della tensione di alimentazione;
- assenza di annerimento all'estremità;
- una vita utile delle lampade superiore a quelle tradizionali, anche se si effettuano frequenti accensioni;
- ottima possibilità di regolare con continuità il flusso luminoso emesso;
- assenza di ronzio;
- un'elevata durata dei reattori;
- assenza dell'effetto stroboscopico;
- nessun sfarfallamento agli elettrodi della lampada;
- risparmio di energia, bassissime perdite, minore potenza installata (circa il 25% in meno rispetto alle soluzioni convenzionali);
- riduzione dei costi di esercizio mediante un più razionale utilizzo dell'energia;
- fattore di potenza con un $\cos \varphi$ di circa 0,95 rendendo non necessario il condensatore di rifasamento;
- minore ingombro e peso ridotto a parità di potenza;
- possibilità di funzionare anche se alimentate in corrente continua, agevolando l'attuazione dell'illuminazione d'emergenza;
- completo controllo della frequenza, della forma d'onda, della tensione e della corrente, consentendo, per esempio, lo spegnimento automatico delle lampade esaurite;
- possibilità di impiego in ambienti mediali.

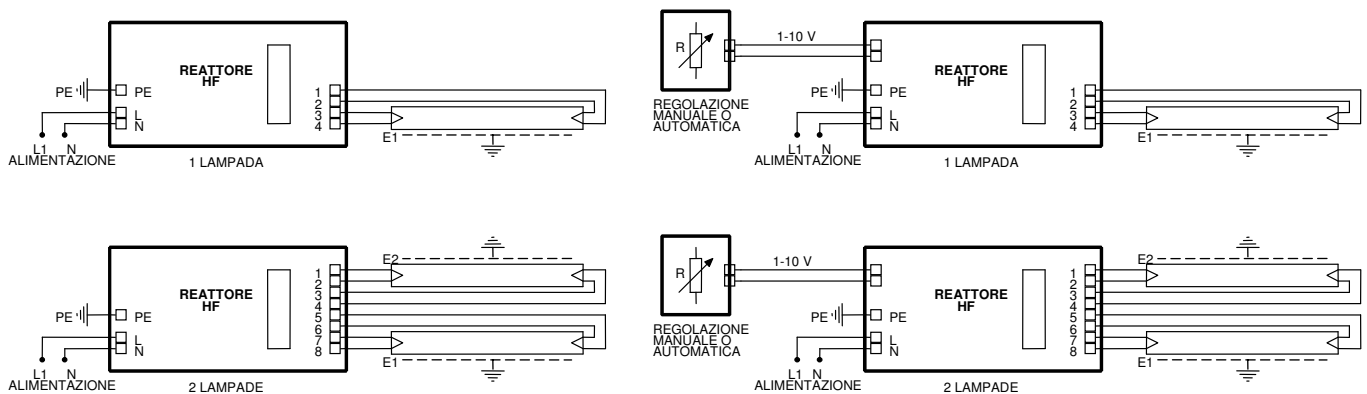


Fig. 3.21 - Esempio di utilizzo di reattori elettronici ad alta frequenza per l'alimentazione di lampade fluorescenti. A sinistra con funzionamento fisso, a destra con regolazione del flusso luminoso (dimming) che può essere effettuata in modo manuale tramite un potenziometro oppure in modo automatico con una fotocellula (Philips).

Lampade a catodo caldo non preriscaldato. Queste lampade sono simili alle precedenti, ma sono più lunghe e sottili, non hanno il ritardo all'accensione e non richiedono l'uso dello starter.

Il valore elevato di tensione necessario all'innesco viene fornito da particolari alimentatori. Poiché gli elettrodi non devono essere riscaldati, presentano ognuno un solo contatto contro i due delle lampade fluorescenti a catodo caldo preriscaldato.

Hanno potenze non molto elevate e un'efficienza luminosa simile a quella delle lampade con catodo caldo preriscaldato; il loro invecchiamento è inferiore proprio perché il catodo non è sottoposto a riscaldamento.

Commercialmente sono note con il nome di slimline per le loro caratteristiche tecniche, diametro del tubo minore e lunghezza superiore.

Queste lampade vengono solitamente utilizzate per illuminamenti di tipo indiretto e trovano alloggiamento in gole ricavate nel soffitto.

Lampade a catodo freddo. I tubi fluorescenti a catodo freddo sono impiegati in particolare per le insegne luminose utilizzate per la pubblicità. Le applicazioni a scopo di illuminamento sono estremamente rare dato l'alto costo e la bassa efficienza luminosa.

Differiscono dalle normali lampade fluorescenti per il minor diametro del tubo (da 13 a 22 mm), per la maggiore lunghezza e, solitamente, per la sagomatura eseguita espressamente per rendere con effetto figure ben definite. Alle estremità questi tubi sono dotati di un robusto elettrodo non soggetto a preriscaldamento.

I tubi fluorescenti a catodo freddo hanno una vita molto lunga (oltre 10000 ore), un'efficienza luminosa di circa 7 lm/W (inferiore a quella delle lampade ad incandescenza).

Assorbono una potenza di circa 20 W per ogni metro lineare di tubo e la loro durata è indipendente da quella del numero delle accensioni. Per questo motivo possono essere utilizzate anche per realizzare scritte pubblicitarie ad accensione ciclica.

Per il loro funzionamento è necessaria una tensione di innesco di alcune migliaia di volt, tensione che viene fornita da particolari alimentatori (autotrasformatori) che, oltre a provvedere alla loro alimentazione, sono in grado di stabilizzare l'arco elettrico.

In genere queste lampade vengono collegate sia in serie sia in parallelo, oppure in modo misto ad un unico alimentatore.

Gli alimentatori possono raggiungere potenze molto più alte rispetto alle altre lampade fluorescenti, e possono fornire tensioni di alcune migliaia di volt.

La potenza assorbita da queste lampade è di circa 20÷30 W per metro.

Siccome la tensione di alimentazione per ogni metro di lampada è molto elevata, le disposizioni antinfortunistiche fissano a 6 kV il valore massimo per ogni alimentatore.

Di conseguenza, se, per esempio, l'insegna è molto lunga e c'è la necessità di superare i 6 kV, si devono utilizzare più alimentatori, spezzando l'insegna in più parti.

La presenza di questa alta tensione impone l'osservanza di alcune cautele nell'installazione e nella manutenzione; altre precauzioni sono poi necessarie per evitare i disturbi elettrici.

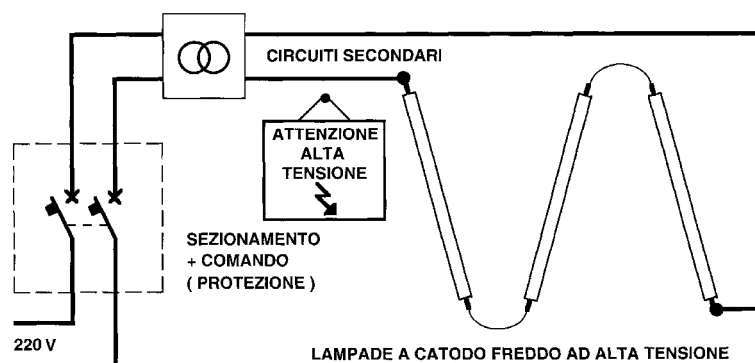


Fig. 3.22 - Esempio di collegamento di lampade fluorescenti a catodo freddo. Da notare l'alimentatore in grado di fornire una tensione molto alta, necessaria per il funzionamento di queste lampade.

Date le caratteristiche di queste lampade, esse non sono adatte ad illuminare, ma per attirare l'attenzione delle persone oppure evidenziare un ambiente ricreativo o commerciale.

Infatti si usa generalmente inserire all'interno del tubo gas differenti, in modo da ottenere colori diversi (elio: luce rosa, mercurio e argo: luce azzurra, ecc.).

I tubi a loro volta possono essere colorati e/o divisi lungo la lunghezza da diaframmi in modo da contenere in ogni sezione gas diversi e, quindi, ottenere effetti particolari.

3.7 Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente e luce miscelata

Una lampada a vapori di mercurio è costituita, come è mostrato in fig. 3.23, da un'ampolla di quarzo nella quale avviene la scarica che sviluppa elevate temperature, assolutamente insopportabili dal vetro; in questa ampolla, dopo aver fatto il vuoto, viene introdotto argo alla pressione di circa 50÷100 mbar e il mercurio evapora parzialmente.

L'ampolla contiene due elettrodi principali destinati a portare la corrente e un elettrodo di accensione vicino ad uno degli elettrodi principali, ma di polarità opposta, alimentato tramite una resistenza di alcuni $k\Omega$.

Similmente a quanto avviene per le lampade tubolari fluorescenti, il tubo è alimentato attraverso un'induttanza avvolta su un nucleo ferromagnetico che ha la funzione di stabilizzare l'arco.

Il tubo, a sua volta, è contenuto in un bulbo in vetro rivestito da polveri fluorescenti. Il bulbo di vetro ha in particolare il compito di proteggere il bulbo di quarzo e di assorbire le radiazioni ultraviolette dannose per gli occhi, mentre le polveri fluorescenti hanno la funzione di trasformare le radiazioni ultraviolette (non visibili), emesse dal mercurio, in radiazioni uniformemente ripartite nello spettro visibile.

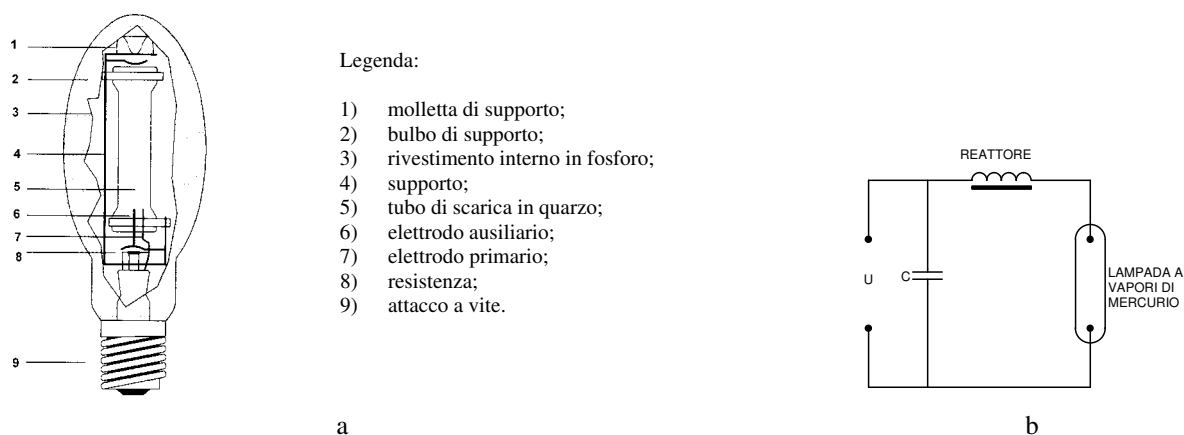


Fig. 3.23 - a) Esempio di lampada a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente. - b) Schema di collegamento di un alimentatore per una lampada a vapori di mercurio. Il condensatore C serve per rifasare il circuito.

Il principio di funzionamento può essere così sintetizzato.

Alimentando i terminali alla tensione di rete (220/240 V), scocca un arco d'innesco tra l'elettrodo ausiliario e l'elettrodo principale, ionizzando il vapore di mercurio e provocando l'arco tra gli elettrodi principali.

La temperatura e la pressione sono maggiori di quelle che si riscontrano nei tubi fluorescenti e l'emissione luminosa specifica raggiunge circa il 15% della potenza elettrica assorbita, realizzando un'eccellente efficienza.

In queste condizioni si ha una potente emissione di luce nel campo delle radiazioni violette, azzurre e gialle; le radiazioni ultraviolette vengono convertite dalla sostanza fluorescente che riveste il bulbo in radiazioni rosse che correggono lo spettro, dando una tonalità più calda alla luce (superiore a 3000 K) e migliorando notevolmente la resa cromatica che si mantiene superiore a $R_a = 50$.

L'elevato flusso luminoso concentrato in una piccola ampolla costituisce una sorgente sensibilmente sferiforme che si presta ad essere installata nel fuoco di riflettori simmetrici e asimmetrici.

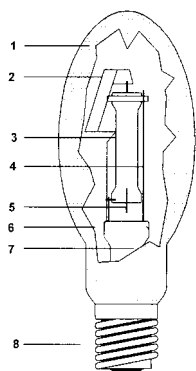
L'impiego tipico è perciò l'illuminazione interna di ambienti vasti e alti, come capannoni industriali, stand fieristici, palestre, ecc., ed esterni come piazze, strade, campi sportivi, gallerie, aree pedonali.

I tempi lunghi di accensione di qualche minuto (4÷5 min) e, soprattutto, la difficoltà di riaccensione a lampada calda (occorre infatti attendere che i vapori di mercurio si condensino), rendono queste ottime sorgenti luminose inadatte agli ambienti che fanno uso saltuario della luce o prevedono frequenti manovre di accensione/spegnimento. Le lampade a vapori di mercurio a luce miscelata sono lampade nelle quali il tubo di scarica è collegato in serie con un filamento di tungsteno.

Caratteristiche generali		Attacco	Potenza nominale [W]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
Temperatura di colore	3000÷4200 K	E27	50	2000	40
Resa colori	$R_a = 50\div70$	E27	80	4000	50
Tempo di accensione	4÷5 min	E27	125	6500	52
Corrente di avviamento	$1,4 I_n$	E40	250	14000	56
Vita probabile	5000÷8000 h	E40	400	24000	60
		E40	1000	60000	60

Tab. 3.12 - Caratteristiche indicative delle lampade a vapori di mercurio.

Anche in questo caso le radiazioni ultraviolette generate dalla scarica nel mercurio vengono convertite in radiazioni visibili per mezzo del fosforo che riveste internamente il bulbo di vetro. Inoltre, vi sono le radiazioni visibili prodotte dalla scarica stessa e quelle di tonalità più calda generate dal filamento incandescente.



- Legenda:
- 1) bulbo;
 - 2) filamento spiralizzato;
 - 3) tubo di scarica;
 - 4) supporto;
 - 5) elettrodo principale;
 - 6) rivestimento interno;
 - 7) sostegno;
 - 8) attacco a vite.

Fig. 3.24 - Esempio di lampada a vapori di mercurio a luce miscelata.

Queste radiazioni mescolandosi tra di loro forniscono una luce bianca diffusa e di tonalità gradevole. La temperatura di colore varia da 3100 a 4200 K e l'indice R_a da 45 a 75. Peggiora sensibilmente l'efficienza luminosa che scende a circa 20÷30 lm/W.

Il filamento, agendo da elemento stabilizzatore, consente di collegare direttamente alla rete di alimentazione (220/240 V) questo tipo di lampada (non sono perciò necessari apparecchi ausiliari); anche in questo caso, però, la riaccensione della lampada calda non può essere immediata.

Ai fini del risparmio energetico, le lampade a vapori di mercurio a luce miscelata sono adatte a sostituire quelle ad incandescenza sia per la loro elevata efficienza luminosa sia per la maggiore durata, che può variare da 5000 a 8000 ore circa.

Queste lampade trovano impiego nell'illuminazione generale di fabbriche e magazzini, sostituendo in modo e-gregio le lampade ad incandescenza di grande potenza.

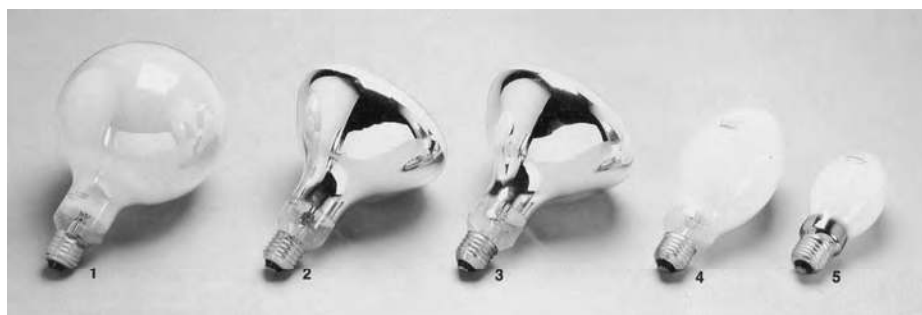


Fig. 3.25 - Esempi di lampade a vapori di mercurio e a luce miscelata: 1) SUPER DE LUXE di tipo sferico, 2) DE LUXE con riflettore incorporato e luce miscelata, 3) DE LUXE con riflettore incorporato, 4) Standard ellissoidale a luce miscelata, 5) Standard ellissoidale (Osram).

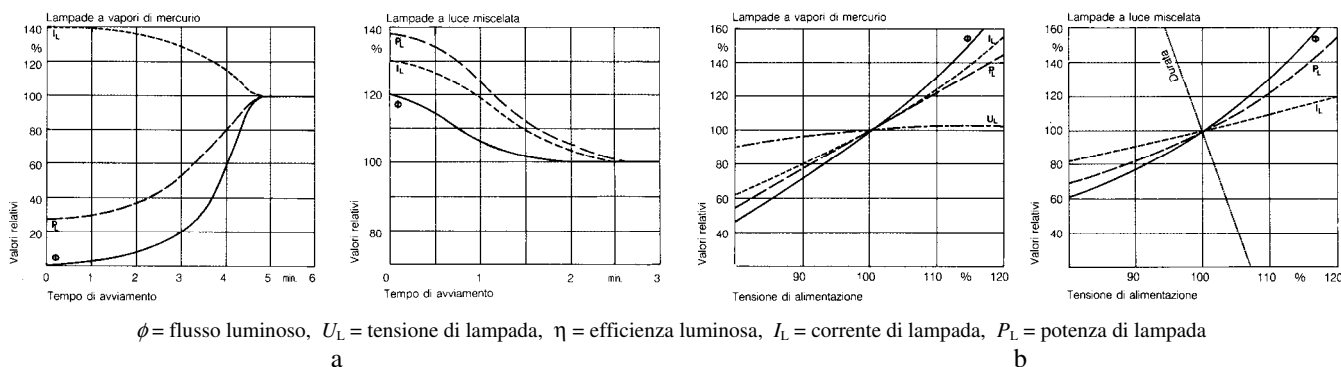


Fig. 3.26 - a) Diagrammi che rappresentano la variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento della lampada durante la fase di avviamento delle lampade a vapore di mercurio e a luce miscelata - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade a vapore di mercurio e a luce miscelata (Osram).

3.8 Lampade ad alogenuri metallici

Le lampade ad alogenuri metallici costituiscono un'evoluzione di quelle a vapori di mercurio ad alta pressione con lo scopo di migliorare la resa cromatica.

Il riempimento del tubo comprende, oltre all'argo e al mercurio, additivi come il sodio, il tallio e l'indio oppure altri elementi chimici rari (olmio, cesio, disprosio) che hanno lo scopo di emettere radiazioni complementari a quelle del vapore di mercurio.

Questi additivi, introdotti allo stato puro nell'ampolla di quarzo, ne provocherebbero il rapido annerimento se non si provvedesse alla rigenerazione mediante composti con alogeno (in genere indio) aventi la stessa funzione di ricombinazione ionica vista per le lampade alogene ad incandescenza. Da ciò deriva la denominazione di lampade ad alogenuri.

Come è possibile osservare nella fig. 3.27a, il tubo di scarica è simile a quello della lampada a vapori di mercurio, ma può mancare l'elettrodo di accensione.

Il tubo di scarica è racchiuso in un bulbo di vetro, ma non è indispensabile che sia rivestito internamente di una sostanza fluorescente perché lo spettro di emissione è esteso quasi completamente all'intero campo delle radiazioni visibili.

Il principio di funzionamento a regime è simile a quello delle lampade a vapori di mercurio, con la differenza determinante della presenza degli additivi che producono un notevole aumento della tensione di innesco; l'accensione si ottiene con un dispositivo costituito da un trasformatore elevatore, collegato ad un generatore di impulsi come mostrato nella fig. 3.27b.

Quando la lampada è spenta e il circuito è in tensione, il generatore di impulsi alimenta il primario di un trasformatore il cui secondario è collegato in serie alla lampada; si generano in tal modo impulsi nell'ordine delle migliaia di volt in grado di innescare l'arco.

A lampada accesa, la tensione al generatore diminuisce per effetto della caduta nel reattore e l'accenditore cessa automaticamente di funzionare.

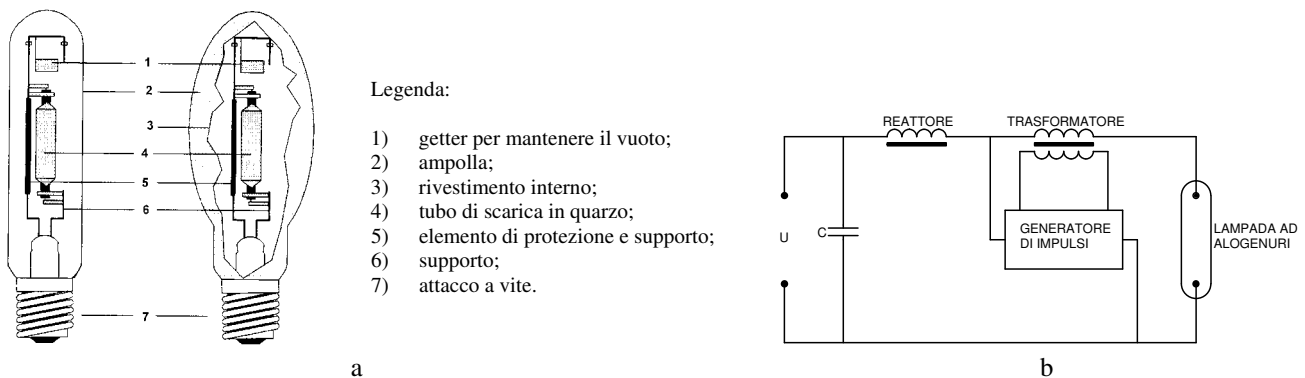


Fig. 3.27 - a) Esempio di lampada ad alogenuri metallici - b) Schema di collegamento di un alimentatore per una lampada ad alogenuri. Il condensatore C serve per rifasare il circuito.

Viene sfruttato un processo ciclico analogo a quello che si origina nelle lampade ad incandescenza con alogeni.

Il meccanismo è il seguente: nella zona centrale del tubo di scarica, in prossimità del suo asse, la scarica interessa praticamente solo il mercurio, il quale emette la sua caratteristica radiazione, mentre nella zona immediatamente circostante, dove la temperatura è sempre molto elevata, gli alogenuri si decompongono in alogeno e metallo, i quali emettono la propria caratteristica radiazione.

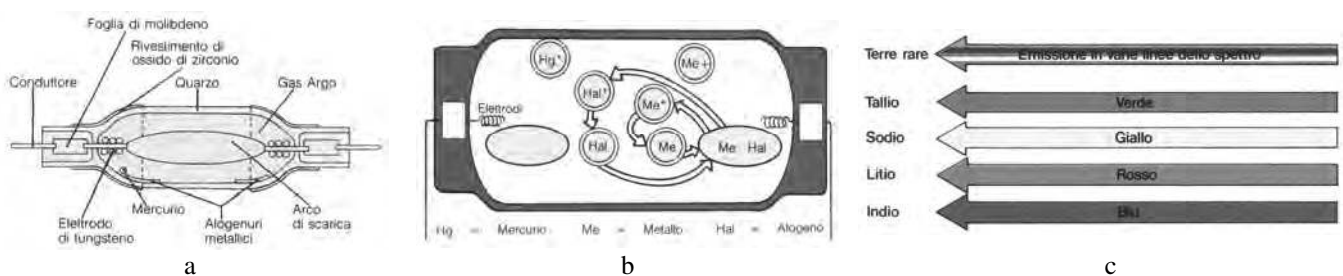


Fig. 3.28 - a) Elementi caratteristici di una lampada a vapori di alogenuri - b) Processo ciclico alogeno-metallo - c) Tipo di colore/radiazioni a seconda del tipo di metallo aggiunto nel tubo di scarica al mercurio (Osram).

Nella zona più esterna, ossia quella a contatto con le pareti di quarzo, per effetto della temperatura più bassa i metalli si ricombinano con l'alogeno, perdendo la propria aggressività chimica e consentendo l'inizio di un nuovo ciclo.

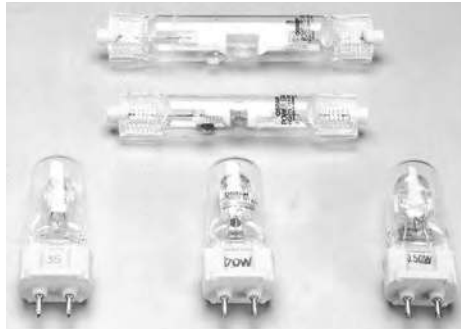


Fig. 3.29 - Lampade a vapori di alogenuri di piccola potenza modello POWER STAR HQI da 35 W, 70 W, 150 W con attacco tipo G12 (tipo T) e da 70 W e 150 W a doppio attacco tipo R7s (tipo TS) (Osram).

Ai vantaggi tipici delle lampade a vapori di mercurio si aggiunge un notevole aumento dell'efficienza (fino a 90 lm/W) e della resa cromatica che, nei tipi più pregiati, (quelli con additivi costituiti da terre rare) può arrivare a $R_a = 90$ con una temperatura di colore di 5500 K. I tipi ordinari al sodio, al tallio e all'indio hanno una resa cromatica $R_a = 70$ e una tonalità più fredda.

Il principale difetto delle lampade ad alogenuri è costituito dalla notevole tensione di innesco che può scaricare direttamente nei portalampade di tipo Edison; ne consegue che i tipi con maggiore efficienza utilizzano attacchi speciali. Un ulteriore difetto è la riduzione della durata anche per modesti aumenti della tensione.

Questo tipo di lampada ha una posizione di funzionamento obbligata nei tempi sia di accensione sia di riaccensione, simile a quelle a vapori di mercurio. Necessita pertanto di apparecchiature ausiliarie per facilitare l'innesco della scarica e la sua stabilizzazione. La durata teorica può arrivare in alcuni modelli a circa 9000 ore.

Caratteristiche generali		Attacco	Potenza nominale [W]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
Temperatura di colore	3000+6000 K	E27	77	5200	67
Resa colori	$R_a = 60-90$	E27	100	820	82
Tempo di accensione	3÷4 min	E40	250	19000	76
Corrente di avviamento	$1,6 I_n$	E40	420	3000	71
Vita probabile	9000 h	E40	1000	80000	80
		E40	2000	170000	85

Tab. 3.13 - Caratteristiche indicative delle lampade ad alogenuri.

Il loro principale campo di applicazione, considerata la buona resa cromatica, si estende a supermercati, sale per conferenze, piscine, campi sportivi, centri urbani e parcheggi. Quando è richiesta una elevata potenza luminosa trovano applicazione anche per le riprese televisive e cinematografiche, illuminazione stradale di centri storici ed illuminazione architettonica di palazzi e monumenti. I tipi più compatti, come mostrato in fig. 3.30, sono impiegati in tutte quelle applicazioni in cui è necessario avere un'ottima qualità di luce, accompagnata da bassi costi di gestione.



Fig. 3.30 - Lampade a vapori di alogenuri di potenza POWER STAR HQI (fino a 3500 W): 1) Per riaccensione immediata, tipo TS, 2) Tubolare chiara, tipo T, 3) Elissoide, tipo E, 4) Tubolare chiara, tipo T (Osram).

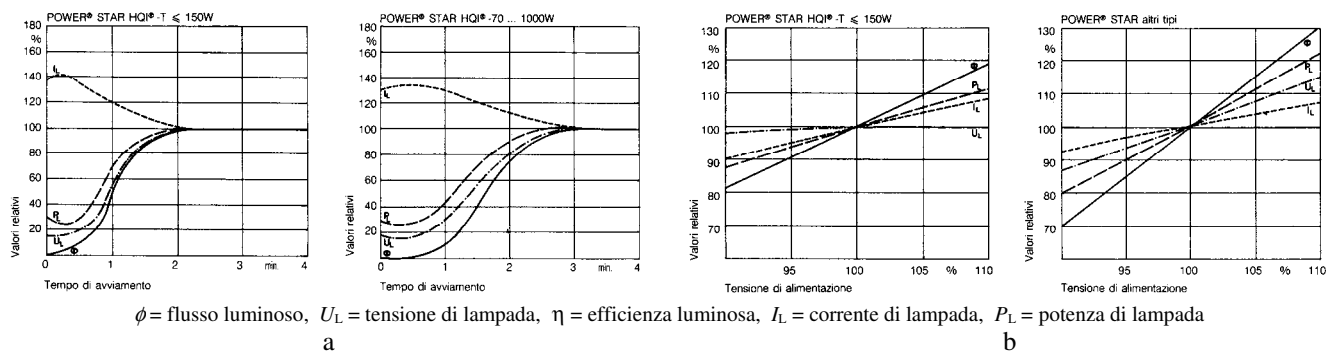


Fig. 3.31 - Lampade ad alogenuri: a) Variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento di alcuni tipi durante la fase di avviamento - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade (Osram).

Tipo	Potenza nominale [W]	Potenza assorbita [W]	Diametro [mm]	Lunghezza [mm]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
<i>Con bulbo fluorescente</i>						
	50	59	55	130	2000	40
	80	89	70	156	4000	50
	125	137	75	170	6500	52
	250	266	90	226	14000	56
	400	425	120	292	24000	60
	700	735	150	243	40000	61
	1000	1045	165	380	60000	60
	2000	2070	185	420	130000	63
<i>A luce miscelata</i>						
	160	160	87	187	3100	19
	250	250	106	230	5600	22
	500	500	130	275	14000	28
	1000	1000	160	315	32500	32
<i>Ad alogenuri</i>						
Bulbo tubolare chiaro	250	275	38	220	19000	76
	360	385	46	285	28000	73
	1000	1035	80	340	80000	80
	2000	2070	100	430	170000	85
	3500	2120	100	430	300000	82
Bulbo ellissoidale fluorescente	250	275	90	226	18000	65
	360	385	120	292	26000	68

Tab. 3.14 - Caratteristiche indicative delle lampade a vapori di mercurio con bulbo fluorescente, a luce miscelata e ad alogenuri. La potenza assorbita comprende le perdite dell'alimentatore (Osram).

3.9 Lampade a vapori di sodio a bassa ed alta pressione

Le lampade a vapori di sodio a bassa pressione sono costituite da un bulbo di forma tubolare ripiegato su se stesso a forma di U, riempito con una miscela di gas inerti e una certa quantità di sodio.

Quando la lampada è fredda, il sodio si deposita sotto forma di goccioline; quando la lampada si riscalda, il sodio passa allo stato di vapore. L'innesco della scarica avviene mediante l'uso di un elettrodo ausiliario in presenza di neon per portare il sodio allo stato di vapore.

Il tubo è dotato di pozzetti di raccolta del sodio per evitare che, durante la fase di condensazione, questo si possa concentrare in un solo punto.

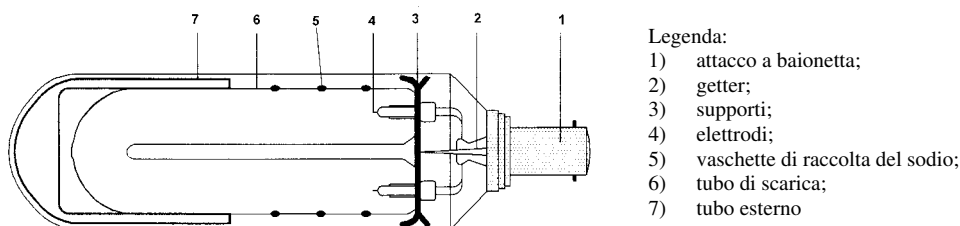


Fig. 3.32 - Esempio di lampada a vapori di sodio a bassa pressione.

Per ridurre la quantità di calore che viene emessa verso l'esterno, il tubo a U viene racchiuso all'interno di un contenitore di vetro. Il montaggio di questo tipo di lampada deve essere sostanzialmente orizzontale.

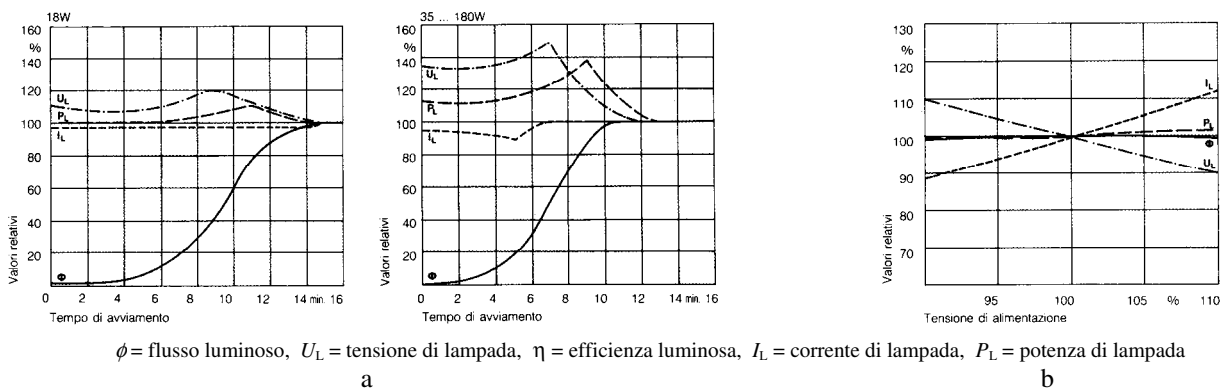
Queste lampade sono caratterizzate dall'emissione di una luce monocromatica e quindi tutta la radiazione visibile emessa è concentrata in prossimità del punto di picco della curva di sensibilità dell'occhio umano (colore giallo-verde, pari a 555 nm).

Ciò spiega l'elevata efficienza luminosa, che può raggiungere in alcuni tipi il valore di 200 lm/W, e una resa cromatica praticamente uguale a zero (minore $R_a < 20$).

Oltre alla difficoltà di distinguere i colori, costituisce un notevole limite la posizione di posa obbligata, poco diversa da quella orizzontale, per consentire la raccolta del sodio entro gli appositi incavi del tubo a lampada spenta.

Il tempo necessario affinché la lampada vada a regime è di circa 8÷12 minuti, mentre il reinnesco a caldo è immediato e la durata media è di circa 10000 ore.

Queste lampade, che richiedono apparecchiature ausiliarie di alimentazione, sono particolarmente indicate per l'illuminazione di strade, incroci, gallerie, sottopassaggi, parcheggi, installazioni militari, porti, nodi ferroviari, svincoli stradali e autostradali, piazzali con scarso traffico pedonale e di tutti quei luoghi dove è trascurabile l'esigenza del rispetto dei colori, ma si richiede una buona visibilità.



Le lampade a vapori di sodio ad alta pressione derivano da quelle a vapore di sodio a bassa pressione che nel lontano 1932 furono le prime sorgenti luminose a scarica in gas ad essere messe in commercio.

Le lampade a vapori di sodio a bassa pressione sono dotate di un'efficienza luminosa elevatissima, ma la luce da esse emessa è gialla monocromatica per cui, essendo caratterizzata da un indice di resa cromatica zero, non permettono la distinzione dei colori.

Le lampade a vapori di sodio ad alta pressione sono costituite da un tubo di scarica in materiale ceramico trasparente racchiuso in un'ampolla di vetro a bulbo o tubolare. Hanno una struttura più compatta ed emettono una luce di maggiore qualità rispetto alle lampade a vapori di sodio a bassa pressione.

Il particolare materiale ceramico con cui è realizzato il tubo di scarica è costituito da ossido di alluminio sinterizzato, con un punto di rammollimento al di sopra dei 2000 °C, resistente all'azione aggressiva del sodio ad alta temperatura e pressione e con un coefficiente di trasparenza per le radiazioni luminose superiore al 90%.

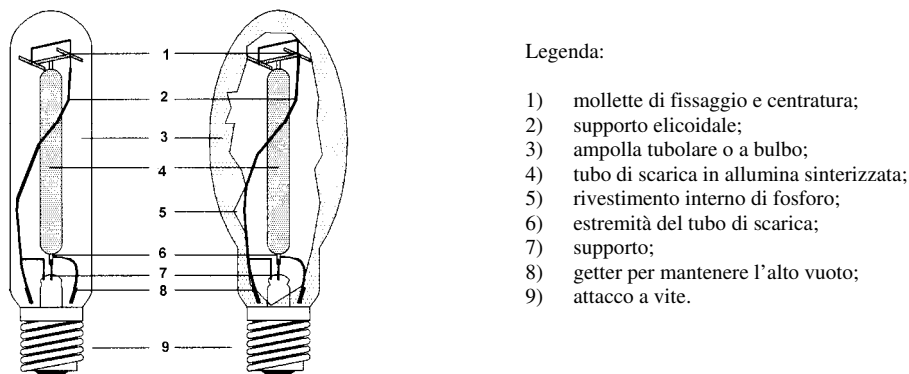


Fig. 3.34 - Esempio di lampada a vapori di sodio ad alta pressione.

A seconda del valore della pressione del sodio all'interno del tubo a scarica, le lampade di questo tipo attualmente disponibili possono essere raggruppate nei tre seguenti gruppi:

- 1) **standard** in cui la pressione del sodio è di 10 kPa;
- 2) **a luce comfort** in cui la pressione del sodio è di 40 kPa;
- 3) **a luce bianca** in cui la pressione del sodio è di 95 kPa.

I tipi **standard** sono costituiti da un tubo a scarica in ossido di alluminio sinterizzato entro cui viene introdotta la necessaria quantità di una lega di sodio e di mercurio (amalgama di sodio) unitamente ad un gas raro (per esempio, xenon o neon più argo).

La luce di queste lampade è caratterizzata da una tonalità corrispondente alla temperatura di colore di 1950 K e un indice di resa cromatica $R_a = 23$.

L'efficienza luminosa è molto elevata. Per esempio, le lampade standard da 400 W tubolari sono caratterizzate da un'efficienza luminosa di 120 lm/W (escluse le perdite nelle apparecchiature di alimentazione).

La durata di vita media è di circa 9000 ore.

Il decadimento del flusso luminoso al termine della vita media è di circa il 10% rispetto al valore iniziale. Possono funzionare in qualsiasi posizione.

Per quanto attiene al collegamento alla rete di alimentazione, le lampade a vapore di sodio ad alta pressione "standard" possono essere raggruppate nelle seguenti famiglie.

Quelle per la cui accensione si fa ricorso ad un apposito accenditore esterno, quelle in cui l'innesco della scarica è determinato da uno speciale accenditore incorporato e, infine, quelle prodotte per essere direttamente sostituite alle lampade a vapori di mercurio con bulbo fluorescente senza alcuna modifica dell'impianto.

L'impiego dei due ultimi tipi è rivolto agli ambienti esterni, mentre il primo tipo è il più utilizzato per gli ambienti interni.

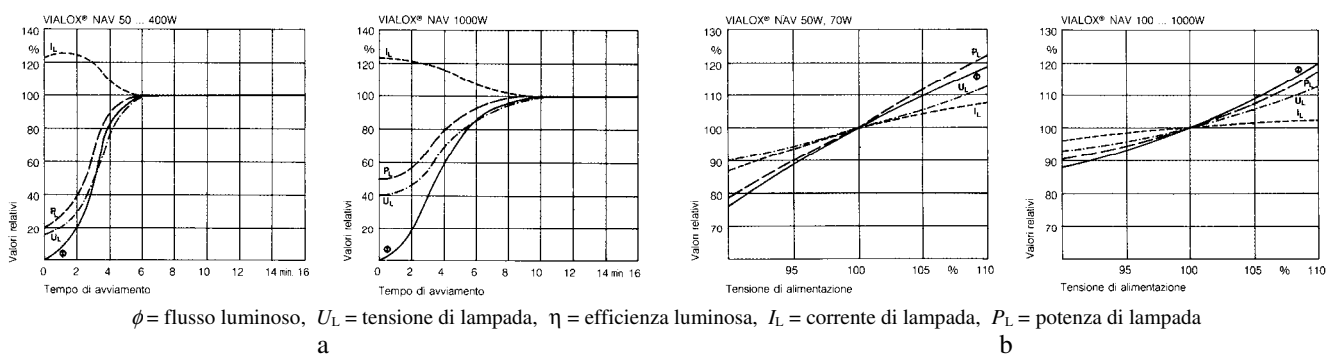


Fig. 3.35 - Lampade a vapori di sodio a bassa pressione standard: a) Variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento di alcuni tipi durante la fase di avviamento - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade (Osram).

Le lampade standard previste per il funzionamento con reattore ed accenditore esterno sono collegate alla rete, oltre che attraverso un alimentatore induttivo che limita la corrente di scarica, attraverso un accenditore elettronico esterno cui è demandata la funzione di fornire i picchi di tensione necessari per l'innesco della scarica.

L'accenditore deve essere in grado di fornire alla lampada impulsi di tensione con picchi compresi tra 2 e 3,5 kV; tali impulsi si sovrappongono alla tensione di rete. Appena la scarica si è innescata, l'accenditore si auto disinserisce.

Il fattore di potenza ($\cos \varphi$) del complesso lampada-alimentatore varia tra 0,4 e 0,5 a seconda della potenza della lampada; per il rifasamento al valore prescritto di 0,9 è necessario adottare condensatori di capacità adeguata.

Il periodo di tempo necessario perché le lampade a vapore di sodio ad alta pressione arrivino ad emettere l'80% del flusso luminoso massimo è di circa 5÷6 minuti.

Caratteristiche generali		Attacco	Potenza nominale [W]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
Temperatura di colore	1800+2000 K	E27	50	3500	70
Resa colori	$R_a = 20 \div 30$	E27	70	5600	80
Tempo di accensione	5÷6 min	E40	150	14000	93
Corrente di avviamento	$1,2 I_n$	E40	250	25000	100
Vita probabile	9000 h	E40	400	47000	117
		E40	1000	128000	128

Tab. 3.15 - Caratteristiche indicative delle lampade a vapori di sodio ad alta pressione di tipo standard.

Nel caso di breve mancanza di tensione dalla rete perché esse possano riaccendersi, al ristabilirsi delle condizioni normali di alimentazione, è necessario che si raffreddino per circa un minuto.

Le lampade standard con reattore ed accenditore esterno sono disponibili in varie forme: in vetro chiaro, a bulbo diffondente (forma ellissoidale) con potenze da 70 a 1000 W e attacco E27 per le lampade da 70 W ed E40 per le potenze superiori e, infine, tubolari a doppio attacco laterale.

Queste lampade, visto che emettono la luce di colore giallo, sono raccomandate per l'illuminazione di aree esterne con presenza di nebbia.

Aumentando la pressione del sodio all'interno del tubo a scarica da 10 kPa a 40 kPa, si è riusciti a realizzare lampade a vapore di sodio ad alta pressione che, per quanto riguarda la forma, il principio di funzionamento e il sistema di alimentazione sono uguali al tipo standard, ma caratterizzate da una luce qualitativamente migliore.

Tale luce, definita di tipo *comfort*, è caratterizzata da un indice di resa cromatica $R_a = 65$, una temperatura di colore di 2200 K e, infine, uno spettro di emissione notevolmente più calibrato rispetto a quello delle lampade di tipo standard.

Rispetto alle lampade standard, quelle a luce comfort di pari potenza sono però caratterizzate da un'efficienza luminosa alquanto inferiore.

Per esempio, mentre l'efficienza delle lampade standard da 400 W è di 120 lm/W, l'efficienza di quelle a luce comfort da 400 W è, nelle stesse condizioni, di 100 lm/W.

Questo tipo di lampade trova impiego nell'illuminazione dei locali industriali di notevole altezza in cui si svolgono lavorazioni che richiedono una buona distinzione delle sfumature cromatiche, impianti sportivi come, per esempio, palestre, palazzetti, piscine, depositi, capannoni, illuminazione di monumenti.



Fig. 3.36 - a) Lampade a vapori di sodio: 1) Tipo ad alta pressione standard tubolare in vetro chiaro, 2) Tipo ad alta pressione standard tubolare con attacchi laterali, 3) Tipo ad alta pressione standard con bulbo diffondente ellissoidale, 4) Tipo a bassa pressione tubolare in vetro chiaro (Osram) - **b)** Variazione dell'indice di resa cromatica (R_a), efficienza luminosa (η) e temperatura di colore (T_K), in funzione dell'aumento della pressione del vapore di sodio all'interno del tubo di scarica nelle lampade ad alta pressione (1 torr equivale a 133,32 Pa).

Le lampade a vapori di sodio ad alta pressione **a luce bianca** sono costituite da un tubo a scarica, in alluminio sinterizzato, di dimensioni assai ridotte e disposto all'interno di un bulbo esterno coassiale.

Anche in questo caso la via seguita è stata quella di incrementare ulteriormente il valore della pressione (95 kPa) del vapore di sodio all'interno del tubo a scarica.

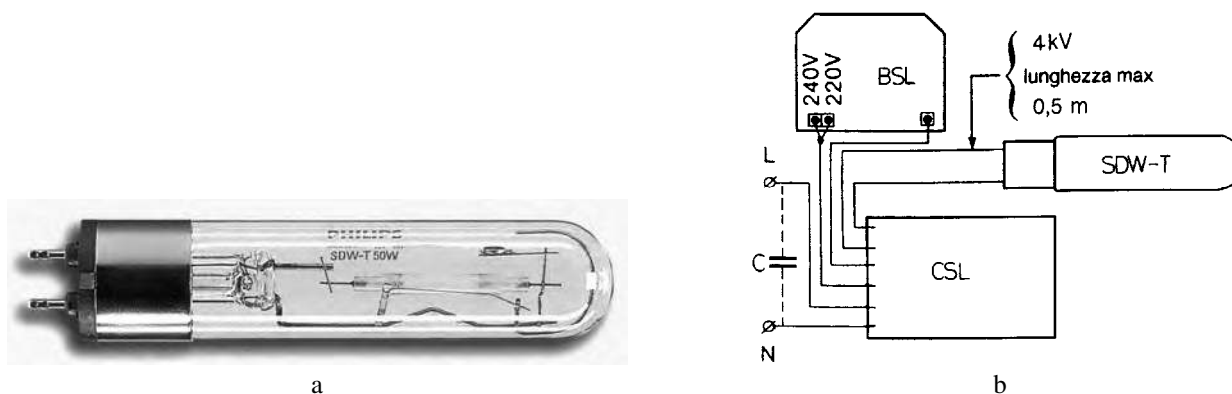


Fig. 3.37 - a) Lampade a vapori di sodio tipo ad alta pressione a luce bianca (White Son) - **b)** Circuito di alimentazione. Si noti il condensatore di rifasamento C (Philips).

La luce emessa ha le seguenti caratteristiche:

- tonalità corrispondente ad una temperatura di colore di 2500 K, cioè qualitativamente molto vicina a quella delle lampade ad incandescenza;
- indice di resa cromatica $R_a = 85$;
- spettro di emissione molto calibrato.

L'efficienza luminosa è elevata, proprio grazie al valore alto della pressione all'interno del tubo di scarica, ma meno elevata rispetto a quella delle lampade al sodio ad alta pressione di tipo standard e a luce comfort.

Così, per esempio, l'efficienza luminosa di queste lampade con una potenza di 35 W, 50 W e 100 W è, prescindendo dalle perdite nelle apparecchiature di alimentazione, rispettivamente di 37 lm/W, 46 lm/w e 47 lm/W.

La durata media di queste lampade è di circa 8000 ore e, grazie ai perfezionamenti tecnologici apportati di recente nel processo di fabbricazione, la luce emessa si mantiene perfettamente bianca, con un viraggio di colore inferiore a 100 K.

Proprio in relazione all'indice di resa cromatica molto alto, esse sono assai adatte a sostituire in molti campi d'impiego le lampade a filamento.

Queste lampade possono funzionare in qualsiasi posizione ed essendo dotate di un attacco tipo PG12-1 costituito da due spinotti, come mostrato in fig. 3.37a, consentendo un esatto posizionamento all'interno degli apparecchi illuminanti.

Queste lampade (SDW-T) per funzionare correttamente devono essere collegate alla rete di alimentazione oltre che tramite un alimentatore (BSL) cui è demandata la funzione di limitare la corrente di scarica, anche mediante una speciale apparecchiatura elettronica, denominata CSL, che ha la funzione sia di stabilizzare la tensione sia da accenditore, come mostrato nella fig. 3.37b.

Per quanto riguarda le applicazioni, esse trovano un impiego molto importante per l'illuminazione dei negozi, delle vetrine e dei musei dove costituiscono una valida alternativa alle lampade ad incandescenza sia tradizionali sia alogene.

Oltre all'efficienza e alla durata di vita più elevata, esse presentano i seguenti ulteriori vantaggi:

- non emettono raggi ultravioletti che sono molto dannosi per quanto riguarda la decolorazione degli oggetti esposti;
- possono essere utilizzate per esaltare e rendere più attraenti i colori caldi;
- sono caratterizzate da una luminanza di valore notevolmente minore per cui rendono più facile il controllo dell'abbagliamento;
- danno luogo ad una produzione minore di calore.

Tipo	Potenza nominale [W]	Potenza assorbita [W]	Diametro [mm]	Lunghezza [mm]	Flusso luminoso [lm]	Efficienza luminosa [lm/W]
<i>Lampade a bassa pressione</i>						
	18	27	53	216	1800	67
	35	56	51	310	4600	82
	55	76	51	425	7600	100
	90	113	65	528	12500	110
	135	175	65	775	21500	123
	180	220	65	1120	31000	140
	200	235	65	1200	31000	132
<i>Lampade ad alta pressione standard</i>						
Bulbo cilindrico chiaro	250	275	46	257	20000	73
	400	450	46	285	40000	89
	1000	1090	65	373	100000	92
Bulbo ellissoidale diffondente	250	275	90	226	19000	69
	400	450	120	292	38000	84
	1000	1090	165	400	93000	86

Tab. 3.16 - Caratteristiche indicative delle lampade a vapori di sodio. La potenza assorbita comprende le perdite dell'alimentatore (Osram).

Tutte le lampade a vapori di sodio hanno un funzionamento che non dipende esclusivamente dalla temperatura ambiente; per avere il massimo rendimento, tuttavia, devono lavorare ad una temperatura opportuna.

Per questo motivo sono sempre racchiuse entro un vetro di protezione che riflette in parte i raggi infrarossi emanati verso l'interno.

3.10 Lampade ad induzione

Recentemente la tecnologia ha messo a disposizione una nuova lampada detta ad induzione (lampade QL).

Alimentato da un generatore ad alta frequenza, il rivoluzionario sistema di queste lampade utilizza l'induzione elettromagnetica in combinazione con i principi di base della tecnologia delle tradizionali lampade fluorescenti a bulbo.

La ionizzazione del vapore di mercurio contenuto nell'ampolla di scarica delle lampade ad induzione avviene senza l'ausilio di elettrodi, dato che l'energia necessaria a tale scopo viene fornita da una generatore elettronico con una frequenza operativa di 2,65 MHz, collegato ad una bobina-antenna posizionata nel bulbo della lampada, come mostrato nella fig. 3.38a.

Nella lampada risulta così indotto un campo magnetico alternato che, a sua volta, crea un campo elettrico, il quale accelera gli elettroni presenti nel bulbo e ne provoca la collisione con gli atomi di mercurio.

A seguito di tali collisioni, una parte degli atomi di mercurio viene ionizzata e ciò vale a mantenere la corrente di scarica; la restante parte degli stessi viene invece eccitata, per cui emette radiazioni ultraviolette le quali, a loro volta, colpiscono lo strato di polveri fluorescenti che rivestono la superficie interna del bulbo e, quindi, vengono trasformate in radiazioni comprese nello spettro visibile.

Le lampade ad induzione hanno, come si è visto in precedenza, la caratteristica di essere prive di elettrodi o filamenti ed è proprio in relazione all'assenza di tali componenti che esse sono caratterizzate da una durata straordinariamente elevata di circa 60000 ore.

Mantenere una modesta temperatura all'interno della lampada è un altro fattore che contribuisce ad elevare la vita operativa di queste lampade. Attualmente sono disponibili le lampade QL da 55 W e da 85 W, come mostrato nella fig. 3.38b, caratterizzate dalla presenza di polveri fluorescenti trifosfori in grado di emettere una luce di qualità ottimale.

Le efficienze variano da 65 lm/W a 70 lm/W, con temperature di colore di 2700, 3000 K e 4000 K.

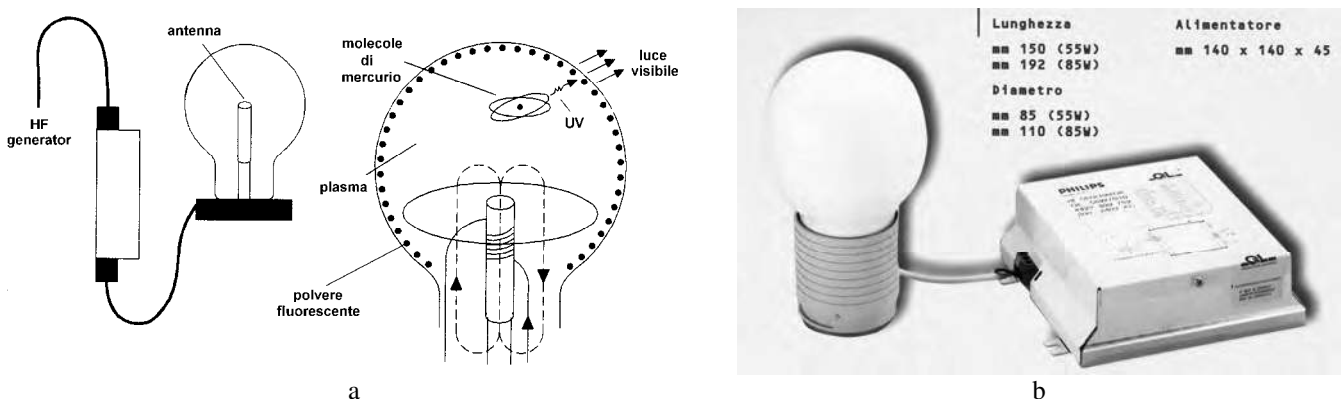


Fig. 3.38 - a) Principio di funzionamento delle lampade ad induzione - b) Esempio di lampada ad induzione tipo QL e relativo alimentatore elettronico (Philips).

Queste lampade offrono i seguenti vantaggi:

- una durata operativa estremamente prolungata (60000 ore), che affranca virtualmente dalla necessità di manutenzione, fattore di grande importanza soprattutto nei casi in cui risulta difficoltoso e/o costoso accedere agli apparecchi di illuminazione;
- un elevato grado di affidabilità operativa ed un'elevata resistenza agli urti ed alle vibrazioni;
- accensione e riaccensione immediate, fattore importante per il comfort e la sicurezza degli ambienti di lavoro;
- assenza di effetto stroboscopico;
- assenza di sfarfallamento;
- indipendenza dalle fluttuazioni della tensione di alimentazione;
- funzionamento in qualsiasi posizione;
- eccellenti caratteristiche di colore, fattore che consente un'ottima integrazione nelle installazioni con lampade fluorescenti.

Nell'ambito degli interni, queste lampade sono adatte ad essere installate, come si è detto sopra, in locali in cui la manutenzione risulti piuttosto difficile, come, per esempio, grandi magazzini, supermercati, centri commerciali, hotel, stazioni ferroviarie, aeroporti.

3.11 Lampade LED

I diodi ad emissione (light emitting) sono dispositivi a semiconduttore dotati di una giunzione **pn** realizzata in silicio opportunamente drogata (per esempio, GaAs: arseniuro di gallio, GaP: fosfuro di gallio, GaAsP: fosfuro arsenuro di gallio, SiC: carburo di silicio, GaInN: nitruro di gallio e indio), aventi la caratteristica di emettere una radiazione elettromagnetica monocromatica (il colore dipende dal drogaggio introdotto nel silicio) quando si raggiunge una determinata tensione di soglia (generalmente da 3 a 5 V).

A seconda che l'emissione avvenga nel campo del visibile o dell'infrarosso, si parla rispettivamente di **LED** (*Light Emitting Diode*) o di **IR** (*Infra Red Emitting Diode*) detti anche LED all'infrarosso.

Il chip attivo è collegato ai due terminali esterni ed è adagiato su un riflettore che aumenta l'efficienza luminosa del componente.

Il tutto è annegato (incapsulamento) in una resina isolante di tipo epossidico, caratterizzata da adeguate caratteristiche meccaniche ed ottiche.

Si viene così a realizzare un dispositivo monoblocco privo di parti mobili o fragili (per esempio, filamenti, elettrodi, bulbi di vetro), con un elevatissima resistenza agli urti o altre sollecitazioni, e con la più assoluta ermeticità rispetto ai liquidi e alla polvere.

Il dispositivo è polarizzato: la differente lunghezza dei due terminali esterni ed un'asimmetria del contenitore plastico consentono l'individuazione dell'anodo e del catodo.

L'assorbimento della resina alle frequenze ottiche deve essere il più basso possibile onde permettere alla radiazione emessa dal chip di raggiungere la superficie del contenitore con una bassa attenuazione.

La parte superiore del contenitore prevede una lente focalizzatrice dalla quale dipendono alcune proprietà ottiche come l'angolo di vista del componente.

La tecnologia allo stato solido sfruttata per la realizzazione di questi dispositivi, unitamente all'assenza di elementi deteriorabili tipici di altre sorgenti luminose (elettrodi, filamenti, gas, ecc.) ed un'elevata robustezza meccanica, conferiscono al LED una vita media nell'ordine di 100000 ore.

La fine della vita operativa viene convenzionalmente fissata nell'istante in cui l'intensità luminosa emessa scende al 50% del suo valore iniziale.

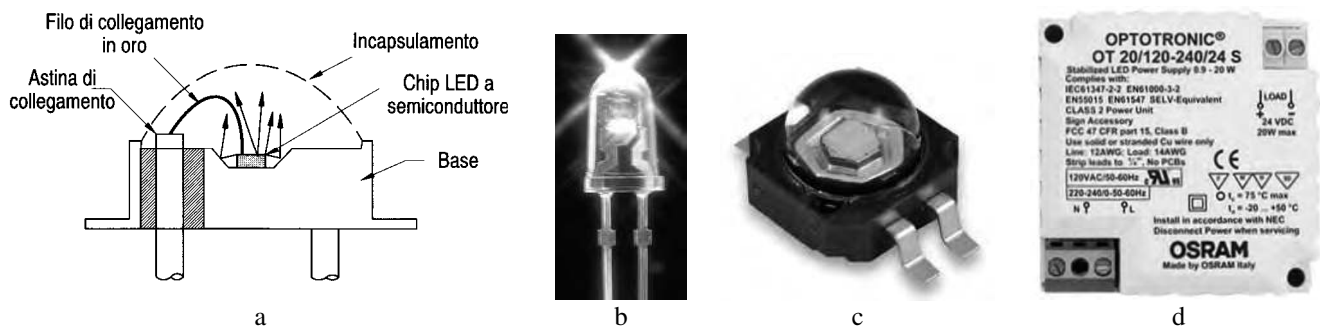


Fig. 3.39 - a) Principio di funzionamento dei diodi LED - b) Esempio di diodo LED convenzionale con il contenitore (package) tipo THT, si notino i due terminali per il collegamento elettrico - c) Esempio di diodo LED di nuova generazione con il contenitore (package) tipo SMT, per il montaggio su circuito stampato - d) Alimentatore stabilizzato per diodi LED (Osram).

Il LED a luce bianca, così come è oggi conosciuto, è il risultato di quasi mezzo secolo di ricerche e continui miglioramenti che, dai primi esemplari (anno 1962) a bassissima efficienza in grado di emettere luce nell'infrarosso e di colore rosso, condussero a dispositivi caratterizzati da efficienze sempre più alte e cromaticità sempre più variegate.

Si dovette però attendere i LED a luce blu, disponibili solo all'inizio degli anni Novanta, per poter arrivare alla generazione a luce bianca.

Ottenere una radiazione bianca, partendo da dispositivi in grado di emettere solo luce monocromatica come i LED, è possibile con due distinte tecnologie.

- Utilizzo della tricromia: tre singoli LED caratterizzati dalla emissione ad appropriate lunghezze d'onda (nel rosso, nel verde e nel blu) e con i fasci di luce opportunamente collimati; questa tecnica è usata in particolare nella riproduzione digitale del colore.
- Utilizzo del principio della conversione: un LED a luce blu la cui radiazione (emissione primaria) stimola un'opportuna polvere fluorescente (depositata su una superficie interna al componente) la quale emette nel campo del giallo (emissione secondaria); questa tecnologia consente di ottenere efficienze ed intensità luminose di gran lunga superiori a quelle dei LED monocromatici.

Dalla miscelazione delle missioni primaria con quella secondaria è possibile ottenere una radiazione uniforme, percepita dall'occhio umano come luce bianca.

Variando la quantità e la concentrazione della polvere fluorescente, è possibile ottenere tonalità variabili dal bianco *freddo* (simile a quello emesso da alcune lampade fluorescenti) con una temperatura di colore di circa 6000 K, ad un bianco più *caldo* (più vicino a quello che caratterizza l'emissione di lampade ad incandescenza) con una temperatura di colore che può arrivare a 8000 K.

Il loro utilizzo diventa sempre più interessante, grazie anche al rendimento in costante crescita (attualmente vanno da 30 lm/W a 60 lm/W a seconda dei modelli).

I primi LED erano disponibili solo nel colore rosso. Venivano usati, per esempio, come indicatori nei circuiti elettronici e nei display a sette segmenti.

Successivamente vennero sviluppati LED che emettevano luce gialla e verde e vennero realizzati anche dispositivi che integravano due LED (generalmente uno rosso e uno verde) nello stesso contenitore, permettendo di visualizzare quattro stati (spento, verde, rosso, verde + rosso = giallo) con lo stesso dispositivo.

Negli anni '90 vennero realizzati LED con efficienza sempre più alta e in una gamma di colori sempre maggiore fino a quando, con la costruzione di LED a luce blu, fu possibile realizzare dispositivi che, integrando tre LED (rosso, verde, blu), potevano generare qualsiasi colore.

I LED in questi anni si sono diffusi in tutte le applicazioni in cui serve elevata affidabilità, lunga durata ed elevata efficienza, come per esempio: telecomandi a infrarossi, indicatori di stato (lampade spia) o di alimentazione nei quadri industriali, retroilluminazione di display a cristalli liquidi (LCD), semafori e lampade di stop delle automobili, cartelloni a messaggio variabile e illuminazione.

In particolare, le lampade spia a LED hanno contribuito ad aumentare la sicurezza per gli operatori e per le macchine grazie all'affidabilità delle segnalazioni.

Esempi di lampade di segnalazione (lampade spia) a LED per quadri industriali sono mostrati nella fig. 3.40c; generalmente funzionano con tensioni standard di 12 V, 24 V, 48 V, 115 V, 230 V e con assorbimenti massimi a 24 V AC/DC < 50 mA, 115 V AC < 18 mA, 230 V AC < 17 mA. Sono dotate di attacco a baionetta (Ba15d, Ba15s, Ba9s) oppure a vite (E14, E10) che ne consente la completa intercambiabilità con i modelli ad incandescenza. Esistono modelli, con uno o più LED, in grado di emettere luce solo lateralmente (per torrette luminose), lateralmente e frontalmente oppure solo frontalmente (per indicatori luminosi). Con i LED sono inoltre state realizzate lampade votive a 24 V AC/DC.

Nel caso di impiego nelle torrette luminose mostrate nella fig. 3.43b, si ricorda che è necessario usare lampadine LED con calotte colorate aventi lo stesso colore. Infatti le lampade ad incandescenza hanno un'emissione a spettro continuo e le calotte colorate svolgono la funzione di filtro, lasciando passare solo le emissioni con una lunghezza d'onda corrispondente al colore prescelto.

I LED sono invece una sorgente di luce monocromatica (a parte i LED bianchi). Quindi, con le lampadine LED le calotte colorate perdono la funzione di filtro e servono solo per esaltare il colore. L'impiego di lampadine LED a luce bianca, accoppiate con calotte di altro colore che non sia il bianco, ripristinano per queste ultime la funzione di filtro, ma con il risultato di diminuire l'efficienza luminosa dell'apparecchio.

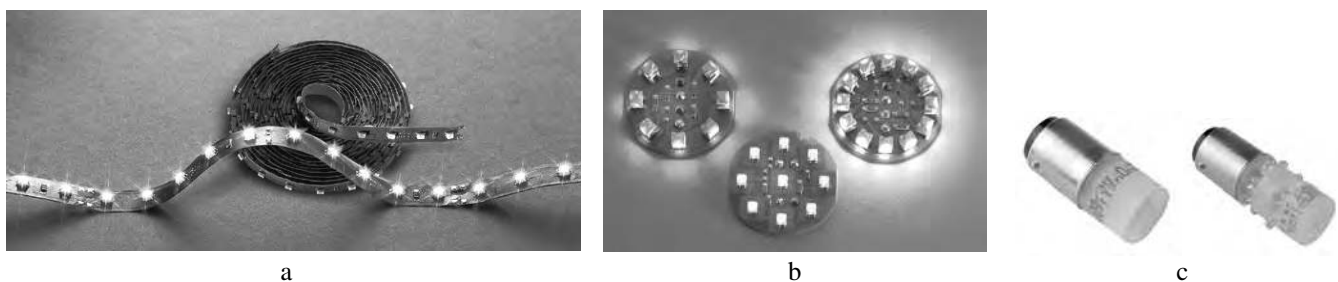


Fig. 3.40 - a) Esempio di piastrina flessibile con diodi LED di tipo SMT. Funziona mediante l'uso di appositi alimentatori in corrente continua a corrente costante - b) Esempi di moduli compatti di forma rotonda montati su di un circuito stampato rigido. La luce viene emessa verso l'alto nel modulo posto al centro, lateralmente negli altri due posti ai lati. Questi moduli sono indicati per realizzare apparecchi illuminanti per demarcare percorsi e per apparecchi da incasso a parete o a pavimento - c) Esempi di lampade di segnalazione (lampade spia) a LED per quadri industriali (24 V AD/DC). Si noti l'attacco a baionetta (per esempio, Ba15d, Ba15s, Ba9s) che ne consente la completa intercambiabilità con i modelli ad incandescenza. Il modello di sinistra emette solo luce frontale, mentre quello di destra solo luce laterale.

I LED sono sempre più utilizzati in ambito illuminotecnico in sostituzione di alcune sorgenti di luce tradizionali. Tuttavia, il loro utilizzo nell'illuminazione, in sostituzione di lampade ad incandescenza, alogene o fluorescenti compatte, non è ancora possibile con risultati soddisfacenti.

Fondamentalmente il limite dei LED per questo tipo di applicazione è la quantità di luce emessa che, nei modelli di ultima generazione per uso professionale, si attesta intorno a 120 lm, ma che nei modelli più economici raggiunge solo 20 lm.

Il loro utilizzo diventa invece molto più interessante in ambito professionale dove il rendimento di 40÷60 lm/W li rende una sorgente interessante per le applicazioni più comuni.

Basti pensare che una lampada ad incandescenza può avere un rendimento di circa 20 lm/W, mentre una alogena di circa 25 lm/W e, infine, una fluorescente lineare circa 100 lm/W.

Dal punto di vista applicativo, i LED sono ad oggi molto utilizzati quando l'impianto di illuminazione deve avere le seguenti caratteristiche: miniaturizzazione, colori saturi, effetti dinamici (variazioni di colore RGB), lunga durata e robustezza, valorizzazione di forme e volumi.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche dei LED per applicazioni illuminotecniche:

- durata di funzionamento (da 50000 a circa 100000 ore);
- assenza di costi di manutenzione;
- disponibili in diversi colori oltre al bianco (giallo, arancione, rosso, blu, verde);
- elevato rendimento in continuo aumento (se paragonato alle lampade ad incandescenza e a quelle alogene);
- luce priva di componenti IR e UV;
- bassa dissipazione di calore e, quindi, minimo riscaldamento degli oggetti illuminati; occorre però tenere presente che, se riscaldati, riducono l'emissione luminosa (temperatura di funzionamento $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$); questo fenomeno è più significativo nei LED gialli che in quelli a luce verde;
- facilità di realizzazione di ottiche efficienti in plastica;
- flessibilità di installazione del punto luce;
- colori saturi;
- possibilità di un forte effetto spot; è possibile avere delle sorgenti quasi puntiformi (angolo di emissione da 15° a 120°);
- funzionamento in sicurezza perché a bassissima tensione mediante appositi alimentatori in corrente continua (normalmente 24 V DC) anche a distanze elevate (anche superiori a 40 m);
- accensione istantanea;
- accensione anche a basse temperature senza problemi (fino a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- possibilità di controllo continuo dell'intensità luminosa senza alterazione del colore;
- insensibilità a umidità e vibrazioni;
- dimensioni ridotte che consentono una grande libertà nel design degli apparecchi o dei sistemi di illuminazione;
- possibilità di generare effetti decorativi per mezzo di luce colorata ottenuto senza l'uso di filtri che riducono l'efficienza degli apparecchi illuminanti;
- soluzioni luminose estremamente piatte grazie allo spessore minimo dei moduli con LED tipo SMT;
- ideali anche per l'impiego in sistemi funzionanti ad energia solare, grazie ai consumi minimi e al basso valore della tensione necessaria per ogni LED;
- assenza di mercurio.



a



b

Fig. 3.41 - a) Esempio di sorgente luminosa a LED per l'illuminazione d'accento. Sono disponibili modelli a plafone, a incasso, su binario e a parete (Philips) - b) Esempio di sorgente luminosa concepita per creare effetti di luce in ambienti umidi o bagnati (grado di protezione IP68) dotata di uno o tre LED in versione con luce blu, bianca e RGB (Philips).

Le applicazioni dei LED nel campo illuminotecnico sono molteplici già ora, ma sono in continua evoluzione. Di seguito vengono riportati alcuni esempi di impiego in ambito civile ed industriale.

Illuminazione domestica. I LED trovano spazio attualmente in particolare nella realizzazione di luce colorata a scopo decorativo. Grazie alle forme flessibili e compatte, i LED possono essere inseriti nei mobili, nelle cucine e nei bagni, creando risultati di grande effetto.

Trovano applicazione anche per l'illuminazione decorativa e dei giardini. Inoltre, siccome hanno bassi consumi energetici, consentono la realizzazione di impianti alimentati mediante pannelli fotovoltaici o a batteria.

Per quanto riguarda l'illuminazione generale, sono disponibili modelli che possono sostituire, senza modifiche all'impianto elettrico, le normali lampade ad incandescenza e alogene in quanto garantiscono un'elevata durata e un sempre più importante risparmio energetico. Il rapporto prezzo/prestazioni diventerà sempre più competitivo, rispetto alle lampade tradizionali, nei prossimi anni.

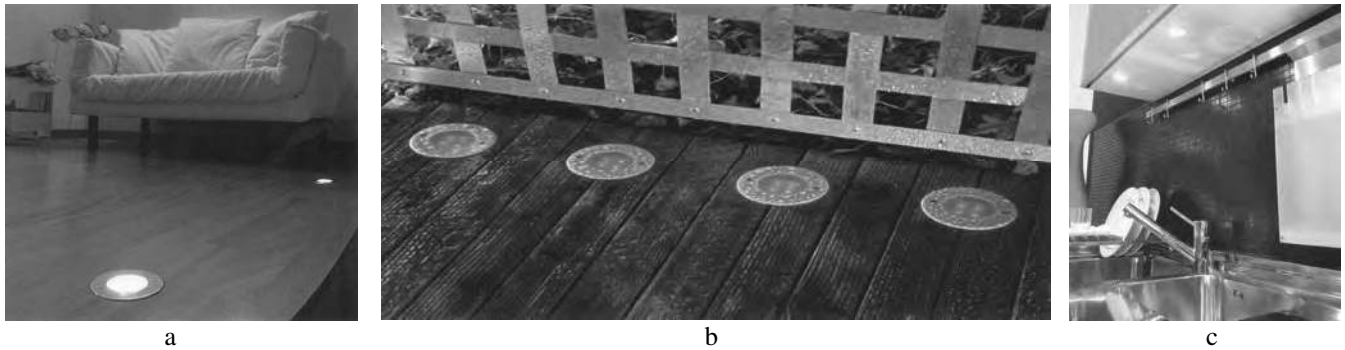


Fig. 3.42 - Esempi di applicazione delle lampade LED: a) Indicatore di percorso in un interno - b) Indicatore di percorso in esterno - c) Illuminazione in un locale cucina (Osram).

Illuminazione stradale. Ormai da alcuni anni i LED vengono installati in sostituzione delle normali lampade ad incandescenza nella segnaletica stradale e nei semafori. La sostituzione presenta alcuni vantaggi, come il risparmio energetico: i LED, emettendo una luce monocromatica, non richiedono filtri (le lampade ad incandescenza con filtri colorati possono dissipare fino al 90% della luce disponibile). Inoltre, di particolare importanza è la loro affidabilità, in quanto la manutenzione delle lampade è costosa ed i segnali non funzionanti possono costituire un pericolo. Nelle aree residenziali e pedonali l'illuminazione decorativa a LED abbellisce l'ambiente urbano, integrando le sorgenti luminose nei marciapiedi o nelle recinzioni.

Per quanto riguarda l'illuminazione stradale generale, i LED bianchi non raggiungono ancora prestazioni sufficienti, anche in relazione ai continui miglioramenti delle lampade tradizionali a scarica nei gas.



Fig. 3.43 - Esempi di applicazione delle lampade LED: a) Semaforo - b) Torrette di segnalazione per impianti industriali (Osram).

Hotel. In questo caso, l'illuminazione a LED viene scelta con finalità decorative, sfruttando i colori e gli effetti dinamici che queste sorgenti sono in grado di dare, per esempio nei saloni d'ingresso e nelle reception.

Altre possibilità di impiego sono le lampade da tavolo o da comodino e gli apparecchi a piantana, riuscendo ad ottenere vantaggi economici (i costi per l'illuminazione nel campo alberghiero sono generalmente alti) e risparmio energetico.

Supermercati, negozi di abbigliamento. Nelle attività commerciali come supermercati e negozi di abbigliamento i LED stanno trovando un loro spazio applicativo.

In particolare, nei banchi frigo stanno già sostituendo le lampade fluorescenti, che a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ non funzionano in modo ottimale, in quanto ne viene ridotto il rendimento e la durata. Le lampade a LED, oltre ad essere più robuste, a tale temperatura sono addirittura più efficienti e, generalmente, durano di più del frigorifero stesso.

Un'altra applicazione è relativa all'illuminazione degli scaffali (per gli alimenti, in particolare) in quanto i LED non riscaldano il prodotto.

Nei negozi di abbigliamento, utilizzando i LED è facile creare atmosfere particolari ed effetti dinamici anche colorati. Inoltre è possibile, sostituendo le lampade fluorescenti con le più compatte lampade LED, realizzare scaffali dal design più ricercato.

Per quanto riguarda l'illuminazione generale, nei prossimi anni verranno sempre più utilizzati i LED, in virtù del risparmio energetico e dell'elevata durata che questa tecnologia offre.

Ristoranti, bar. Nelle attività commerciali come ristoranti e bar gli effetti decorativi sono di particolare importanza. I LED vengono utilizzati per realizzare insegne, in quanto offrono diversi vantaggi rispetto alle lampade fluorescenti a catodo caldo e a catodo freddo (sono più piccoli, robusti, hanno una maggiore durata, richiedono minore manutenzione, permettono di risparmiare energia e, infine, sono più sicuri in quanto necessitano di bassissime tensioni per funzionare). L'uso di LED colorati e l'uso dinamico dei colori consente di caratterizzare maggiormente il locale e creare ambienti più piacevoli per i clienti.

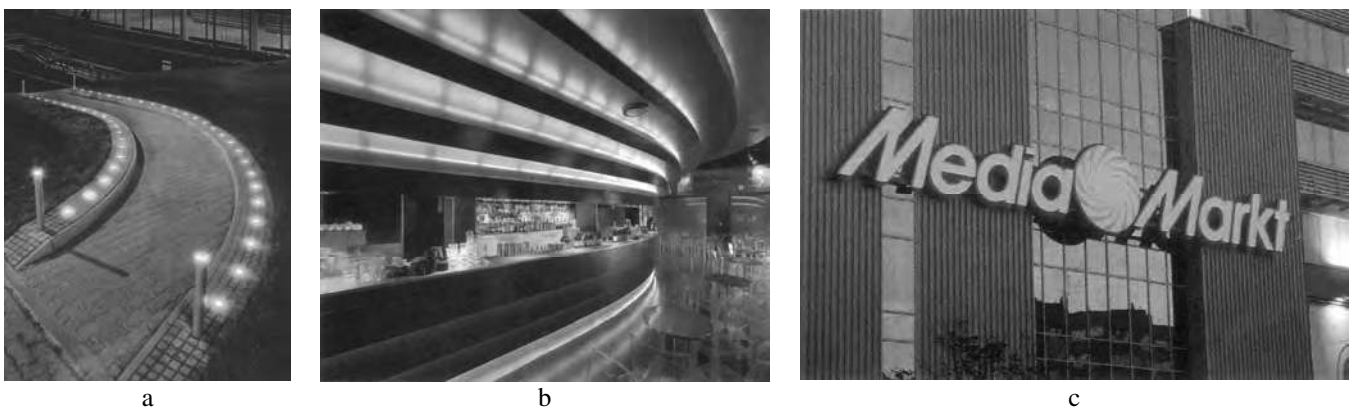


Fig. 3.44 - Esempi di applicazione delle lampade LED: a) Demarcazione di un percorso pedonale - b) Illuminazione d'effetto in un bar - c) Insegna luminosa (Osram).

3.12 Lampade per applicazioni speciali

La luce può fare di più che illuminare. Nei cataloghi dei costruttori di lampade, è possibile trovare lampade per gli impieghi più svariati nella tecnica, nella ricerca, nella scienza, nella medicina e nella cosmetica.

Rispetto alle lampade utilizzate per la normale illuminazione, queste lampade a irradiazione per impieghi speciali si distinguono per la particolare ripartizione dell'irradiazione, il cui fulcro si trova nel campo degli **infrarossi** (IR) o dei raggi **ultravioletti** (UV).

Oggi la luce viene impiegata nei più svariati settori come alternativa tecnica, economica ed ecologica ai tradizionali processi, per esempio per indurimento, essiccazione, formatura, invecchiamento artificiale dei materiali, sterilizzazione.

In aggiunta a queste applicazioni, vi sono i settori classici di impiego della luce che non sarebbe possibile senza le moderne lampade a irradiazione speciali. Per esempio: impressione di modelli tipografici, impressione di vernici fotosensibili, prove su materiali.

Lampade a infrarossi. Le lampade ad incandescenza a irradiazione con un'elevata percentuale di infrarossi (Osram SICCATHERM) e una bassa percentuale di luce visibile, vengono impiegate principalmente per l'allevamento di animali e per la lavorazione di cibi nei processi di pastorizzazione e essiccazione.

Applicazioni.

Irradiazione di animali. Per volatili, maialini, vitelli, puledri. Crescita più rapida grazie al maggior appetito ed alla migliore assimilazione del nutrimento. Maggior difesa contro le malattie. Crescite senza perdite. Nessun caso di morte per schiacciamento dovuto a spinte provocate dalla ricerca di calore. Allevamenti sani grazie al fondo asciutto.

Nell'industria per essiccazione. In particolare per le vernici, trattamenti in forno, riscaldamento, distillazione, scongelamento, rammollimento, vulcanizzazione, fusione, evaporazione, carbonizzazione, polimerizzazione, gelificazione, pastorizzazione e, inoltre, per la lotta antiparassitaria ed il controllo dell'umidità nei seguenti settori:

industria automobilistica, elettrica, metallurgica, chimica, grafica, della carta, del legno, del mobile, tessile, alimentare, della porcellana, vetraria, farmaceutica, fotografica, cinematografica, della gomma, del tabacco, delle pelli. E ancora nell'edilizia, negli impianti di riscaldamento, nelle farmacie.

Le radiazioni infrarosse prodotte da queste lampade penetrano all'interno del materiale da essiccare e vengono da questo assorbite senza che vi siano perdite di calore apprezzabili nell'aria circostante. Da notare che non viene essiccata solo la superficie esposta, ma viene riscaldato l'intero materiale.

Esistono modelli (Osram THERATHERM) che grazie ai raggi infrarossi di breve lunghezza d'onda hanno effetti terapeutici ed analgesici, oltre ad essere adatti per applicazioni cosmetiche.

Queste lampade basano la loro efficacia sull'effetto in profondità e sulle notevoli funzioni termoregolatrici nell'organismo. Le cellule e gli organi esposti alla radiazioni vengono attivati e grazie alla dilatazione dei vasi sanguigni, vengono meglio irrorati dal sangue.

Si ottiene così una rapida eliminazione delle scorie metaboliche e la mobilitazione nell'organismo degli antigeni. Il calore assorbito viene distribuito fisiologicamente nel corpo attraverso la circolazione sanguigna.

Queste lampade sono raccomandate (sotto il controllo medico) per tutte le malattie che possono essere curate con applicazioni termiche e cioè: reumatismi, dolori muscolari, ischialgie, gotta, lombaggine, nevralgie facciali, infezioni influenzali, catarro bronchiale, infiammazioni, escoriazioni, tagli e lacerazioni, cicatrici fresche, schiacciamenti, lussazioni, stiramenti, ecc.

Queste lampade sono dotate di un riflettore, ottimizzato per avere un fascio luminoso stretto, e di uno schermo frontale per una distribuzione di radiazione uniforme (filtro rosso o satinato); sono disponibili con una potenza compresa tra i 100 W e i 250 W, sono dotate di un attacco E27 ed hanno una durata media di circa 5000 ore.

Le lampade a infrarossi ad alogeni (Osram HALOTHERM) si sono rivelate particolarmente adatte per l'essiccazione di colori, vernici e carta, per la formatura di materie plastiche o come fonte di calore per elettrodomestici. Le lampade ad alogeni con riflettori ad alta emissione di infrarossi sono utilizzate nelle operazioni di brasatura, saldatura e riscaldamento.

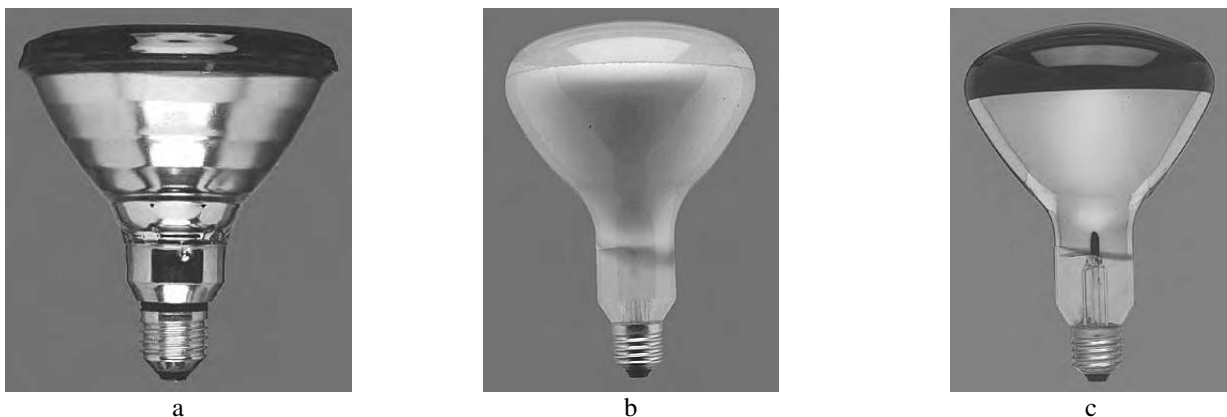


Fig. 3.45 - Esempi di lampade a infrarossi Osram: a) SICCATHERM con filtro rosso con vetro pressato e riflettore incorporato - b) SICCATHERM con finitura satinata in vetro leggero - c) THERATHERM con filtro rosso in vetro leggero e riflettore incorporato

Lampade a ultravioletti. Le lampade UV sono principalmente lampade a scarica: le lampade a vapori di alogenuri metallici (Osram ULTRATECH) vengono utilizzate nel campo tecnico per l'indurimento alla luce di adesivi fotosensibili, vernici e materiali plastici, per l'esposizione e l'invecchiamento artificiale di materiali, accelerazione di reazioni chimiche.

Queste lampade sono realizzate con un tubo di vetro di quarzo, sono disponibili con una potenza compresa tra i 160 W e i 420 W e sono dotate di un attacco X515 e R7s. Queste lampade per poter funzionare correttamente devono essere montate in speciali apparecchi appositamente predisposti.

Le lampade a vapori di alogenuri (Osram ULTRAMED) possono venire utilizzate anche nel campo sanitario e cosmetico. Malattie della pelle come la psoriasi, l'acne, ecc. possono essere curate con queste lampade. La forte intensità delle emissioni nel campo UV-A ne rende inoltre possibile l'impiego nel campo cosmetico per l'abbronzatura mediante pigmentazione diretta.

Con queste lampade è necessario fare uso di appositi filtri in grado di attenuare l'energia radiante nel campo UV-B, allo scopo di evitare il pericolo di scottature.

Le lampade fluorescenti compatte (Osram DULUX S o L con tonalità di luce 71 o 78) simili a quelle usate per l'illuminazione generale (la differenza sta nell'impiego di speciali polveri fluorescenti) ma con speciali tonalità di luce UV sono adatte per la polimerizzazione di materiali plastici, adesivi, vernici e colori.

Le lampade con tonalità della luce 71 vengono impiegate con successo per il trattamento dell'iperbilirubinemia neonatale, mentre nella versione con tonalità della luce 78, lampade vengono utilizzate come supporto per il trattamento medico della psoriasi.

I tipi con tonalità di luce 78, con l'aggiunta di un filtro di vetro nero, vengono utilizzate anche per il riconoscimento di falsi (per esempio, controllo di banconote); gli stessi tipi, senza filtri, possono essere utilizzate per attirare gli insetti.

Queste lampade sono simili a quelle per l'illuminazione generale, sono disponibili per potenze da 9 e 18 W ed hanno gli attacchi tipo G23 oppure 2G11.

Per tutti i processi di prova sui materiali con analisi della fluorescenza sono disponibili speciali lampade a vapori di mercurio con bulbo in vetro di Wood (HQV a luce nera) e lampade fluorescenti in vetro Wood (a luce nera). Numerosi materiali hanno la proprietà di convertire le emissioni ultraviolette invisibili in luce visibile (fluorescenza).

Le lampade di questo tipo emettono una quantità maggiore di raggi ultravioletti e pertanto provocano il fenomeno della fluorescenza. Esse rappresentano pertanto delle fonti adatte per tutte le ricerche in cui si effettuano analisi per mezzo della fluorescenza. Oltre che in questi casi, esse vengono anche impiegate per produrre un'illuminazione d'effetto in teatri e locali notturni.

Il funzionamento delle lampade HQV con il bulbo esterno danneggiato o addirittura mancante è pericoloso.

Applicazioni.

Prove di materiali. Controlli non distruttivi di materiali per mezzo di soluzioni fluorescenti, per esempio incrinature di alberi motore.

Industria tessile. Analisi dei materiali, per esempio composizione e tipo dei materiali aggiunti nei tessuti di lana. Individuazione di impurità e di eventuali macchie altrimenti non riscontrabili.

Industria alimentare. Individuazione di sofisticazioni di alimenti, di inizi di putrefazione nella frutta (specialmente arance), carne, pesce.

Criminologia. Individuazione di falsificazioni di banconote, di disegni e documenti, come pure di modifiche eseguite su di essi in un secondo tempo, di tracce di sangue cancellate, di contraffazione di quadri, ecc..

Servizio postale. Procedimenti razionalizzati per mezzo di macchine automatiche per l'annullamento dei francobolli. Controllo dell'autenticità dei francobolli.

Illuminazione di effetto. In teatri, cabaret, discoteche, locali notturni, taverne.

Ulteriori applicazioni. Per campagne pubblicitarie, decorazioni delle vetrine, in agricoltura (per esempio, controllo delle sementi), nella mineralogia, per il controllo di pietre preziose e di opere d'arte, nella paleografia e nella diagnostica.

Le lampade fluorescenti in vetro Wood sono simili a quelle per l'illuminazione generale con diametro 26 mm, sono disponibili per potenze di 18 W e 36 W ed hanno gli attacchi tipo G13, mentre le lampade a vapori di mercurio con bulbo in vetro di Wood sono disponibili con una potenza di 125 W e prevedono un attacco tipo E27.

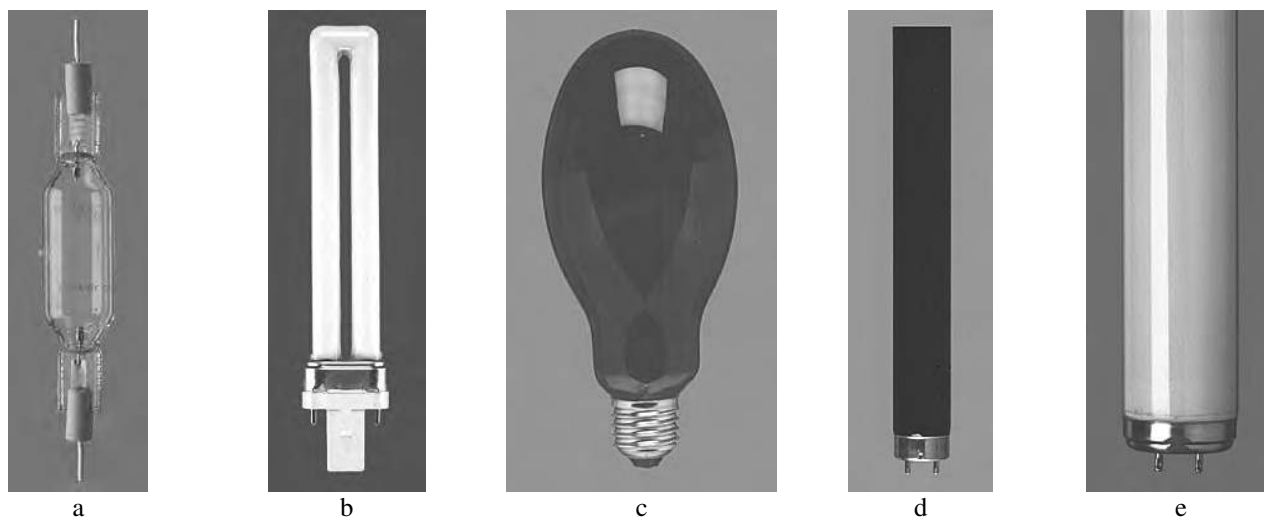


Fig. 3.46 - Esempi di lampade a raggi ultravioletti Osram: a) ULTRAMED a vapori di alogenuri - b) DULUX fluorescenti compatte - c) HQV a vapori di mercurio con bulbo in vetro di Wood - d) A luce nera con lampade fluorescenti in vetro Wood - e) Lampada fluorescente abbronzante EVERESUN.

Lampade germicide ed ozonizzanti. Le lampade a mercurio a bassa pressione speciali (Osram HNS) con irradiazione UVC a onde corte sono adatte per l'eliminazione di germi, per esempio nell'acqua nelle piscine, la deodorizzazione nell'industria degli imballaggi e in quella farmaceutica, come pure per la sterilizzazione di ambienti, per esempio negli ospedali.

I raggi UVC distruggono efficacemente tutti i microrganismi. Nelle versioni con formazione di ozono, le lampade servono anche per l'eliminazione di odori. L'elevata potenza di irradiazione UVC viene anche sfruttata nella microelettronica per la cancellazione del contenuto delle memorie EPROM.

Le lampade germicide sono simili a quelle fluorescenti per l'illuminazione generale con diametro 26 mm, sono disponibili per potenze di 15, 30, 55 W e hanno gli attacchi tipo G13.

Lampade per impieghi terapeutici e applicazioni industriali. Le lampade con emissione di tipo solare (Osram ULTRA-VITALUX) offrono la gamma completa delle radiazioni solari tipiche dell'alta montagna e hanno effetti biologicamente positivi sulla pelle e sull'organismo. Nelle applicazioni mediche vengono utilizzate per la cura della psoriasi e per il rafforzamento delle difese immunitarie.

Le moderne lampade speciali ad irraggiamento, utilizzate come alternativa al sole, offrono una luce che non solo è praticamente identica a quella del sole, ma che in un certo senso è perfino migliore. Infatti, nella luce artificiale vengono completamente eliminate le percentuali dannose delle radiazioni della luce solare naturale, soprattutto negli intervalli UV-B e UV-C, come mostrato in fig. 3.47b.

L'emissione di queste lampade viene prodotta da un tubo di scarica in mercurio ad alta pressione (emissione ultravioletta) e da un filamento in tungsteno (emissioni visibili ad infrarossi) contenuto in un tubo di vetro duro a forma di fungo con riflettore alluminato incorporato che consente il passaggio alle sole emissioni simili a quelle solari.

Oltre che per gli impieghi terapeutici, possono essere impiegate anche in applicazioni industriali.

Per esempio, grazie alle proprietà delle sue emissioni, molto simili a quelle della luce del sole, ed alla facilità di installazione, si prestano per l'esecuzione di prove per verificare l'influenza del clima su materiali ed apparecchiature, quali l'idoneità ai climi tropicali, l'invecchiamento artificiale, la determinazione delle variazioni delle caratteristiche dei materiali, la sicurezza di funzionamento, la durata in condizioni climatiche particolari.

Vengono usate, inoltre, per indurire le materie plastiche: mescolati al materiale sintetico vi sono infatti degli speciali fotoiniziatori (catalizzatori) che, sottoposti ad una emissione ultravioletta, provocano in esso il processo di concatenazione (polimerizzazione).

Nel campo elettronico vengono usate per la fabbricazione dei circuiti stampati, per mezzo di emissioni ultraviolette si procede al trasferimento del modello sul supporto isolante (vetroresina) su cui è presente una lamina in rame ricoperta da una vernice fotoresistente.

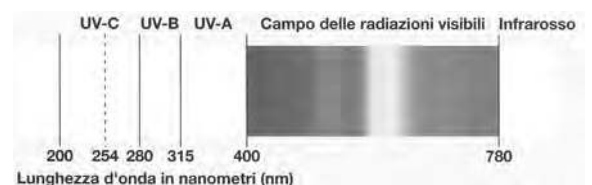
Alla fine dello sviluppo, il supporto con la lamina di rame viene sottoposta ad un trattamento caustico, in seguito alla quale sulla sua superficie resta soltanto il tracciato conduttore (di rame) del circuito desiderato.

Queste lampade sono caratterizzate dalla potenza di 300 W e sono dotate di un attacco E27.

Lampade abbronzanti. Le lampade abbronzanti UV (Osram EVERSUN 79E e SUPER) sono state create appositamente per solarium e lettini abbronzanti. In particolare, il modello con riflettore incorporato 79R può generare le radiazioni UV-A responsabili della pigmentazione della cute, con basse percentuali di raggi UV-B che esclude il pericolo di scottature.

Prodotti OSRAM	Abbronzatura	Terapia e diagnosi medica	Controllo materiali (con soluzioni fluorescenti)	Elettronica e microelettronica	Sterilizzazione	Polimerizzazione e indurimento materie plastiche
Bassa pressione	Fluorescenti	◆	◆			
	DULUX S		◆	◆		◆
	HNS		◆		◆	
	ULTRATECH			◆		◆
Alta pressione	ULTRAMED	◆	◆			
	HQV		◆	◆		
	ULTRAVITALUX	◆	◆			◆
	HBO	◆	◆	◆		

a



b

Fig. 3.47 - Lampade per impieghi speciali: a) Tipi di lampade per impieghi speciali UV - b) Segmentazione dello spettro elettromagnetico relativo alle radiazioni elettromagnetiche (Osram).

Con le lampade tipo SUPER si ha un effetto molto simile a quello della luce solare, grazie alla sua emissione contenente una notevole percentuale di raggi UV-A assieme ad una equilibrata aliquota di raggi biologicamente attivi UV-B.

Dopo essersi esposti con costanza e metodo ai suoi raggi, la prolungata pigmentazione provoca una nuova e duratura abbronzatura, accompagnata da un alto fattore di protezione antisolare della pelle.

Queste lampade permettono di effettuare delle sedute di abbronzatura molto corte e perciò sono adatte per un impiego professionale

Le lampade fluorescenti a raggi ultravioletti per solarium e lettini abbronzanti EVERSUN 79E e SUPER sono simili a quelle per l'illuminazione generale con diametro 38 mm, sono disponibili per potenze di 80 W e 100 W ed hanno gli attacchi tipo G13.






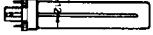


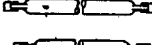
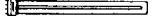










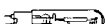





Simbolo	Descrizione	Attacco	Simbolo	Descrizione	Attacco
 Hal	Alogena bispina	G 4	 FL	Fluorescenza Ø 16 mm	G 5
 Hal	Alogena bispina	G 6,35	 FL	Fluorescenza Ø 26 mm	G 13
 DIC	Dicroica	G 4	 FL	Fluorescenza compatta	G 23
 DIC	Dicroica	G 5,3	 FL	Fluorescenza compatta	G 24 D
 Hal	Alogena lineare	R7S	 FL	Fluorescenza compatta	2 G 11
 GLS	Incandescenza normale sferica	E 14	 FL	Fluorescenza compatta	E 27
 GLS	Incandescenza normale sferica	E 27	 M.H.	Vapori di alogenuri	R7S
 GLS	Incandescenza normale sferica cupola argentata	E 27	 M.H.	Vapori di alogenuri	FC2
 R 39 R 59	Reflector	E 14	 M.H.	Vapori di alogenuri	G 12
 R 63 R 80 R 95	Reflector	E 27	 Hg	Vapori di mercurio e sodio alta pressione ovoidale	E 27
 Na.H.	White son	PG 12	 Na.H.	Vapori di sodio alta pressione tubolare	E 27 E 40
 FL	Fluor. 2D 10	GR 10q	 FL	Fluor. FLAT 36	2G10-60
 FL	Fluor. 2D 16/21	GR 10q	 Hal.	Alogena con riflettore in alluminio	G 53

Fig. 3.48 - Esempi di tipi di lampade con relativo attacco (SIDE).

3.13 Apparecchi di illuminazione

Negli impianti di illuminazione rivestono particolare importanza quegli apparecchi che hanno il compito di modificare la distribuzione del flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose, in modo da inviarlo verso la direzione desiderata.

Inoltre, devono evitare l'abbagliamento con una schermatura della lampada nelle direzioni di osservazione, nonché proteggere le lampade dai danneggiamenti meccanici e dalle sostanze aggressive quali, per esempio, i grassi.

Comprendono tutti i componenti necessari al sostegno, al fissaggio ed alla protezione delle lampade, ma non le lampade stesse, e, se necessario, i circuiti ausiliari (per esempio, starter, reattore) unitamente ai dispositivi per il collegamento al circuito di alimentazione.

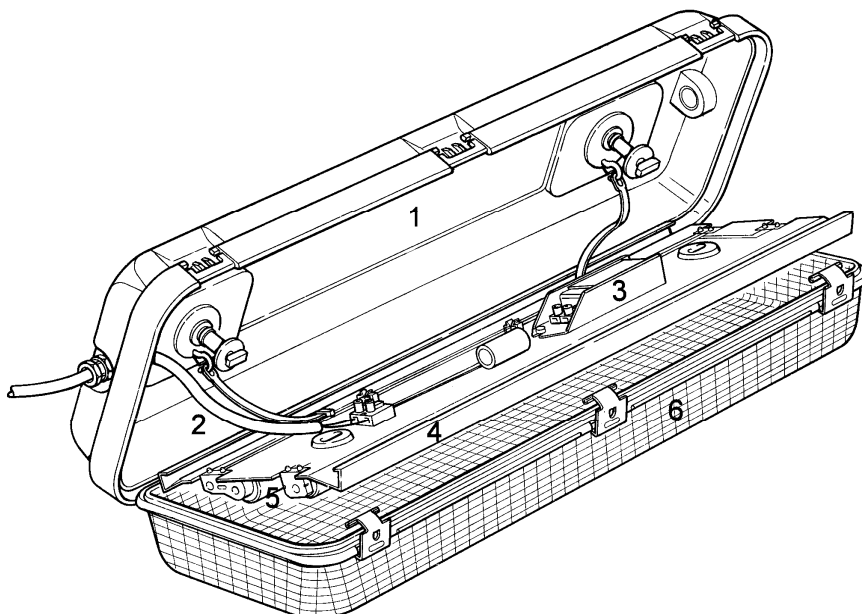
Per quanto concerne la parte elettrica degli apparecchi illuminanti, si deve fare riferimento alle norme CEI del Comitato Tecnico 34 (CEI 34-21, CEI 34-22, CEI 34-23, ecc.) che riguardano sia la standardizzazione dei tipi sia le prescrizioni di sicurezza contro la scossa e contro le temperature pericolose. Si tratta, in genere, di norme armonizzate a livello internazionale di origine IEC.

Possono essere classificati in vari modi; in particolare, vale la pena ricordare:

- secondo il *grado di mobilità* si hanno apparecchi fissi, cioè che non possono essere spostati facilmente, apparecchi mobili, caratterizzati dal collegamento alla rete elettrica mediante una presa a spina e infine apparecchi portatili, destinati a funzionare quando sono utilizzati manualmente da una persona;
- secondo la *destinazione* si hanno tipi per l'illuminazione generale d'interni, per l'illuminazione stradale, per proiettori, per giardini, per riprese fotografiche e cinematografiche, per palcoscenici, per studi televisivi e cinematografici, per piscine e usi similari, per funzioni miste di illuminazione e climatizzazione, per locali di uso medico;
- secondo la *funzione* si distinguono i lampadari decorativi, i proiettori con ottiche fotometriche più o meno sofisticate, le armature per l'illuminazione stradale, gli apparecchi per l'illuminazione di interni, gli apparecchi luminosi per segnalazione, gli apparecchi per l'illuminazione di sicurezza o di emergenza.

Di seguito verranno presi in considerazione gli apparecchi fissi, di cui si dà un esempio nella fig. 3.49.

Gli apparecchi di illuminazione possono essere forniti completi e cablati dal costruttore e, in tal caso, la responsabilità della costruzione sotto l'aspetto funzionale e antinfortunistico ricade sul costruttore, oppure in kit da montare e cablare a cura dell'installatore. Rientrano fra questi ultimi anche i tipi dotati di portalampade che consentono la scelta di lampade di diversa potenza o tipo (con attacchi Edison); in questi casi la scelta della lampada deve essere coerente sia con le indicazioni del costruttore sia con le esigenze illuminotecniche.



Legenda:

- 1) Armatura o corpo.
- 2) Cablaggio interno (cavi e morsetti di collegamento).
- 3) Apparecchiature ausiliarie (reattore, starter).
- 4) Riflettore.
- 5) Lampade e portalampade.
- 6) Diffusore o coppa

Fig. 3.49 - Esempio di plafoniera industriale stagna, con due lampade fluorescenti tubolari da 18 W e grado di protezione IP 65. Da notare la presenza delle apparecchiature ausiliarie necessarie per l'accensione delle due lampade (reattore e starter) (Gewiss).

Da notare che l'installazione di apparecchi fissi è prerogativa degli installatori qualificati e soggetta, in base al D.M. n. 37/2008, a obbligo di dichiarazione di conformità ed, eventualmente, di progettazione; eventuali carenze dal punto di vista fotometrico possono essere causa di contestazione.

Un apparecchio di illuminazione deve distribuire il flusso luminoso prodotto dalla lampada mediante un sistema ottico che può essere costituito da riflettori, rifrattori e diffusori, come mostrato nella fig. 3.50.

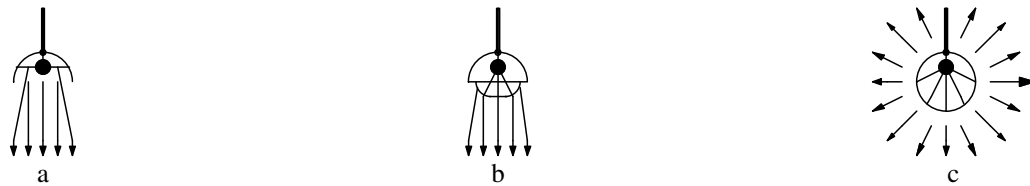


Fig. 3.50 - Tipologia degli apparecchi di illuminazione secondo il sistema ottico: a) Riflettori - b) Rifrattori - c) Diffusori.

La distribuzione del flusso luminoso può essere realizzata in vari modi utilizzando:

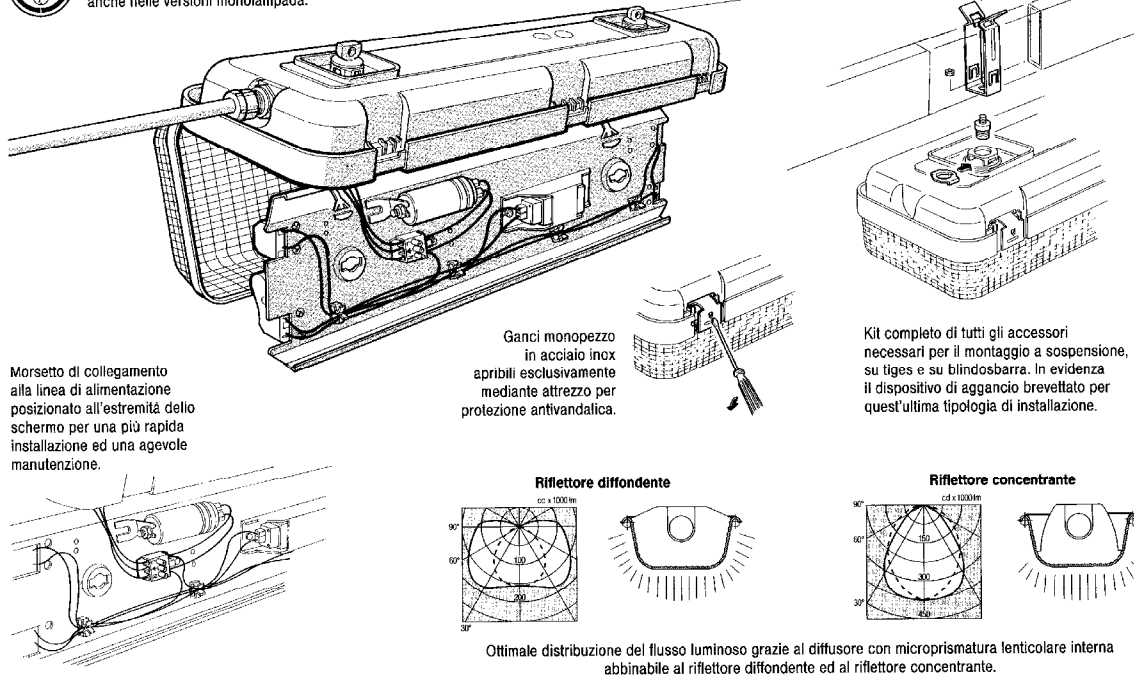
- i *riflettori*, costituiti essenzialmente da superfici speculari realizzate in alluminio anodizzato o vetro metallizzato. Tali superfici, sagomate in modo opportuno, consentono di riflettere la luce e di indirizzarla entro un cono luminoso più o meno ampio. Il riflettore è costituito da uno specchio parabolico nel cui fuoco è posta la sorgente luminosa solo nel caso, generalmente non utilizzato negli impianti di illuminazione, di fascio emergente sensibilmente parallelo (fari abbaglianti degli autoveicoli); per gli apparecchi destinati alla illuminazione, si tende ad allargare il fascio verso la superficie da illuminare in modo simmetrico secondo la destinazione, in alcuni casi rafforzando l'intensità luminosa dei raggi più inclinati rispetto al piano orizzontale (illuminazione stradale), in altri casi concentrandoli sul piano a illuminare per ottenere il massimo illuminamento verticale (capannoni industriali). Spesso si usano riflettori speculari (di colore bianco) che hanno il solo scopo di dirigere approssimativamente il flusso verso una determinata direzione (in genere verso il basso o verso l'alto). Una categoria a parte di riflettori sono i proiettori caratterizzati dalla prerogativa di concentrare la luce in direzioni ben definite;
- i *rifrattori*, dispositivi trasparenti sagomati, in genere realizzati in vetro o materiale plastico, consentono di modificare il flusso luminoso sfruttando il principio della rifrazione. Con gruppi ottici a forma di lente è possibile ottenere gli stessi effetti di concentrazione in un fascio più o meno stretto tipici dei riflettori speculari. Spesso vengono chiamati in modo non proprio corretto rifrattori anche elementi in materiale plastico sfaccettati o prismatici che realizzano un direzionamento molto approssimativo, più simile alla diffusione che alla rifrazione;
- i *diffusori*, dispositivi utilizzati per diminuire la luminanza della sorgente luminosa o per mascherarla dal campo visivo al fine di diminuire l'abbagliamento. Sono costituiti da lastre o globi traslucidi che scompongono i raggi luminosi in più direzioni; in genere sono realizzati in vetro opaco o in materiale plastico e presentano l'inconveniente di diminuire in modo sensibile il rendimento luminoso degli apparecchi di illuminazione. Precisamente la quantità di flusso assorbito varia dal 10% al 20% per il vetro smerigliato od opalino e dal 30% al 40% per i materiali termoplastici.



Fig. 3.51 - Apparecchi di illuminazione per interni ed esterni: a) Esempi di proiettori funzionanti a 220÷230 V per lampade fluorescenti (da 2x18 W a 1x120 W), alogene (da 50 W a 1500 W) e a scarica (da 35 W a 2000 W) - b) Esempi di plafoniere stagne per lampade fluorescenti tubolari, compatte e compatte ad alimentazione elettronica (da 1x18 W a 4x55 W) e riflettori per lampade a scarica (da 125 W a 400 W) tutti funzionanti a 220÷230 V (Gewiss).



Sostituzione facilitata dello starter senza necessità di rimozione del tubo fluorescente o di apertura dello schermo, anche nelle versioni monolampada.

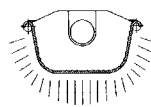
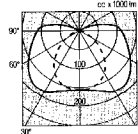


Morsetto di collegamento alla linea di alimentazione posizionato all'estremità dello schermo per una più rapida installazione ed una agevole manutenzione.

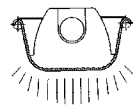
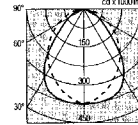
Ganci mono pezzo in acciaio inox apribili esclusivamente mediante attrezzo per protezione antivandolica.

Kit completo di tutti gli accessori necessari per il montaggio a sospensione, su tiges e su blindosbarra. In evidenza il dispositivo di aggancio brevettato per quest'ultima tipologia di installazione.

Riflettore diffusente



Riflettore concentrante



Ottimale distribuzione del flusso luminoso grazie al diffusore con microprismatura lenticolare interna abbinabile al riflettore diffusente ed al riflettore concentrante.

Fig. 3.52 - Esempio di plafoniera stagna ad alto rendimento in policarbonato IP65 per una o due lampade fluorescenti da 18 W, 36 W, 58 W (Gewiss).

In generale, i sistemi ottici sono sempre caratterizzati, oltre che dalla mobilità di distribuzione del flusso luminoso, dal rendimento che esprime il rapporto tra la quantità di luce che emana l'apparecchio illuminante e quella prodotta dalla sorgente luminosa. A seconda del tipo di sistema ottico utilizzato e quindi della distribuzione del flusso luminoso, gli apparecchi illuminanti possono essere classificati nel modo che segue:



apparecchi per illuminazione diretta: emettono al di sotto del piano orizzontale passante per la sorgente un flusso luminoso pari al 90% di quello totale; vengono usati in particolare negli impianti stradali e sono senz'altro la soluzione più economica perché la luce viene indirizzata direttamente sulla superficie utile e quasi nulla viene assorbito dalle pareti e dai soffitti;



apparecchi per illuminazione semi-diretta: emettono al di sotto del piano orizzontale passante per la sorgente un flusso luminoso compreso tra il 60% ed il 90% di quello totale, solo una minima parte viene proiettata verso l'alto (dal 10 al 40 %); sono in genere raccomandabili per uffici e negozi;



apparecchi per illuminazione generale diffusa: emettono un uguale flusso luminoso sia al di sopra sia al di sotto del piano orizzontale passante per la sorgente; sono consigliabili in uffici e negozi;



apparecchi per illuminazione indiretta: emettono al di sopra del piano orizzontale passante per la sorgente un flusso luminoso compreso tra il 90% ed il 100% di quello totale e la parte residua verso il basso; in pratica il flusso luminoso è diretto quasi esclusivamente verso l'alto. Questo tipo di illuminazione è adottato per ambienti particolarmente curati dal punto di vista estetico, ha il vantaggio di non produrre abbagliamento e di sopprimere quasi completamente le ombre; richiede però una quantità di sorgenti luminose molto elevata e non consente spesso di illuminare in modo soddisfacente le pareti verticali;



apparecchi per illuminazione semi-indiretta: emettono al di sopra del piano orizzontale passante per la sorgente un flusso luminoso compreso tra il 60% ed il 90% di quello totale e la rimanente parte verso il basso; sono generalmente utilizzati in uffici e negozi.

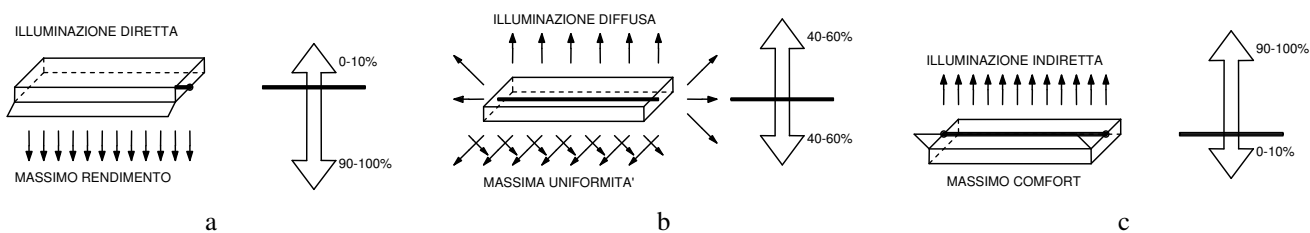


Fig. 3.53 - Esempio di distribuzione del flusso luminoso: a) Illuminazione diretta - b) Illuminazione diffusa - c) Illuminazione indiretta (Codime).

Per modificare opportunamente la distribuzione del flusso luminoso o per nascondere alla vista le lampade ed evitare così l'abbagliamento, gli apparecchi di illuminazione vengono frequentemente equipaggiati con speciali dispositivi denominati schermi.

Il disegno di tali schermi, determinati per mezzo dei computer, varia a seconda della direzionalità che si desidera conferire alla luce, del tipo di lavoro svolto, del grado di controllo della luminanza richiesto e del livello di comfort desiderato.

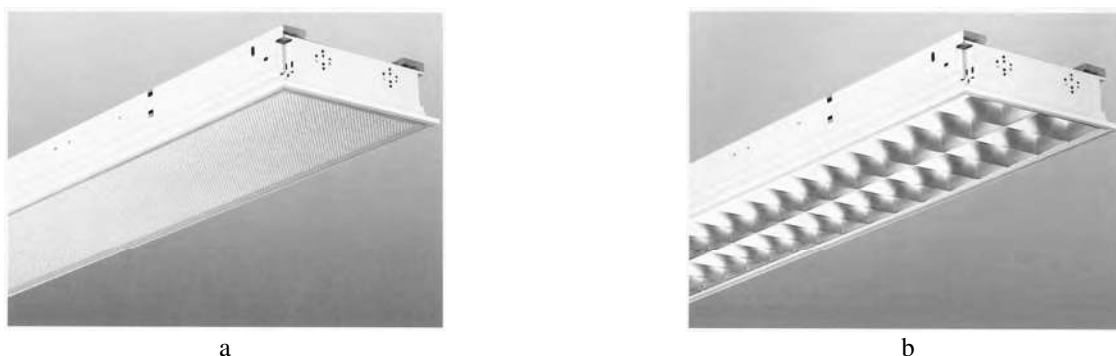


Fig. 3.54 - Esempio di plafoniera da incasso: a) Con diffusore in metacrilato con prismatura che ottimizza la distribuzione del flusso luminoso e limita l'abbagliamento - b) Con schermo realizzato in alluminio anodizzato satinato per ottenere un'illuminazione efficiente e dall'elevato comfort visivo (Philips).

Di particolare importanza per la scelta del tipo di apparecchio illuminante è la ripartizione del flusso luminoso sulle superfici orizzontali e verticali.

Il tipo di ripartizione è legato al tipo di locale da illuminare. Per esempio, in un ufficio, in una sala da disegno o in un'officina, dove in particolare si lavora su di un piano orizzontale, è importante soprattutto illuminare le superfici orizzontali (tavoli, banchi, ecc.); viceversa, in un magazzino, in un negozio, in una biblioteca o in un locale di soggiorno, l'illuminazione sulle superfici verticali è altrettanto importante quanto quella sulle superfici orizzontali.

Per la scelta del tipo di apparecchio illuminante, risulta utile l'esame del solido fotometrico che lo caratterizza.

Il solido fotometrico è il luogo geometrico degli estremi dei vettori che rappresentano in scala le varie intensità luminose nelle diverse direzioni.

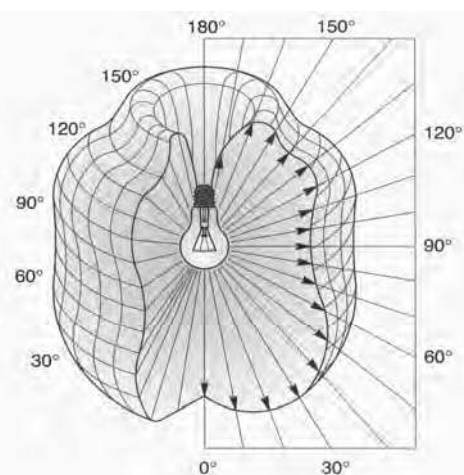
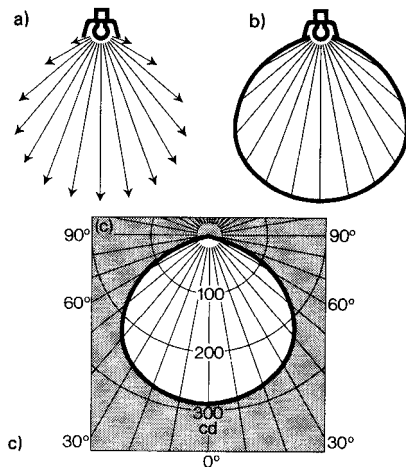


Fig. 3.55 - Rappresentazione del solido fotometrico di una lampada ad incandescenza.

Di particolare importanza sono le curve polari, dette anche curve fotometriche o indicatrici fotometriche, che si ottengono dal solido fotometrico mediante l'intersezione con dei piani passanti per la sorgente luminosa.

L'indicatrice fotometrica è il diagramma polare dell'intensità luminosa emessa da un apparecchio in un determinato piano, in funzione dell'angolo di inclinazione rispetto alla verticale, e sono reperibili nei cataloghi dei costruttori di apparecchi illuminanti.



Legenda.

Per ottenere la curva fotometrica si misurano le intensità luminose nelle varie direzioni (a), si riportano i valori misurati su un diagramma polare e si congiungono i punti rappresentativi (b): il diagramma così ottenuto è la curva fotometrica della lampada o dell'apparecchio illuminante.

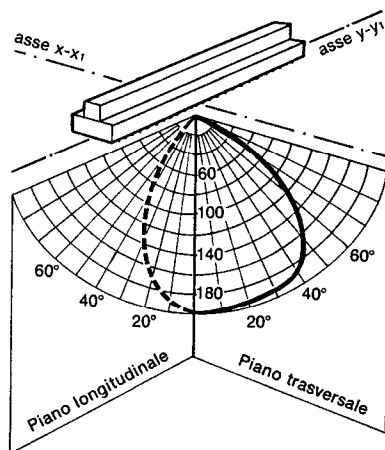
I valori dell'intensità luminosa vengono riferiti ad un flusso di 1000 lm allo scopo di consentire raffronti tra apparecchi di diversa provenienza.

Fig. 3.56 - Costruzione di una indicatrice fotometrica (Osram).

Gli apparecchi come i riflettori di fig. 3.50a hanno una simmetria rotazionale in quanto sono caratterizzati da una distribuzione fotometrica che, rispetto all'asse della lampada è simmetrica per tutti i piani verticali passanti per tale asse.

Nel caso invece degli apparecchi come le plafoniere mostrate in fig. 3.57 equipaggiate con lampade fluorescenti lineari, la curva fotometrica nel piano perpendicolare alla lampada (curva a tratto continuo) è diversa da quella nel piano che passa per l'asse della lampada (curva tratteggiata). Si parla in questo caso di simmetria piana.

Generalmente vengono quindi fornite le due indicatrici riferite rispettivamente all'asse trasversale (linea continua) e longitudinale (linea tratteggiata); tutte le indicatrici riferite agli altri piani sono intermedie e facilmente ricavabili per estrapolazione. Esistono in commercio apparecchi che sono caratterizzati, in corrispondenza del piano verticale perpendicolare all'asse della lampada, da una curva fotometrica asimmetrica, realizzata mediante l'uso di un apposito sistema ottico.



Legenda.

Gli apparecchi illuminanti per lampade lineari fluorescenti non hanno l'emissione simmetrica su tutti i piani verticali passanti per il centro dell'apparecchio.

In tal caso, è necessario fornire almeno due curve fotometriche: una riferita al piano verticale che contiene l'asse di simmetria trasversale (asse x-x₁) e l'altra riferita al piano verticale che contiene l'asse di simmetria longitudinale (asse y-y₁).

Non essendo trascurabili le dimensioni dei tubi fluorescenti, il centro di irraggiamento può considerarsi coincidente con il centro dell'apparecchio solo per distanza attorno ai 10+15 m.

Fig. 3.57 - Indicatrici fotometriche di un apparecchio illuminante per lampade fluorescenti lineari.

Poiché gli apparecchi sono equipaggiabili con diversi tipi di lampade, l'indicatrice è riferita a 1000 lm utili (lumen nominali delle lampade installate moltiplicati per il rendimento, solitamente indicato in termini percentuali di flusso rispetto al totale).

L'indicatrice fotometrica caratterizza sia qualitativamente sia quantitativamente la luce emessa dall'apparecchio illuminante. Conoscendo questo diagramma, è possibile calcolare sia l'intensità luminosa sia la luminanza presente ad un determinato raggio di cui si conosce l'altezza dell'apparecchio rispetto al piano orizzontale di riferimento e l'angolo di emissione rispetto alla direzione verticale, come mostrato nella fig. 3.58.

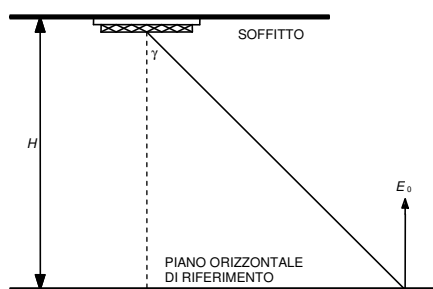


Fig. 3.58 - Esempio di applicazione di un indicatrice fotometrica.

Esempio di impiego.

Considerando l'indicatrice fotometrica di fig. 3.56 nella direzione di 50° l'intensità di capo è di circa $200 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$.

Se l'apparecchio di illuminazione emette globalmente un flusso di 3000 lm , l'intensità è di $I = 600 \text{ cd}$.

L'illuminamento E_0 per una lampada posta ad una altezza di 3 m risulta:

$$E_0 = \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{H^2} = \frac{600 \cdot 0,265}{9} = 17,70 \text{ lx.}$$

Sotto la verticale dell'apparecchio ($\gamma = 0$, $\cos \gamma = 1$) l'illuminamento vale:

$$E_0 = 600/9 = 66,66 \text{ lx.}$$

Questo metodo di calcolo "punto per punto" è laborioso e poco preciso, in particolare per i locali di piccole dimensioni, in quanto non tiene conto del flusso riflesso dalle pareti e dal soffitto, che contribuisce in modo determinante alla luminanza di fondo.

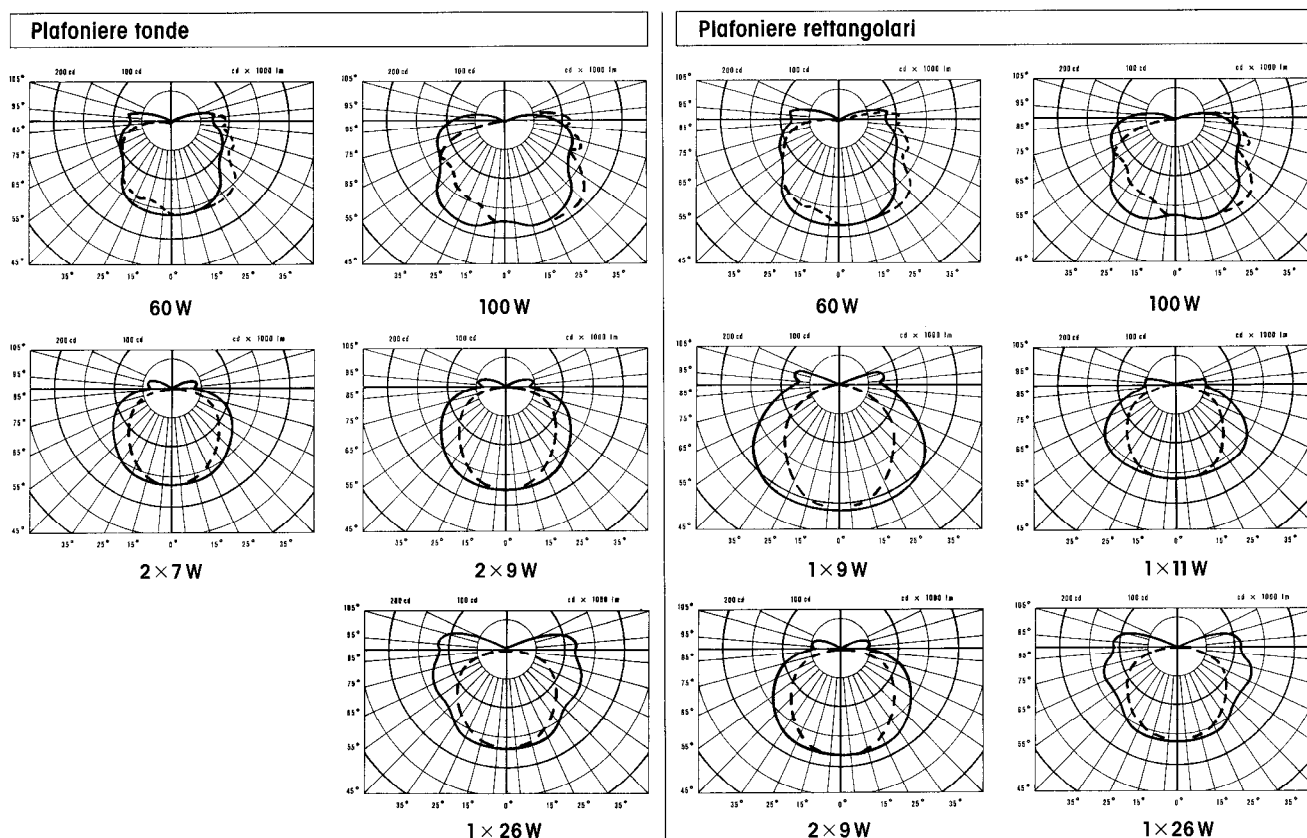


Fig. 3.59 - Esempio di curve fotometriche riferite a plafoniere tonde e rettangolari con lampade ad incandescenza o fluorescenti di diversa potenza (Gewiss).

Un sistema di classificazione molto in uso nella valutazione qualitativa di un locale è quello che si basa sulla verifica delle curve limite di luminanza degli apparecchi.

Il color visivo è un indice che dipende anche dall'abbagliamento diretto a cui il soggetto è sottoposto a causa della visione diretta delle sorgenti o delle superfici illuminate dagli apparecchi.

Un metodo empirico che consente di determinare un valore accettabile di abbagliamento causato da un apparecchio è descritto dal CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) nella pubblicazione N. 29.2.

Il metodo si basa su una serie di diagrammi che riportano delle curve limite in funzione delle classi di qualità definite per i singoli ambienti e del valore medio di illuminazione nell'ambiente stesso. Sull'asse verticale del diagramma vengono riportati gli angoli rispetto alla verticale degli apparecchi.

Ciò significa che, ad un angolo di 85° , corrispondono apparecchi visti dall'osservatore quasi in linea all'occhio con lo sguardo rivolto all'orizzonte, mentre a 45° gli apparecchi sono visti da una posizione molto più ravvicinata, come mostrato nella fig. 3.60.

L'abbagliamento causato dagli apparecchi è, inoltre, funzione della luminanza media dello sfondo ed è per questo che le curve di luminanza sono riferite all'illuminamento medio del locale.

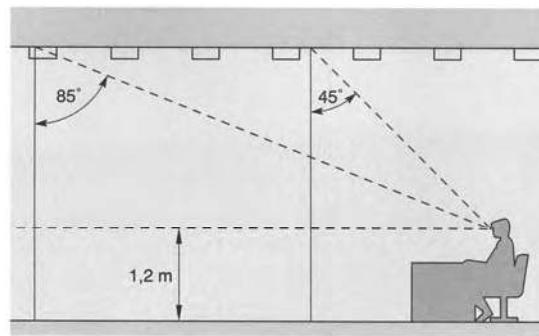


Fig. 3.60 - Ad un angolo di 85° corrispondono apparecchi visti dall'osservatore quasi in linea al occhio con lo sguardo rivolto all'orizzonte, mentre a 45° gli apparecchi sono visti da una posizione molto più ravvicinata.

Nella tab. 3.17 vengono riportate delle classi di qualità definite con le lettere A-B-C-D-E in funzione dei compiti visivi che devono essere svolti all'interno degli ambienti.

Classe	Compiti visivi
A	Compito visivo particolarmente difficoltoso (per esempio, lavorazioni fini, gioiellerie, locali chirurgici).
B	Prestazioni visive elevate (per esempio, uffici di disegnatori, uffici con video terminali).
C	Prestazioni visive normali (per esempio, biblioteche, reparti industriali di assemblaggio).
D	Prestazione visive modeste (per esempio, locali tecnici, locali caldaie, impianti di produzione senza lavorazioni manuali).
E	Prestazione visive modeste senza postazione fissa (per esempio, depositi, ambienti comuni).

Tab. 3.17 - Classi di abbagliamento.

Sovrapponendo le curve di emissione degli apparecchi nel diagramma delle curve limite di luminanza, si può verificare la rispondenza e l'ideoneità di ogni singolo apparecchio all'utilizzo all'interno del locale.

Questi diagrammi sono disponibili sui cataloghi dei costruttori di apparecchi di illuminazione.

Se la curva di emissione luminosa dell'apparecchio (longitudinale o trasversale) non oltrepassa la curva limite di luminanza, definita in funzione della classe dell'ambiente (A, B, ecc.) e del livello di illuminamento medio previsto, l'apparecchio risulta idoneo all'utilizzo.

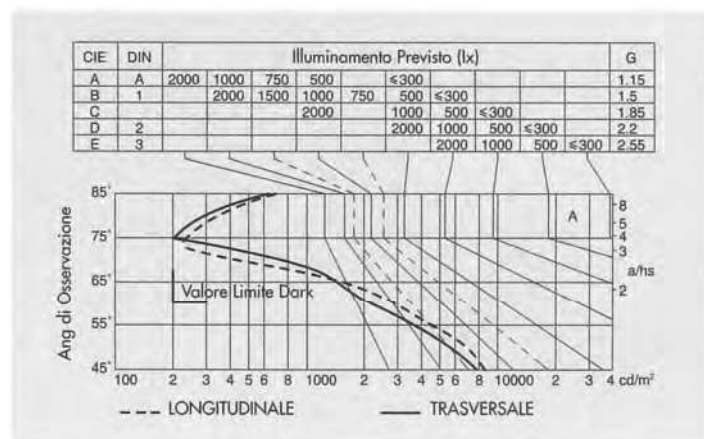
















Fig. 3.61 - Esempio di applicazione delle curve limite in funzione delle classi di qualità definite per i singoli ambienti e del valore medio di illuminazione previsto nell'ambiente stesso per un determinato apparecchio di illuminazione (curve di emissione longitudinale e trasversale) (Gewiss).

La norma UNI EN12464-1, per un immediato confronto numerico, in luogo della classe di abbagliamento, espressa da un diagramma standard, ha introdotto un indice unificato di abbagliamento UGR (*Unified Glare Rating*), riportato in apposite tabelle come quelle mostrate nelle fig. 3.62 e fig. 3.63, di valore crescente all'aumentare dell'abbagliamento. Il calcolo dell'UGR è abbastanza laborioso per cui si deve ricorrere in genere alle informazioni fornite dai costruttori di apparecchi illuminanti.

Condizione essenziale per mantenere entro certi limiti accettabili l'abbagliamento diretto provocato dagli apparecchi d'illuminazione è l'adeguato posizionamento e il controllo della loro luminanza nelle varie direzioni di emissione, mediante schermi disposti con angoli di schermatura minimi che dipendono dalla luminanza della lampada.

TABELLA CARATTERISTICHE DELLE LAMPADINE																
Codice ZVEI	Codice ILCOS	Simbolo	Potenza (W)	Attacco	Codice GEWISS	Osram	Philips	Sylvania	GE	Corrente	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/W)	Temperatura colore (K)	IRC	Durata (ore)	
Alogenuri metallici																
HIT-DE	MD		70	Rx7s	GW 88 701	HQI-TS 70	MHN-TD 70	HSI-TD 70	ARC 70/TD	1,00	5.700	86	4.200	1B	9.000	
HIT-DE	MD		150	Rx7s	GW 88 702	HQI-TS 150	MHN-TD 150	HSI-TD 150	ARC 150/TD	1,80	13.800	88	3.000	2A	9.000	
HIE	ME		100	E27	GW 88 703	HQI-E 100		HSI-MP 100/CO		1,10	8.500	85	3.000	1B	6.000	
HIE-P	ME		150	E27		HQI-E 150		HSI-MP 150		1,80	12.500	83	4.000	1B	6.000	
HIE	ME		250	E40	GW 88 708	HQI-E 250/D		HSI-SX 250/CO		3,00	19.000	76	5.200	1A	6.000	
HIE	ME		250	E40	GW 88 704	HQI-E 250/N/SI	HPI 250 BU			2,10	20.000	80	4.000	2B	6.000	
HIE	ME		400	E40	GW 88 709	HQI-E 400/D		HSI-SX 400/CO		3,60	32.000	80	5.800	1A	6.000	
HIE	ME		400	E40	GW 88 705	HQI-E 400/N/SI	HPI 400 BU			3,25	33.000	83	4.200	1A	6.000	
HIT-DE	MN			1.000	cabble		HQI-TS 1000/D/S				9,60	90.000	90	5.900	1A	6.000
HIT-DE	MN	2.000		cabble		HQI-TS 2000/D/S	MHN-SB PRO 2000	HSI-TD 2000/D		11,30	200.000	100	5.800	1A	4.000	
HIT-DE	MN	2.000		X528/c				MHN-LA 2000/956		10,30	190.000	95	5.600	1A	4.000	
HIT-DE	MN	2.000		X528/c				MHN-LA 2000/842		10,30	220.000	110	4.200	2A	4.000	
HIT	MT		70	G12		HQI-T 70	CDM-T 70	HSI-T 70	CMH 70/T	1,00	5.800	81	4.200	1A	6.000	
HIT	MT		150	G12			HQI-T 150	CDM-T 150	HSI-T 150	CMH 150/T	1,80	12.700	86	4.200	1A	9.000
HIT	MT		250	E40	GW 88 710	HQI-T 250/D		HSI-TSX 250	ARC 250/T	3,00	20.000	80	5.300	1A	6.000	
HIT	MT		250	E40	GW 88 706	HQI-T 250/N/SI	HPI-T 250	HSI-THX 250		2,10	20.000	80	4.400	2B	12.000	
HIT	MT		400	E40	GW 88 711	HQI-BT 400/D		HSI-TSX 400	KRC 400/T	4,00	32.000	80	5.200	1A	6.000	
HIT	MT		400	E40	GW 88 707	HQI-T 400/N/SI	HPI-T 400	HSI-THX 400		3,25	33.000	83	4.400	2B	6.000	
HIT	MT		1.000	E40			HQI-T 1000/D				9,50	80.000	80	6.000	1A	6.000
HIT	MT		1.000	E40				HPI-T PRO 1000	HSI-T 1000	8,25	85.000	85	4.300	2B	6.000	
HIT	MT		2.000	E40			HQI-T 2000/D/I				10,30	180.000	90	6.000	1A	4.000
HIT	MT	2.000	E40				HPI-T PRO 2000	HSI-T 2000	8,80	200.000	100	4.300	2B	4.000		
Sodio alta pressione																
HST-DE	SD		70	Rx7s	GW 88 731	NAV-TS 70/SUPER				1,00	7.000	100	2.000	4	9.000	
HST-DE	SD		150	Rx7s	GW 88 732	NAV-TS 150/SUPER				1,80	17.500	112	2.000	4	9.000	
HSE	SE		50	E27		NAV-E 50/I	SON PRO 50/I	SHF 50/CO-I	LU 50/D/I	0,70	3.500	70	2.000	4	9.000	
HSE	SE		70	E27	GW 88 741	NAV-E 70/I	SON 70/I	SHF 70/CO-I	LU 70/D/I	1,00	5.600	80	2.000	4	9.000	
HSE	SE		70	E27	GW 88 734	NAV-E 70/E	SON 70/E	SHF-S 70	LU 70/D	1,00	5.600	80	2.000	4	9.000	
HSE	SE		100	E40	GW 88 735	NAV-E 100/SUPER	SON PLUS 100	SHF-S 100	LU 100/HO/D	1,20	9.500	95	2.000	4	9.000	
HSE	SE		150	E40	GW 88 742	NAV-E 150	SON 150	SHF 150	LU 150/D	1,80	14.000	93	2.000	3	8.000	
HSE	SE		250	E40	GW 88 739	NAV-E 250	SON 250	SHF 250	LU 250/D	3,00	25.000	100	2.000	3	9.000	
HSE	SE		400	E40	GW 88 740	NAV-E 400	SON 400	SHF 400	LU 400/D	4,40	47.000	118	2.000	3	9.000	
HST	ST			70	E27	GW 88 733	NAV-T 70 SUPER	SON-T PLUS 70	SHF-TS 70	LU 70/HO/T12	1,00	6.500	93	2.000	4	9.000
HST	ST			100	E40		NAV-T 100 SUPER	SON-T PLUS 100	SHF-TS 100	LU 100/HO/T	1,20	10.000	100	2.000	4	9.000
HST	ST			150	E40	GW 88 736	NAV-T 150	SON-T PLUS 150	SHF-TS 150	LU 150/HO/T	1,80	14.500	96	2.000	4	9.000
HST	ST			250	E40	GW 88 737	NAV-T 250	SON-T PLUS 250	SHF-TS 250	LU 250/HO/T	3,00	27.000	108	2.100	4	9.000
HST	ST	400		E40	GW 88 738	NAV-T 400	SON-T PLUS 400	SHF-TS 400	LU 400/HO/T	4,40	48.000	120	2.000	4	9.000	
HST	ST	600		E40		NAV-T 600 SUPER	SON-T PLUS 600	SHF-TS 600	LU 600/HO/T	6,20	90.000	150	2.000	4	9.000	
HST	ST	1.000		E40		NAV-T 1000	SON-T PLUS 1000	SHF-TS 1000	LU 1000/HO/T	10,30	130.000	130	2.000	4	9.000	
Valori di mercurio																
HME	QE		50	E27		HQL 50	HPL-N 50	HSL-BW 50	H 50	0,60	1.800	36	4.200	3	9.000	
HME	QE		80	E27	GW 88 771	HQL 80	HPL-N 80	HSL-BW 80	H 80	0,80	3.800	48	4.100	3	9.000	
HME	QE		125	E27	GW 88 772	HQL 125	HPL-N 125	HSL-BW 125	H 125	1,15	6.300	50	4.000	3	9.000	
HME	QE		250	E40	GW 88 773	HQL 250	HPL-N 250	HSL-BW 250	H 250	2,15	13.000	52	3.900	3	9.000	
HME	QE		400	E40	GW 88 774	HQL 400	HPL-N 400	HSL-BW 400	H 400	3,25	22.000	55	3.800	3	9.000	
Fluorescenti lineari																
T16	FD		4	G5		L 4	TL 4	F 4	F 4	0,17	120	30	2.500	2A	13.000	
T16	FD		6	G5		L 6	TL 6	F 6	F 6	0,16	240	40	2.500	2A	13.000	
T16	FD		8	G5		L 8	TL 8	F 8	F 8	0,14	330	41	2.500	2A	13.000	
T26	FD		18	G13		LUMILUX 18	TL-D 18	F 18	F 18	0,37	1.450	81	3.000	1B	13.000	
T26	FD		36	G13		LUMILUX 36	TL-D 36	F 36	F 36	0,43	3.450	96	3.000	1B	13.000	
T26	FD		58	G13		LUMILUX 58	TL-D 58	F 58	F 58	0,67	5.400	93	3.000	1B	13.000	

Fig. 3.62 - Principali caratteristiche delle lampade installabili sulle apparecchiature illuminanti (Gewiss).

TABELLA CARATTERISTICHE DELLE LAMPADE															
Codice ZVEI	Codice ILCOS	Simbolo	Potenza (W)	Attacco	Codice GEWISS	Osram	Philips	Sylvania	GE	Corrente	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/w)	Temperatura colore (k)	IRC	Durata (ore)
Fluorescenti compatte															
TC-DSE	FBT		11	E27		DULUX EL 11	PLE-C 11	MINILYNX 11	FLE 11 QBX	0,12	660	60	4.000	1B	12.000
TC-DSE	FBT		15	E27		DULUX EL 15	PLE-C 15	MINILYNX 15	FLE 15 QBX	0,13	900	60	4.000	1B	12.000
TC-DSE	FBT		20	E27		DULUX EL 20	PLE-C 20	MINILYNX 20	FLE 20 QBX	0,17	1.200	60	4.000	1B	12.000
TC-DSE	FBT		23	E27		DULUX EL 23	PLE-C 23	MINILYNX 23	FLE 23 QBX	0,19	1.500	65	4.000	1B	12.000
TC-H	FBT		7	GU10	GW 88 794					0,13	210	30	4.000	1B	8.000
TC-H	FBT		7	GU10	GW 88 791					0,13	210	30	2.700	1B	8.000
TC-EL	FSD		7	G23		DULUX S 7	PL-S/2P 7	LYNX-S 7	BIAX S 7	0,17	400	57	4.000	1B	8.000
TC-EL	FSD		9	G23		DULUX S 9	PL-S/2P 9	LYNX-S 9	BIAX S 9	0,17	600	67	4.000	1B	8.000
TC-EL	FSD		11	G23		DULUX S 11	PL-S/2P 11	LYNX-S 11	BIAX S 11	0,16	900	82	4.000	1B	8.000
TC-L	FSD		18	2G11		DULUX L 18	PL-L 18	LYNX L 18	BIAX L 18	0,37	1.200	67	4.000	1B	10.000
TC-L	FSD		24	2G11		DULUX L 24	PL-L 24	LYNX L 24	BIAX L 24	0,34	1.800	82	4.000	1B	10.000
TC-L	FSD		36	2G11		DULUX L 36	PL-L 36	LYNX L 36	BIAX L 36	0,43	2.900	67	4.000	1B	10.000
TC-L	FSD		40	2G11		DULUX L 40	PL-L 40	LYNX LE 40	BIAX L 40	0,32	3.500	75	4.000	1B	16.000
TC-L	FSD		55	2G11		DULUX L 55	PL-L 55	LYNX LE 50	BIAX L 55	0,55	4.800	80	4.000	1B	16.000
TC-L	FSD		80	2G11		DULUX L 80	PL-L 80		BIAX L 80	0,56	6.000	88	4.000	1B	16.000
TC-SEL	FSG		7	2G7		DULUX S/E 7	PL-S/4P 7	LYNX-SE 7	BIAX S/E 7	0,17	400	87	4.000	1B	5.000
TC-SEL	FSG		9	2G7		DULUX S/E 9	PL-S/4P 9	LYNX-SE 9	BIAX S/E 9	0,17	600	75	4.000	1B	5.000
TC-SEL	FSG		11	2G7		DULUX S/E 11	PL-S/4P 11	LYNX-SE 11	BIAX S/E 11	0,16	900	57	4.000	1B	5.000
TC-D	FSG		10	G24d-1		DULUX D 10	PL-C 10	LYNX D 10	BIAX D 10	0,19	600	67	3.000	1B	8.000
TC-D	FSG		13	G24d-1		DULUX D 13	PL-C 13	LYNX D 13	BIAX D 13	0,17	900	82	3.000	1B	8.000
TC-D	FSG		18	G24d-2		DULUX D 18	PL-C 18	LYNX D 18	BIAX D 18	0,22	1.200	60	3.000	1B	8.000
TC-D	FSG		26	G24d-3		DULUX D 26	PL-C 26	LYNX D 26	BIAX D 26	0,32	1.800	69	3.000	1B	8.000
TC-DEL	FSG		18	G24q-2		DULUX T/E 18	PL-T 18	LYNX T/E 18	BIAX DE 18	0,21	1.200	67	3.000	1B	11.000
TC-DEL	FSG		26	G24q-3		DULUX T/E 26	PL-T 26	LYNX T/E 26	BIAX DE 26	0,30	1.800	69	3.000	1B	11.000
TC-DEL	FSG		32	G24q-3		DULUX T/E 32	PL-T 32	LYNX T/E 32	BIAX DE 32	0,32	2.400	75	3.000	1B	11.000
TC-DEL	FSG		42	G24q-4		DULUX T/E 42	PL-T 42	LYNX T/E 42	BIAX DE 42	0,32	3.200	76	3.000	1B	11.000
TC-TELI	FSG		120	2G8	GW 88 793	DULUX 120	PL-H 120			0,80	9.000	73	4.000	1B	20.000
TC-TELI	FSG		120	2G8	GW 88 792	DULUX 120	PL-H 120			0,80	9.000	73	3.000	1B	20.000
TC-DD	FSS		16	GR8					BIAX 2D	0,19	1.050	66	2.800	1B	5.000
TC-DD	FSS		28	GR8						BIAX 2D	0,32	2.050	73	2.800	1B
Alogene a bassa tensione															
QT 12	HSG		50	GY6,35		HALOSTAR 64440S	CAPSULELINE 13102	AXIAL 12V/50W	Q50 T3/12V	-	950	19	4.200	1A	3.000
QT 12	HSG		75	GY6,35		HALOSTAR 64450S	CAPSULELINE 13101	AXIAL 12V/75W	Q75 T3/12V	-	1.500	20	4.100	1A	3.000
QT 12	HSG		100	GY6,35		HALOSTAR 64458S	CAPSULELINE 13100			-	2.200	22	4.00	1A	3.000
Alogene a incandescenza															
QT-DE 12	HDG		150	R7s		HALOLINE 64696	150 T3 Q/CL/P	240V 150W	K28	0,65	2.200	15	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		200	R7s		HALOLINE 64698	200 T3 Q/CL/P	240V 200W	K11	0,87	3.200	16	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		300	R7s		HALOLINE 64701	300 T3 Q/CL/P	240V 300W	K9	1,30	5.600	18	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		500	R7s		HALOLINE 64702	500 T3 Q/CL/P	240V 500W	K11	2,10	9.500	19	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		750	R7s		HALOLINE 64560	750 T3 Q/CL/P	240V 750W	K3	3,20	16.500	22	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		1.000	R7s		HALOLINE 64740	1000 T3 Q/CL/P	240V 1000W	K4	4,30	22.000	22	2.000	1A	2.000
QT-DE 12	HDG		1.500	R7s		HALOLINE 64760	1500 T3 Q/CL/P	240V 1500W	K5	6,50	36.000	24	2.000	1A	2.000
QT 18	HSG/F		75	B15d		HALOLUX 64473 AM	12123W FR			0,32	1.050	13	2.000	1A	2.000
QT 18	HSG/F		100	B15d		HALOLUX 64475 AM	12122W FR			0,43	1.470	15	2.000	1A	2.000
QT 18	HSG/F		150	B15d		HALOLUX 64471 AM	12121W FR			0,65	2.400	16	2.00	1A	2.000
Incandescenza															
A 45	IA/IB		40	E27		STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD	0,17	430	11	4.200	1A	1.000
A 60	IA/IB		60	E27		STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD	0,26	730	12	4.100	1A	1.000
A 60	IA/IB		75	E27		STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD	0,32	960	13	4.000	1A	1.000
A 60	IA/IB		75	B22		STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD	0,32	960	13	3.900	1A	1.000
A 60	IA/IB		100	E27		STANDARD	STANDARD	STANDARD	STANDARD	0,43	1.380	14	3.800	1A	1.000

Note generali: i dati riportati sono indicativi. Per i dati ufficiali più recenti consultare il catalogo delle aziende produttrici. Alcune lampade sono disponibili con altre temperature di colore. In questo caso possono variare anche il flusso luminoso emesso e la loro durata. Alcune lampade hanno specifiche posizioni di funzionamento che devono essere rispettate.

Fig. 3.63 - Principali caratteristiche delle lampade installabili sulle apparecchiature illuminanti (Gewiss).

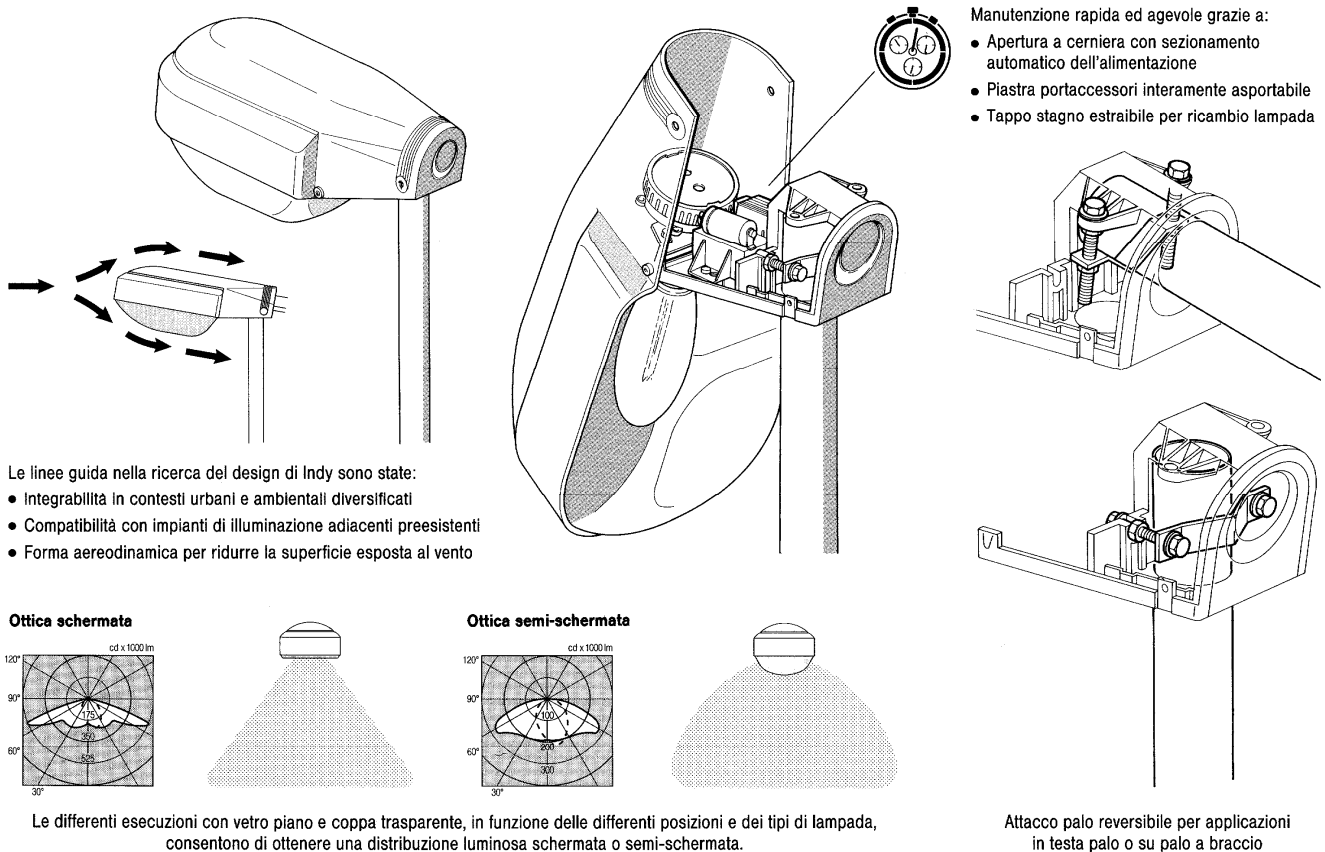


Fig. 3.64 - Esempio di apparecchio per l'illuminazione stradale con lampada a scarica (sodio ad alta pressione, mercurio con bulbo fluorescente) cablato e rifasato (Gewiss).

I dati elettrici degli apparecchi di illuminazione in termini di potenza, tensione e corrente vanno riferite alle lampade installate. Sono invece specifiche alcune caratteristiche legate alla sicurezza.

Ogni apparecchio di illuminazione comprende parti in tensione che devono essere adeguatamente protette per evitare il pericolo di folgorazione.

La protezione può essere assicurata dall'isolamento *principale* (o *fondamentale*). A questo può essere aggiunto un isolamento *supplementare*, indipendente dal precedente, al fine di ottenere la protezione anche in caso di guasto dell'isolamento principale. L'insieme dell'isolamento principale e di quello supplementare si definisce *doppio isolamento* (una apparecchiatura elettrica dotata di doppio isolamento, apparecchi di classe II, viene identificata mediante il simbolo \square).

Infine, si parla di *isolamento rinforzato* quando si ha un sistema unico di isolamento tale da assicurare la stessa protezione offerta dal doppio isolamento.

Con l'espressione "sistema unico di isolamento" non si vuole indicare che esso deve essere omogeneo; può comprendere vari strati, che però non possono essere provati singolarmente, come nel caso di un isolamento principale e di un isolamento supplementare.

Agli effetti della protezione contro i contatti accidentali, gli apparecchi di illuminazione vengono classificati nel modo che segue.

- **Apparecchi di classe 0:** la protezione contro la scossa elettrica si basa sull'isolamento fondamentale. Ciò implica che non sia previsto alcun dispositivo di collegamento delle parti conduttrici accessibili (masse), eventualmente presenti, ad un conduttore di protezione (PE) facente parte dell'impianto elettrico fisso. L'impiego degli apparecchi di classe 0 nei sistemi di I categoria (da oltre 50 fino a 1000 V in corrente alternata) non è ammesso in Italia.
- **Apparecchi di classe I:** la protezione contro la scossa elettrica non si basa unicamente sull'isolamento fondamentale, ma anche su una misura di sicurezza supplementare, costituita dal collegamento delle parti conduttrici accessibili (masse) ad un conduttore di protezione (messa a terra). Il collegamento a terra deve essere effettuato mediante l'apposito morsetto anche se l'apparecchio illuminante è installato fuori dal volume di accessibilità. Da notare che, se un apparecchio non porta il contrassegno del doppio isolamento e presenta masse metalliche (per esempio, i lampadari decorativi), non può essere installato se privo del morsetto di terra predisposto dal costruttore.

- **Apparecchi di classe II:** la protezione contro la scossa elettrica si basa sul doppio isolamento o sull'isolamento rinforzato. Non richiedono la messa a terra (collegamento PE), che anzi è vietata dalle norme. Per mantenere le caratteristiche di questa classe, i collegamenti interni possono essere rifatti o modificati solo da persone qualificate; in particolare, gli eventuali condensatori di rifasamento non devono essere collegati al corpo metallico degli apparecchi.
- **Apparecchi di classe III:** la protezione contro la scossa elettrica si basa sull'alimentazione a bassissima tensione di sicurezza di tipo SELV (tensione non superiore a 50 V, valore efficace, in corrente alternata fra i conduttori e la terra, in un circuito isolato dalla rete di alimentazione mediante un trasformatore di sicurezza). Non devono essere mai collegati al PE.

Tutti gli apparecchi conformi alle normative vigenti devono riportare in modo indelebile sulla parte principale (o sul reattore) almeno i seguenti dati:

- marchio di fabbrica;
- tensione nominale (non obbligatoria per apparecchi con lampada ad incandescenza funzionante a 250 V), corrente e frequenza nominali;
- numero del modello di riferimento;
- potenza e tipo di lampade installabili e loro tipo;
- temperatura ambiente massima (se diversa da 25 °C);
- segno grafico per gli apparecchi in classe II o III;
- grado di protezione IP;
- grado di protezione contro gli impatti di natura meccanica IK.

I collegamenti tra la lampada e i dispositivi di innesco o di stabilizzazione vengono denominati dalla norma CEI 34-21 *cablaggi interni* se collocati all'interno dell'apparecchio e *esterni* se collocati anche solo in parte all'esterno.

Per i cablaggi esterni si devono seguire le regole fissate dalla norma CEI 64-8. Per i cablaggi interni, di norma, non si possono impiegare cavi con sezione inferiore a 0,5 mm² e isolamento con spessore inferiore a 0,6 mm.

Per i lampadari decorativi, dove lo spazio destinato al cablaggio è ridotto, è ammesso usare conduttori con una sezione nominale non inferiore 0,4 mm² e spessore dell'isolante minimo di 0,5 mm, solo se la corrente di impiego non è superiore a 2 A e i cavi sono protetti meccanicamente.

Per quanto riguarda l'installazione, occorre tenere presente che gli apparecchi caldi non possono essere montati su superfici infiammabili (per esempio, legno) se privi dell'apposito contrassegno e, inoltre, per i proiettori e gli apparecchi caldi deve essere rispettata la distanza dagli oggetti illuminati indicata sull'apposita marcatura.

Il comportamento termico di un apparecchio, in generale, influisce sulla sicurezza per quanto attiene:

- il rischio di provocare o propagare un incendio, in particolare a causa della combustione del materiale da cui l'apparecchio stesso è costituito. È appunto in relazione a tale rischio che, per esempio, gli apparecchi per lampade fluorescenti tubolari, previsti per l'installazione in locali con pericolo d'incendio, sono realizzati in policarbonato autoestinguente;
- il grado di infiammabilità della superficie su cui sono montati. Le norme CEI relative agli apparecchi di illuminazione consentono la marcatura con il simbolo F per quegli apparecchi che, disponendo di adeguate protezioni contro l'aumento di temperatura all'interno (dovuto in modo particolare ad un guasto del reattore o del condensatore o della lampada), possono essere montati anche su materiali facilmente infiammabili.

Sono considerati come normalmente infiammabili quei materiali la cui temperatura di accensione sia di almeno 200 °C e che a tale temperatura non si deformano o rammoliscono; sono invece considerati facilmente infiammabili quei materiali la cui temperatura di accensione sia inferiore a 200 °C.

Di seguito vengono riportati i principali contrassegni, posti sugli apparecchi illuminanti, previsti dalla norma CEI 34-21.




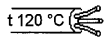



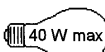
	Apparecchio di classe II		Apparecchio di classe III		Divieto di collegamento a terra		Richiede il cablaggio interno con un cavo resistente al calore (per esempio, fino a 120 °C)
	Apparecchi montabili su superfici di materiale infiammabile		Distanza minima da tenere dagli oggetti antistanti (es. 0,8 m)		Apparecchi che richiedono una lampada con il bulbo riflettente		Potenza massima della lampada.

Fig. 3.65 - Principali contrassegni, previsti dalla norma CEI 34-21, posti sugli apparecchi illuminanti.

Per indicare il grado di protezione di un apparecchio di illuminazione, rispetto ai contatti accidentali e contro la penetrazione all'interno di oggetti solidi e liquidi, viene utilizzato il simbolo IP (IP67) seguito da due cifre di cui la prima è relativa alla penetrazione dei corpi solidi, mentre la seconda riguarda la penetrazione dei liquidi.

Viene inoltre indicato il grado di protezione contro gli impatti di natura meccanica IK. Entrambi i gradi di protezione sono descritti in dettaglio nel secondo capitolo.

Nella tab. 3.18 vengono riportati alcuni composti chimici-corrosivi conosciuti, la compatibilità tra le apparecchiature illuminanti e l'ambiente di installazione, deve essere verificata, in quanto la resistenza può variare in funzione della temperatura, della concentrazione, del tempo e dalla modalità di installazione.

Composto chimico	Alluminio	ABS	Polistirolo	Policarbonato	Metacrilato	Acetalica	Polipropilene	Poliammide	Poliestere
Acidi diluiti	1	2	2	0	0	0	2	1	2
Acidi concentrati	0	0	1	1	1	1	0	1	1
Acidi ossidanti diluiti	1	2	2	0	0	1	2	1	0
Acidi ossidanti concentrati	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Basi diluite	1	2	2	0	0	2	2	2	0
Basi concentrate	0	2	2	1	1	0	2	2	1
Acqua	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Soluzioni saline	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Alcoli	1	2	2	2	0	2	2	2	2
Esteri	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Eteri	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Fenoli	1	1	1	1	1	2	2	1	1
Chetoni	2	1	1	1	1	1	2	2	0
Idrocarburi alifatici	2	2	1	0	0	2	2	2	2
Benzine	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Oli/grassi	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Idrocarburi aromatici	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Toluolo	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Idrocarburi clorurati	21	1	1	1	1	1	0	0	0
Tricloroetilene	2	1	1	1	1	1	0	1	1

Legenda simboli: 0 = non resistente, 1 = resistenza limitata, 2 = resistente.

Tab. 3.18 - Comportamento di alcuni materiali, con cui sono costruiti gli apparecchi illuminanti, agli agenti chimici e corrosivi (Gewiss).

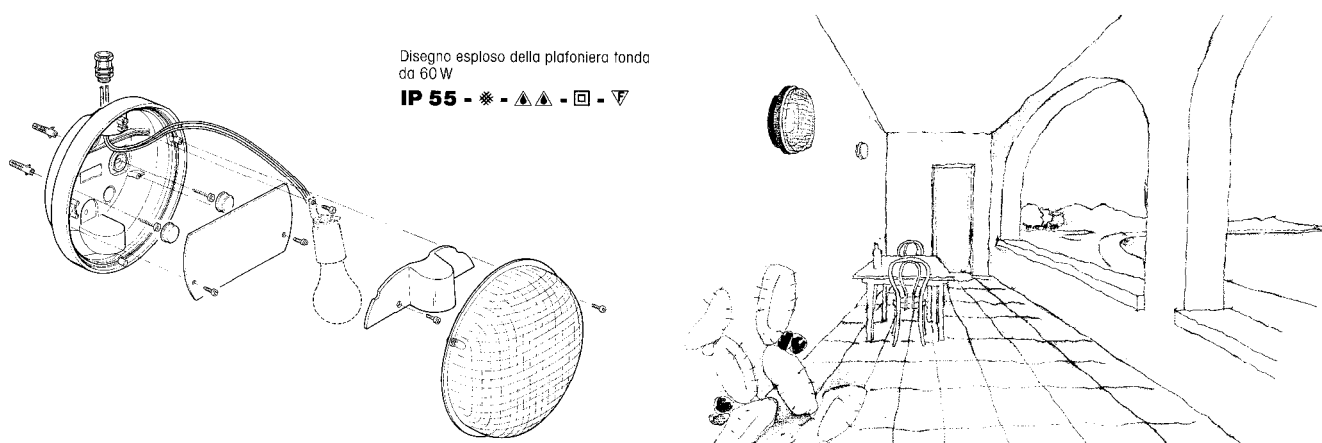


Fig. 3.66 - Esempio di plafoniera tonda stagna IP55 con lampada ad incandescenza da 60 W ad uso civile e terziario (Gewiss).

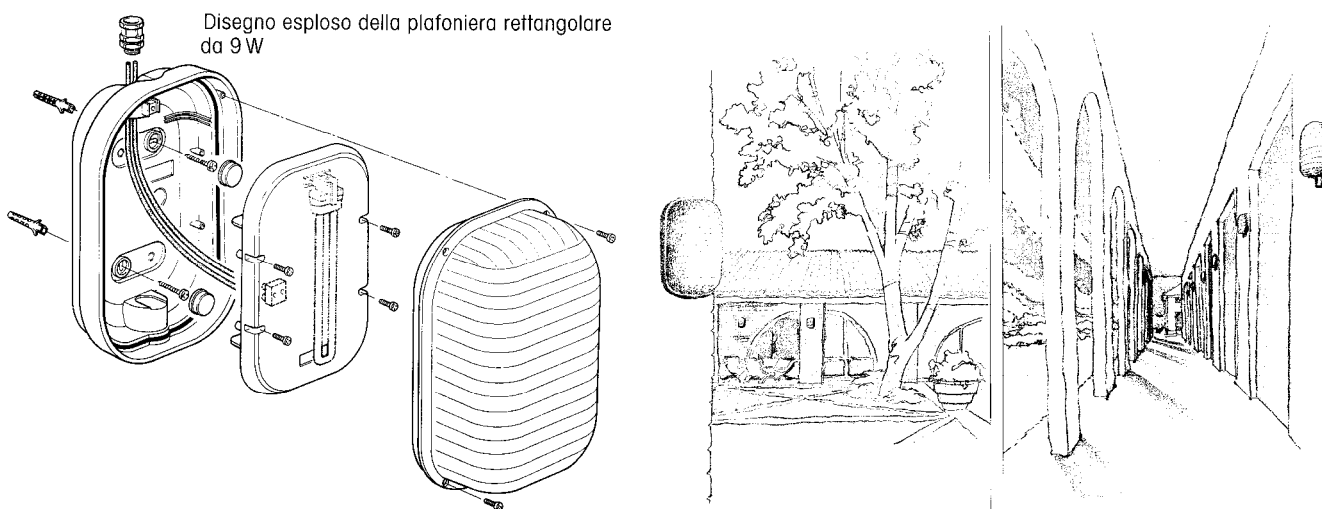
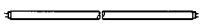
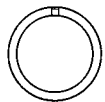

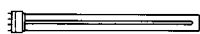


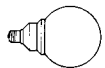


Fig. 3.67 - Esempio di plafoniera rettangolare IP55 con lampada fluorescente compatta da 9 W ad uso civile e terziario (Gewiss).



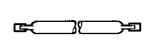
LAMPADIE FLUORESCENTI			ZENITH		NAUTILUS		IRIDE				MANTA
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	4 x	1 x
		18	1.450	•	•	•	•	•	•		•
	36	3.450	•	•	•	•	•	•			
	58	5.400	•	•	•	•		•			
	22	1.000							•		•
	32	2.150							•		•
	32+40	2.150+3.000							•		•


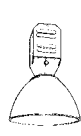

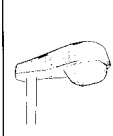
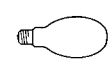
LAMPADIE FLUORESCENTI COMPATTE			STARTEC	GUSCIO		BOLLA	LANCIA	POINT	PARK
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *	1 x	1 x	2 x	2 x	1 x	1 x	1 x
		6	250	•					
	8	450	•						
	24	1.800	•						
	7	400				•			
	9	600		•	•	•			
	11	900					•	•	
	26	1.800		•				•	
	16	1.050					•		•
	28	2.050					•		•











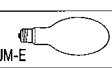

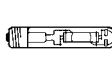
LAMPADIE AD INCANDESCENZA E FLUORESCENTI COMPATTE (con attacco E27 - B 22)			RETTA	TARTA	HOBBY	GUSCIO	BOLLA	TONDA	LOOK
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
		max. 40	430			•			
	max. 60	730		•		•	•	•	•
	max. 100	1.380	•			•	•	•	
	max. 25	1.200							•











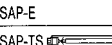
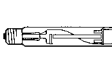
* Valori massimi indicativi espressi in lumen. Per una precisa individuazione dei flussi emessi si consiglia di consultare i cataloghi specifici dei produttori di lampade.

Fig. 3.68 - Plafoniere, lampade di emergenza e segnalazione, residenziale: tipo di lampada, potenza elettrica e flusso luminoso emesso (Gewiss).

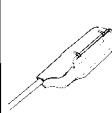


LAMPADE ALOGENE			DOMUS	GENIUS
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm)*		
	200	3.200	•	•
	300	5.000	•	•
	400	7.200		•
	500	9.500		•
	750	16.500		•
	1000	22.000		•
	1500	33.000		•

LAMPADE A SCARICA Mercurio Bulbo Fluorescente			KONO	HERCULES	CITY	ATLANTIS
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm)*				
 MBF	125	6.300		•	•	•
	250	13.000	•	•		•
	400	22.000	•	•		

LAMPADE A SCARICA Ioduri metallici			URANO	CRONO	TITANO	MACRO	ULTRA	MAXI	MEGA	KONO	HERCULES	ATLANTIS
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm)*										
	250	17.000								•	•	•
	400	26.000								•	•	
	70	5.000	•	•								
	150	11.250	•	•								
	250	19.000			•					•		
	400	25.000			•					•		
	1000	80.000				•						
	2000	170.000					•	•				
	3500	300.000						•				

LAMPADE A SCARICA Sodio Alta Pressione			URANO	CRONO	TITANO	MACRO	KONO	HERCULES	CITY	ATLANTIS	TUNNEL
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm)*									
	70 (1)	5.600							•	•	
	100	9.500							•	•	
	150	14.000							•	•	
	250	25.000					•	•		•	
	400	47.000				•	•			•	
	70	7.000	•								
	100	10.000		•							•
	150	14.500		•							•
	250	27.000			•		•				•
	400	48.000			•		•				•
	1000	130.000				•					•

(1) LAMPADA SENZA ACCENDITORE.

LAMPADE A SCARICA Sodio Bassa Pressione			METRO	TUNNEL
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm)*		
	35	4.800		•
	55	8.000	•	•
	90	13.500	•	•
	135	22.500	•	•
	180	33.000		•

* Valori massimi indicativi espressi in lumen. Per una precisa individuazione dei flussi emessi si consiglia di consultare i cataloghi specifici dei produttori di lampade.

Fig. 3.69 - Proiettori, riflettori, apparecchi stradali e per gallerie: tipo di lampada, potenza elettrica e flusso luminoso emesso (Gewiss).

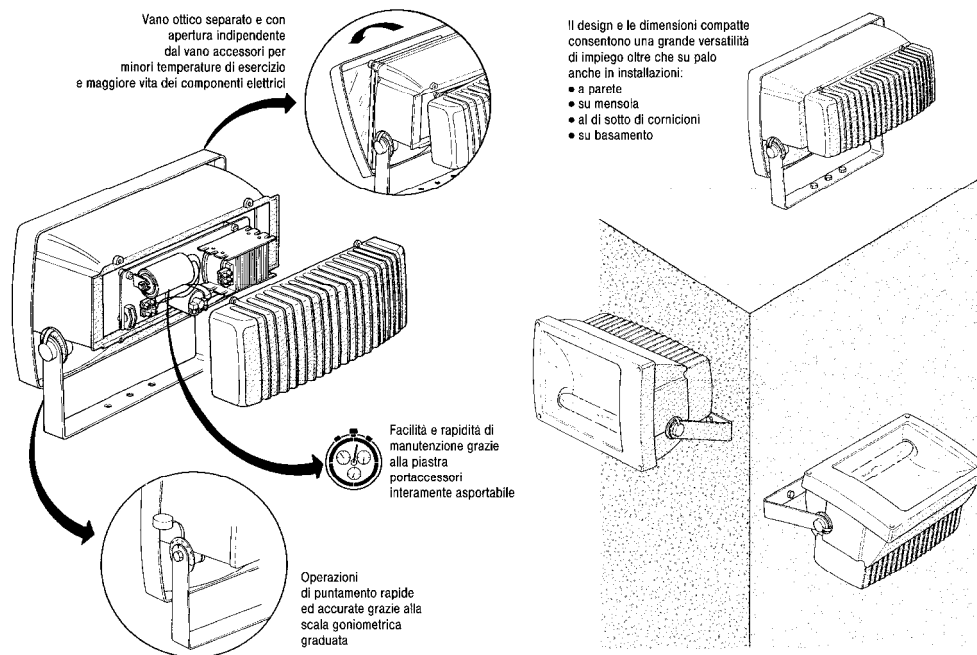
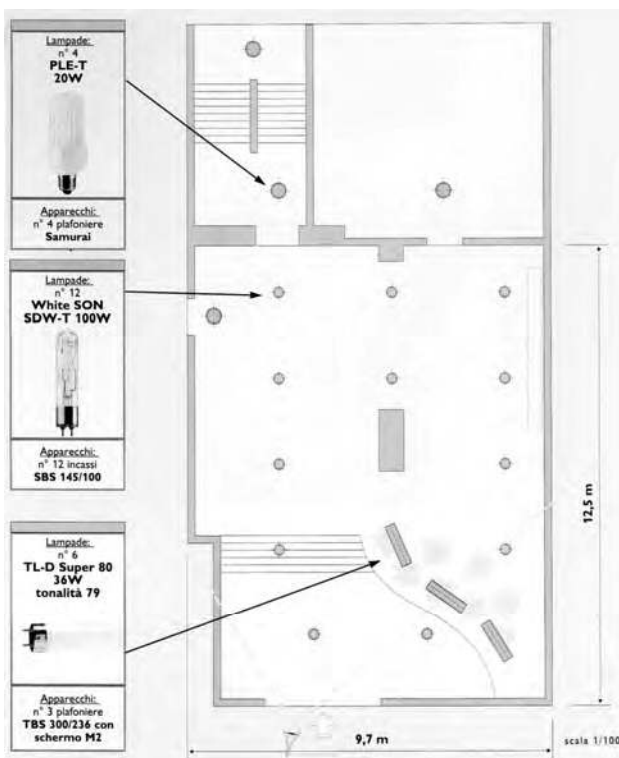


Fig. 3.70 - Esempio di proiettore per lampada a scarica (sodio ad alta pressione, ioduri metallici, mercurio con bulbo fluorescente) cablato e rifasato (Gewiss).

3.14 Esecuzione e gestione degli impianti di illuminazione (nel CD-ROM allegato)

3.15 Schede di progetto di illuminazione di interni

Ingresso di un condominio. Sono numerosi i casi in cui sono richiesti degli interventi di riqualificazione dell'impianto al servizio delle parti comuni (ingresso, atri, scale, pianerottoli), motivati dal duplice obiettivo di avere più luce, per garantire la sicurezza dei condomini in tutte le possibili situazioni (giorno, notte, emergenza), e allo stesso tempo di contenere i consumi.



Scheda tecnica di progetto di un ingresso per un condominio



Fig. 3.74 - Scheda tecnica di progetto di un ingresso per un condominio (Philips).

Capita frequentemente che, allo scopo di compensare l'insufficienza dell'illuminazione pubblica nella zona prospiciente il condominio, si utilizzino apparecchi proiettori per potenziare l'illuminamento nell'area esterna verso la strada. Si agevolano in questo modo gli inquilini nelle operazioni di apertura o chiusura del cancello o del portone di accesso, nell'uso del citofono o del videocitofono, per individuare prontamente l'identità delle persone in prossimità dell'immobile. Si mettono in evidenza, inoltre, degli ostacoli potenzialmente pericolosi di notte, o si mette in risalto l'eventuale vegetazione decorativa del giardino o dell'area verde disposta a cornice dello stabile.

Sono consigliabili in tutti questi casi le lampade ad alogenuri oppure le fluorescenti compatte (Philips PLE-T), in sostituzione delle lampade ad incandescenza o alogene.

Non è da trascurare, infine, l'illuminazione funzionale e di sicurezza di tutti i locali, ausiliari e di servizio, come le cantine, i solai in cui è alloggiata la centrale termica o i contatori dell'energia elettrica, i relativi corridoi e disimpegni con le scalinate, nonché le porte di accesso e di sicurezza.

Offrono notevoli vantaggi le lampade fluorescenti tubolari lineari a lunga durata (Philips TLD Super 80) poste in plafoniere stagne (Philips Samurai), oppure le lampade fluorescenti compatte anch'esse poste in apposite plafoniere.

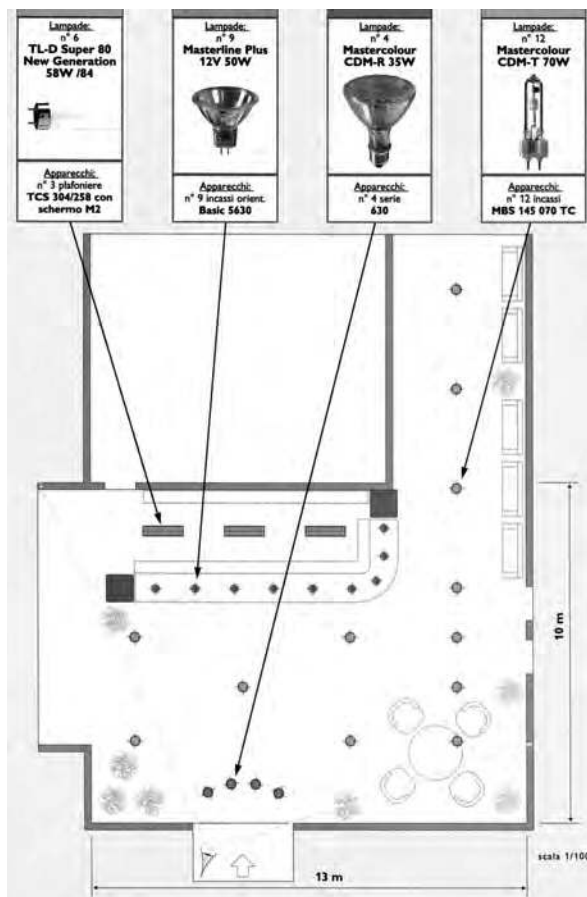
Hotel. L'illuminazione in alberghi e hotel contribuisce fortemente a rendere accogliente e gradevoli per la clientela tutti i luoghi destinati all'ospitalità: dagli esterni (ingressi, giardini, parchi) agli interni (aree pubbliche di ricevimento, sale ristorazione e locali bar, sale di lettura, conversazione e relax, camere per gli ospiti).

Nella zona dell'ingresso e della reception si deve comunicare il livello del servizio offerto. Le lampade sono in funzione per molte ore sia durante il giorno sia durante la notte.

La luce deve essere abbondante, specialmente nella zona del bureau (dai 200 ai 300 lx sul piano orizzontale, sulla parete attrezzata di fondo e sul principale piano verticale di servizio) ma, considerati i lunghi periodi di attivazione, non deve comportare elevati consumi di energia.

Ottimi risultati nella zona banco si ottengono utilizzando le lampade alogene con ottica incorporata in vetro di croico (Philips Masterline Plus), che hanno la prerogativa di inviare nell'ambiente luce di alta resa cromatica.

Nei casi in cui le lampade siano collocate a una distanza dal piano del bureau inferiore a 2 m, la riduzione dell'irraggiamento termico sul piano di lavoro contribuisce notevolmente al comfort degli operatori e della clientela. Grazie alla qualità della luce emanata, le lampade alogene (Philips Halogena con attacco a vite E27 o E14, Plu-sline, Capsuline) possono rendere più attraente e gradevole una sala lettura o di conversazione decorata con opere d'arte o con oggetti di pregio.



Scheda tecnica di progetto di una reception di un hotel



Fig. 3.75 - Scheda tecnica di progetto di una reception di un hotel (Philips).

Visti i lunghi tempi di mantenimento in attività dell'impianto nella zona reception, conviene considerare l'alternativa offerta dalle lampade fluorescenti compatte (Philips SL Comfort, Prismatic e Decor, PLE-T, PLE-C, serie PL, con alimentazione tradizionale o elettronica).

Il contenimento dei consumi è consistente e giustifica il cambiamento, specialmente quando l'impianto in funzione sia dotato delle tradizionali lampade ad incandescenza. Le lampade fluorescenti compatte e le fluorescenti lineari (Philips TLD Super 80 New Generation e TLD Super 90) sono indicate in altri contesti ambientali dell'hotel: locali di servizio, disimpegni, scale, pianerottoli, corridoi.

Nelle camere per gli ospiti, la sostituzione delle lampade a incandescenza con i modelli a scarica a basso consumo energetico offre vantaggi in termini di riduzione della spesa di gestione dell'impianto elettrico, minore manutenzione grazie alla lunga durata, buona qualità della luce.

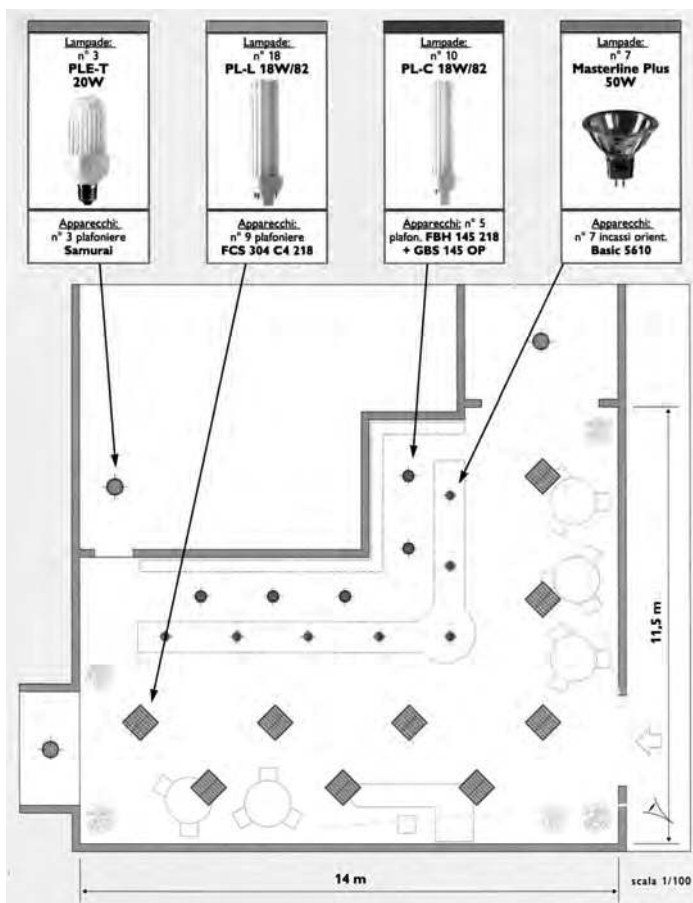
Spesso l'hotel ha un'illuminazione esterna: zona dell'ingresso principale, facciata fronte strada, giardino, aree di parcheggio, in funzione ogni notte per molte ore.

L'ideale per queste applicazioni illuminotecniche sono le lampade a scarica compatte, ad alta resa cromatica e bassi consumi (Philips Mastercolour CDM e le White SON SDW-T). Queste ultime sono da usare in particolare quando le superfici da rischiarare sono in laterizio faccia a vista, in legno, in pietra o con tonalità beige o giallo.

Bar. Normalmente in un bar l'impianto di illuminazione è attivo per molte ore al giorno ed è richiesta, in particolare nella zona del banco, una buona qualità della luce.

Soluzioni valide, in grado di coniugare il contenimento dei consumi con la facilità della manutenzione e la qualità della luce, sono basate sull'impiego di lampade di diverso tipo (alogene, fluorescenti, a vapori di alogenuri, a vapori di sodio).

Questa miscelazione di luci erogate da differenti fonti (ad incandescenza e a scarica) impone la scelta di una stessa tonalità di luce.



Scheda tecnica di progetto di un bar



Fig. 3.76 - Scheda tecnica di progetto di un bar (Philips).

Quando è possibile conviene illuminare il banco bar e la zona della cassa con le lampade alogene di tipo dicroico, per avere luce molto brillante, e per avere concentrazione di luce dove serve, senza creare abbagliamento nelle altre zone in cui si trovano i clienti.

Una buona illuminazione si può ottenere anche inserendo nell'impianto, in alternativa alle alogene, le lampade fluorescenti compatte a risparmio energetico. Si armonizzano bene con le alogene e contribuiscono a limitare la spesa energetica.

In presenza di una sala (per esempio, sala da tè) attrezzata con sedute e tavolini, magari con un debole o nessun contributo della luce naturale, è consigliabile l'adozione delle lampade ad alogenuri (Philips Mastercolour CDM), che coniugano i bassi consumi con la lunga durata e la qualità dell'emissione.

Adatti per questo tipo di ambienti sono gli apparecchi da incasso forniti di ottiche ad alto rendimento per illuminazione a luce diretta.

Se il bar è attrezzato con vetrine per l'esposizione di prodotti o alimenti, si può considerare l'opportunità data dalle sorgenti luminose a vapori di sodio ad altissima pressione, per esempio le White SON SDW-T: hanno una luce di tonalità calda in grado di esaltare le sfumature cromatiche, soprattutto di cibi e bevande, poche radiazioni termiche, totale assenza di raggi ultravioletti.



a



b

Fig. 3.77 - Esempi di illuminazione: a) Suite di un hotel - b) Bar (Philips).

Ristorante. In ogni ristorante è possibile individuare, tra le varie zone aperte al pubblico, quella che più di tutte può svolgere la funzione di richiamare l'attenzione dei clienti.

Per esempio la zona buffet, ma può essere anche una parte del locale caratterizzata da una soffittatura o una parete decorata, oppure un angolo in cui siano esposti degli oggetti di pregio o semplicemente curiosi.

Un'illuminazione ad alta resa cromatica metterà in evidenza quei dettagli che si imprimeranno gradevolmente nella memoria dei frequentatori.

La parte del locale attrezzato con i tavoli da pranzo dovrà avere un'illuminazione più discreta, in modo da creare un'atmosfera piacevole, non aggressiva e quanto più possibile rilassante e raccolta.

Si ricordi che a tavola le persone non si limitano a gustare i piatti della casa, ma conversano e, quindi, si osservano in continuazione da un'infinità di angoli di visuale.

Oltre al piano orizzontale del tavolo da pranzo, pertanto, bisogna inviare luce verso tutti i piani verticali che lo contornano, in corrispondenza delle varie sedute.

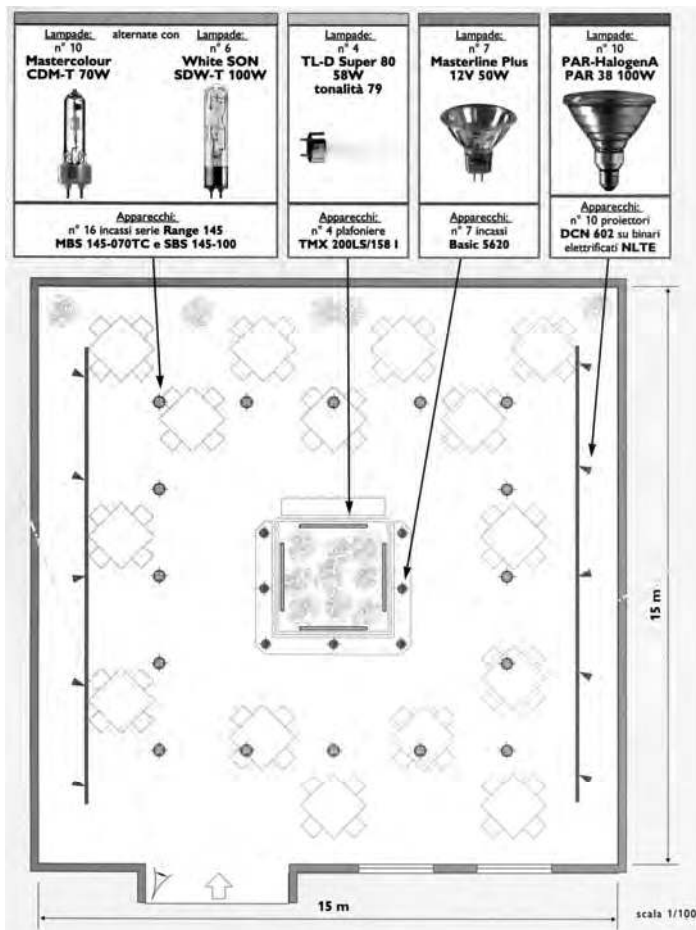
Occorre selezionare degli apparecchi che, senza abbagliare, proiettino un'adeguata quantità di luce in tutte le direzioni.

La tonalità calda della luce è molto indicata per la cena, al termine della giornata. Il nostro occhio gradisce di più, dopo il tramonto, le basse temperature di colore.

La colazione del mattino e il pranzo di mezza giornata, viceversa, anche nel caso frequente in cui la sala sia illuminata da una miscela di luce naturale e artificiale, si rivelano adatte (vivace, stimolante, allegra) tonalità leggermente più fredde o meglio intermedie (temperatura di colore da 3000 K a 3500 K).

Si consiglia di mantenere in ogni caso l'indice di resa dei colori su valori non inferiori a 85. Nella zona della sala destinata all'esposizione dei piatti del giorno è essenziale dare il massimo risalto a tutti i colori dello spettro.

L'ideale sono le alogene, in particolare le piccole alogene alimentate a bassissima tensione di sicurezza (12 V) a luce fredda con ottica incorporata in vetro dicroico (Philips Masterline Plus), per le loro basse emissioni termiche (le radiazioni IR privano gli alimenti della loro umidità naturale).



Scheda tecnica di progetto di un ristorante



Fig. 3.78 - Scheda tecnica di progetto di un ristorante (Philips).

Per lo spazio della sala occupato dai tavoli si può optare, in alternativa alle alogene (quando gli ambienti hanno una certa estensione il loro consumo incide in modo significativo sui costi di gestione del ristorante), per le lampade ad alogenuri (Philips Mastercolour CDM) o le lampade a vapori di sodio ad altissima pressione (Philips White SON SDW-T). Queste ultime saranno da preferire nella serata, quando si registra la maggiore affluenza di clienti; le prime, invece, in tutti gli altri casi.

L'illuminazione di locali di servizio (cucine, dispense, uffici, magazzini) merita anch'essa particolare attenzione trattandosi di luoghi in cui il lavoro deve svolgersi nel modo più efficiente, produttivo e in piena sicurezza.

Le lampade fluorescenti lineari (Philips TLD Super 80 New Generation) rappresentano un'ottima scelta per la lunga durata, il ridotto decadimento luminoso per tutta la vita operativa delle lampade (elevata quantità di luce fino alla loro sostituzione), e la buona qualità cromatica della luce prodotta.

Il migliore impiego delle lampade fluorescenti lineari per gli ambienti in cui l'atmosfera è ricca di umidità e di vapori (le cucine) oppure di polveri (depositi e magazzini) è all'interno di apparecchi stagni. Utilizzando invece le fluorescenti compatte, l'apparecchio migliore, per prestazioni fotometriche e robustezza, sono le plafoniere a filo a soffitto.

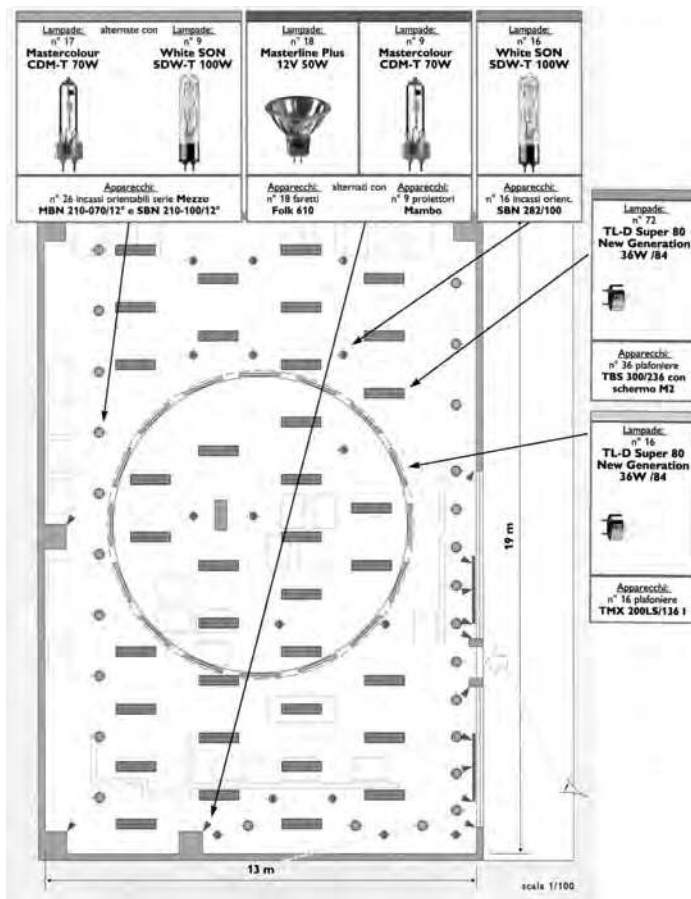
Negozio. In linea generale è possibile distinguere all'interno di ogni negozio di piccolo e medio taglio i seguenti tipi di zone:

- zona dedicata all'esposizione, attrezzate con vetrine con affaccio su strada, o con vetrine rivolte all'interno;
- zone, di solito più ampie, adibite al primo contatto con il pubblico, ai rapporti con la clientela, alla vendita;
- zone di servizio con funzioni di deposito, archivio, disimpegno.

Nel piccolo e medio negozio i tre tipi di zone sono di solito separati più o meno nettamente. In altre situazioni, per esempio, show-room, empori, punti vendita con servizio self service, le funzioni trovano dislocazione in uno stesso spazio, opportunamente articolato per orientare la clientela.

In questi casi, tutto il punto è da considerare spazio espositivo; di conseguenza si avranno illuminamenti elevati per gran parte dell'estensione del locale. Lo spazio espositivo richiede un'illuminazione di alta qualità, in grado di dare il giusto risalto alle merci esposte e promuovere le vendite.

Per creare le ombre necessarie a conferire plasticità agli oggetti e a metterli in rilievo, è indicato l'impiego di proiettori concentrati in supporto ad apparecchi diffondenti che, all'opposto, tendono a sfumare e ad attenuare le ombre.



Scheda tecnica di progetto di un negozio per abbigliamento



Fig. 3.79 - Scheda tecnica di progetto di un negozio per abbigliamento (Philips).

Per evitare surriscaldamenti degli oggetti si usano lampade o apparecchi forniti di coppe riflettenti in vetro di croico (Philips le alogene Masterline Plus). Gli scolorimenti di tessuti e carte si evitano con l'adozione di filtri anti-UV oppure di lampade fornite di uno speciale bulbo che funge da barriera ai raggi ultravioletti (sistema UV-Block della Philips utilizzato nella costruzione sia delle lampade alogene sia dei modelli ad alogenuri).

La luce nelle vetrine è presente anche in pieno giorno per contrastare l'effetto specchio prodotto dalle lastre di cristallo causato dalla differenza di luminosità tra interno vetrina ed esterno strada.

È opportuno, a tale scopo, proteggere le vetrine dall'irraggiamento solare.



a



b

Fig. 3.80 - Esempi di illuminazione: a) Ristorante - b) Negozio per la vendita di scarpe (Philips).

3.16 Esempio d'illuminazione d'interni: uffici

Ai fini del benessere psico-fisico degli operatori e del loro buon rendimento lavorativo, l'illuminazione degli uffici deve essere studiata in modo tale da permettere di attuare condizioni di visibilità pienamente adeguate alla particolare delicatezza dei compiti visivi e contenere nella maggior misura possibile lo sforzo ed il conseguente affaticamento cui gli operatori sono esposti.

Quest'ultimo requisito ha assunto un'importanza particolare da quando negli uffici si è andata affermando la tendenza ad impiegare, su scala sempre maggiore, dei personal computer e relativi monitor.

Gli schermi di questi ultimi possono infatti dar luogo a affaticamento visivo dovuto a riflessioni moleste oppure a contrasti di luminanza non adatti tra caratteri e sfondo.

Queste ultime situazioni si possono verificare se si adottano apparecchi di illuminazione caratterizzati da una distribuzione del flusso luminoso non convenientemente scelta, oppure se la posizione di tali apparecchi non sia stato correttamente stabilito tenendo conto della posizione dei monitor.

Per l'illuminamento degli uffici si consiglia di fare riferimento alla norma UNI EN 12464 come mostrato nella tab. 3.20; il valore rappresenta, a seconda degli ambienti, l'illuminamento da adottare ordinariamente.

Si adotterà un valore più elevato quando il compito visivo è molto impegnativo, e un valore minore quando i fattori di riflessione ed i contrasti sono molto elevati.

Negli uffici che utilizzano personal computer può essere utile per la lettura dei testi sullo schermo adottare valori piuttosto bassi così da assicurare un miglior contrasto, mentre per la lettura dei testi sui fogli accanto alla tastiera può essere preferibile adottare valori più alti.

In questi casi si può adottare dei centri luce comandati mediante dei sistemi elettronici ad alta frequenza che consentono, mediante un potenziometro, di regolare il flusso luminoso.

Nell'ufficio può essere utile, al fine di affaticare il meno possibile la vista, adottare un fattore di uniformità, cioè il rapporto tra il valore minimo degli illuminamenti e quello medio, non inferiore a 0,8.



a



b

Fig. 3.81 - Esempi di illuminazione di uffici: a) Area servizi - b) Open space progettazione (Philips).

Per l'illuminazione degli uffici può essere conveniente adottare lampade fluorescenti lineari da 36 W o da 58 W rivestite con polveri fluorescenti trifosforo o penta fosforo e nella tonalità di luce corrispondente alla temperatura di colore di 3800 K o di 4000 K.

Utile, inoltre, la possibilità di regolare il flusso luminoso (10%÷100%) mediante appositi reattori elettronici sia manualmente con un potenziometro sia automaticamente mediante un apposito sensore.

La possibilità di regolazione automatica del flusso luminoso consente, in particolare nel caso di uffici di grandi dimensioni e caratterizzati da illuminamenti piuttosto elevati, di realizzare notevoli risparmi energetici; infatti, le lampade dovranno limitarsi a fornire il flusso necessario ad integrare quello della luce naturale, per cui esse lavoreranno a potenza ridotta.

Gli apparecchi illuminanti più indicati sono quelli adatti ad alloggiare una o più lampade fluorescenti lineari.

Per una attenta scelta degli apparecchi di illuminazione da installare negli uffici, è opportuno distinguere tra apparecchi per uffici senza personal computer oppure con personal computer.

Negli uffici in cui non sono installati personal computer, gli apparecchi di illuminazione più indicati sono quelli caratterizzati da una curva fotometrica in grado di emettere l'intensità massima tra i 30 e 45 gradi; per contro, l'intensità deve avere un valore ridotto nel settore compreso tra i 25 e 0 gradi rispetto alla verticale.

Nel caso di uffici dotati di personal computer, l'eventuale riflessione sullo schermo di radiazioni luminose provenienti dagli apparecchi illuminanti può comportare, oltre che una riduzione del contrasto di luminanza tra caratteri e sfondo (con conseguente aumento del tempo di accomodamento e dello sforzo visivo), fastidiosi effetti di abbagliamento.

Nella fig. 3.82a vengono indicate le condizioni consigliate per contrastare tale abbagliamento.

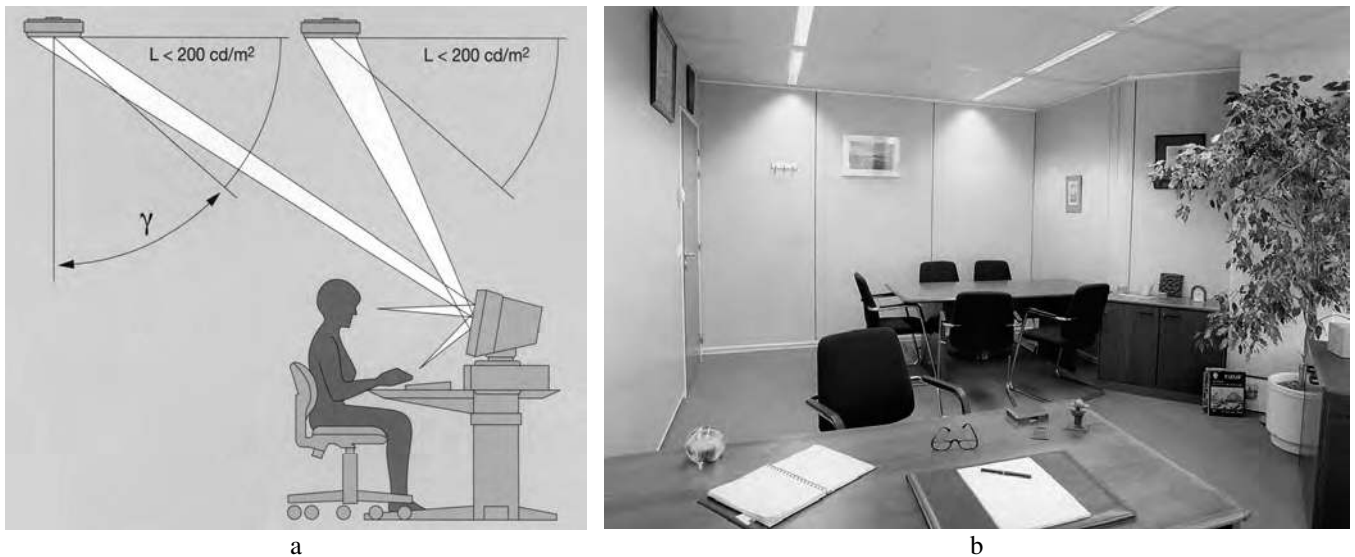


Fig. 3.82 - a) Gli apparecchi di illuminazione disposti in posizione tale da apparire per riflessione sugli schermi del monitor devono presentare una luminanza limite contenuta nelle 20 cd/m^2 - b) Esempio di illuminazione di un ufficio direzionale (Philips).

Gli apparecchi maggiormente utilizzati per queste applicazioni (tipi cosiddetti dark-light) presentano una luminanza uguale o inferiore a 200 cd/m^2 per angoli superiori a 60° rispetto alla verticale.

Molto spesso la limitazione è realizzata per un solo piano, il che equivale a dire che l'apparecchio è in grado di fornire una prestazione dark solo se è montato nel giusto senso rispetto alla direzione di osservazione.

Gli apparecchi da installare negli uffici devono comunque avere caratteristiche fotometriche tali da non dar luogo ad abbagliamenti nei casi in cui, nel campo visivo degli operatori, entrino direttamente uno o più centri luminosi; occorre perciò controllare il valore della luminanza nelle varie direzioni di emissione.

A tale scopo sono utili, in fase di progettazione, le cosiddette curve limite di luminanza.

3.17 Esempio d'illuminazione d'interni: edifici industriali

L'importanza del ruolo che l'illuminazione gioca ai fini dell'efficienza del lavoro negli ambienti industriali risulta evidente qualora si pensi alla notevole varietà e complessità dei compiti che è necessario svolgere in tali ambienti.

In fase di progettazione è necessario perciò considerare i seguenti aspetti:

- massima sicurezza, ai fini della prevenzione infortuni;
- buona visibilità, ai fini di un agevole svolgimento del lavoro, anche nei casi in cui esso comporti grande attenzione ed un impiego molto prolungato nel tempo;
- un adeguato comfort ambientale.

Per quanto riguarda i valori di illuminamento da adottare, è bene considerare il fatto che il flusso luminoso emesso dai centri luce tende a diminuire, nel corso del tempo, in relazione soprattutto all'invecchiamento delle lampade ed all'insudiciamento degli apparecchi di illuminazione.

È evidente che anche il valore dell'illuminamento medio in quel dato ambiente tende a diminuire rispetto al valore iniziale.

Le norme UNI EN 12464 forniscono delle tabelle, riportate nelle tab. 3.20 e tab. 3.21, che mostrano i valori dell'illuminamento medio sul piano di lavoro.

Il valore da prevedere in un locale deve essere tanto più elevato quanto maggiore è il grado di difficoltà del compito visivo.

Tale grado di difficoltà dipende da vari fattori quali, per esempio, le dimensioni dei dettagli che devono essere percepiti, dal contrasto di colore o di luminanza tra l'oggetto da vedere e la zona del campo visivo immediatamente circostante all'oggetto stesso, dalla rapidità e dalla precisione richieste nell'esecuzione dell'attività lavorativa, dal tempo durante il quale il lavoro deve venire effettuato senza interruzione.

Nelle tabelle citate precedentemente è possibile trovare i valori consigliati per vari ambienti industriali. Si raccomanda di aumentare il valore proposto quando il compito visivo presenta contrasti molto modesti, oppure se i locali sono privi di finestre.

Si può invece adottare un illuminamento minore quando i contrasti sono molto elevati.

Per compiti visivi particolarmente difficili, per esempio per gli assemblaggi di precisione, le tabelle indicano un valore di illuminamento di 1000 lx.

I questi casi, al fine di contenere il numero di sorgenti luminose da installare ed il corrispondente consumo di energia elettrica, si adotta, in genere, la soluzione di prevedere per l'illuminazione generale dell'ambiente illuminamenti adeguati, ma non troppo elevati (per esempio, 500 lx), provvedendo a realizzare, in corrispondenza dei singoli posti di lavoro, una illuminazione localizzata a livelli più elevati, necessari per il compito previsto in quell'ambiente.

Per quanto riguarda l'uniformità di illuminamento anche in questo caso è opportuno adottare un fattore di uniformità non inferiore a 0,8.

Tale fattore dipende dal rapporto tra l'altezza utile (distanza tra le sorgenti luminose ed il piano di lavoro) e l'interdistanza tra un apparecchio d'illuminazione e l'altro.

Tiene conto del tipo di distribuzione fotometrica da cui gli apparecchi di illuminazione adottati sono caratterizzati e, infine, dipende dal fattore di riflessione delle pareti.

Sempre ai fini di una buona uniformità, è importante che l'illuminamento in corrispondenza delle aree di lavoro vere e proprie non sia superiore al triplo dell'illuminamento medio in tutto il locale.



Fig. 3.83 - Esempi di illuminazione di edifici industriali: a) Industria alimentare - b) Industria metalmeccanica (Philips).

La scelta del tipo di lampada da adottare dipende da vari fattori, tra i quali si possono citare i seguenti.

Nel caso di *locali aventi un'altezza non superiore a 7÷8 m*, si possono adottare lampade fluorescenti lineari oppure lampade a vapori di sodio ad alta pressione a luce comfort.

Nel caso di *locali con altezza superiore a 7÷8 m*, si possono installare lampade a vapori di sodio ad elevata pressione di potenza unitaria elevata oppure lampade ad alogenuri di potenza unitaria elevata.

Nel caso di *uffici disegnatori*, in genere si utilizzano lampade fluorescenti lineari tradizionali o ad alta frequenza. Infine, in *sala mensa* si utilizzano lampade fluorescenti lineari tradizionali o ad alta frequenza oppure fluorescenti compatte.

Le tabelle citate riportano anche l'indice di resa cromatica R_a più adatto per i vari casi.

La scelta degli apparecchi di illuminazione deve tenere conto dei seguenti fattori:

- adeguato controllo del flusso luminoso emesso dalle lampade in essi installate, in particolare ai fini della razionale direzionalità della luce e della prevenzione dell'abbagliamento;
- idoneità garantisce la sicurezza d'impiego (grado di protezione, classe di isolamento, comportamento termico, precauzioni contro il pericolo di esplosione);
- attitudine ad assicurare un buon funzionamento ed una buona durata delle lampade in essi montate.
- possibilità di consentire una agevole sostituzione delle lampade e degli accessori;
- attitudine a soddisfare sufficientemente le esigenze di costo, durata ed estetica.

Anche per gli apparecchi illuminanti, la scelta deve essere fatta in relazione all'altezza del locale.

Nel caso di *locali con altezza inferiore a 7÷8 m*, si possono usare i riflettori industriali equipaggiati con lampade fluorescenti lineari oppure riflettori industriali (con o senza vetro di protezione a seconda dei casi) equipaggiati con una lampada al sodio ad alta pressione.

Nel caso di *locali con altezza compresa tra 8 m e 20 m*, si utilizzano appositi riflettori industriali, per esempio con lampade al sodio ad alta pressione.

Nel caso di *locali con altezza superiore a 20 m*, vengono adottati spesso veri e propri proiettori equipaggiati, in molti casi, con lampade a vapori di sodio ad alta pressione da 1000 W (flusso luminoso 130000 lumen).



a



b

Fig. 3.84 - Esempi di illuminazione di edifici industriali: a) Illuminazione localizzata in un officina meccanica (Gewiss) - b) Industria cartiera (Philips).

La luminanza è strettamente legata, come si è visto anche precedentemente, con le caratteristiche di riflessione degli oggetti illuminati e con l'entità e la direzione di provenienza del flusso luminoso su di essi incidente.

Negli ambienti industriali è possibile trovare i seguenti tipi di superfici:

- opache, caratterizzate da riflessione perfettamente diffusa, in cui cioè la riflessione della luce incidente avviene in modo uniforme in tutte le direzioni;
- lucide, caratterizzate da riflessione speculare, in cui cioè la luce è riflessa soltanto nella direzione simmetrica a quella incidente;
- a riflessione mista, cioè intermedia alle due precedenti.

La percezione dei particolari degli oggetti che si trovano nel campo visivo si basa sul contrasto di luminanza tra gli oggetti stessi e lo sfondo, contrasto che per alcune lavorazioni industriali deve essere molto elevato.

A tal fine, è opportuno scegliere piani di lavoro con finiture opache, adottare apparecchi di illuminazione caratterizzati da un adeguato controllo del flusso emesso dalla lampada e, infine, evitare che nella direzione speculare a quella di normale osservazione siano installati centri luce che emettono radiazioni luminose nella stessa direzione.

Anche la prevenzione dell'abbagliamento ha la sua importanza nella progettazione illuminotecnica e può essere provocato direttamente dai centri luminosi nelle ore serali e dalle finestre di giorno, oppure dalla luce riflessa dalle superfici illuminate comprese nel campo visivo.

La scelta errata delle caratteristiche fotometriche delle apparecchiature illuminanti, oppure la loro errata ubicazione può determinare un abbagliamento direttamente dai centri luminosi.

L'abbagliamento dipende anche dai seguenti parametri: dimensione del locale, altezza d'installazione, dimensione degli apparecchi e loro disposizione nel locale, luminanza delle zone di soffitto adiacenti agli apparecchi stessi.

Quanto più il locale è basso e lungo, tanto più numerosi sono i centri luminosi che entrano nel campo visivo di coloro che vi lavorano. Occorre perciò nella loro scelta valutare attentamente la curva fotometrica degli apparecchi illuminanti.

Anche l'abbagliamento da luce riflessa può essere fastidioso; per contrastarlo, occorre adottare apparecchi di illuminazione caratterizzati da un buon controllo del flusso luminoso, disporre e schermare opportunamente i centri luce in modo tale che la riflessione diretta dei raggi luminosi sia esterna all'angolo di visuale dell'osservatore, fare in modo che le superfici dei piani di lavoro non siano troppo riflettenti.

In alcuni casi si fa uso di una illuminazione localizzata, come, per esempio, nel caso di macchine utensili i cui organi possono, in qualche modo, intercettare i raggi luminosi dei centri luce previsti per l'illuminazione generale.

Molto adatte, soprattutto in casi come questo, sono le lampade fluorescenti compatte che, oltre ai vantaggi citati precedentemente, hanno la caratteristica di resistere bene alle vibrazioni meccaniche. Anche in questo caso, ai fini del miglior comfort visivo per gli operatori, l'uniformità dell'illuminamento deve essere contenuto, come detto precedentemente.

Negli ambienti industriali, in particolare, deve essere evitato l'effetto stroboscopico, causato dalle lampade fluorescenti, che illuminano oggetti in movimento; tale fenomeno, come spiegato successivamente, oltre che essere fastidioso, può dar luogo a gravi infortuni.

3.18 Esempio d'illuminazione d'interni: centri vendite

L'illuminazione nei centri vendite è di particolare importanza non solo dal punto di vista funzionale, ma anche ai fini dello sviluppo delle vendite. Ciò perché oltre a porre gli articoli esposti nelle migliori condizioni di valutazione da parte della clientela, vale a conferire ad essi un valore aggiunto, un'attrazione psicologica ed un potere di attrazione che contribuiscono a favorire l'acquisto.



a



b

Fig. 3.85 - Esempi di illuminazione di centri vendite: a) Supermercato - b) Piazza centrale di un centro commerciale (Philips).

Inoltre, una buona illuminazione contribuisce a creare quell'immagine che ogni centro vendita propone ai propri clienti, al fine di soddisfarne il più possibile le aspettative.

L'illuminazione generale ha i seguenti compiti:

- 1) consentire al pubblico di circolare in condizioni ottimali di visibilità;
- 2) permettere al pubblico di distinguere anche a distanza notevole le varie merci esposte valutandone la qualità e i prezzi;
- 3) facilitare l'identificazione, il rifornimento, la sistemazione delle merci, il controllo e la registrazione dei prezzi da parte del personale addetto alle vendite;
- 4) garantire la sicurezza del pubblico e del personale;
- 5) contribuire a creare un ambiente il quanto più possibile gradevole che possa invogliare i clienti all'acquisto.

Nei reparti di vendita con il tipo "self service", le lampade maggiormente usate sono quelle fluorescenti lineari per i seguenti motivi:

- 1) sono disponibili sul mercato in una vasta gamma di tipi sia per quanto riguarda la tonalità della luce sia per quanto riguarda la resa cromatica;
- 2) sono caratterizzate da un'efficienza luminosa e da una durata di vita molto alta;
- 3) sono caratterizzate da un tempo di riaccensione molto breve, caratteristica di particolare importanza pensando al fatto che i reparti di vendita possono essere notevolmente affollati; è preferibile, per ragioni di sicurezza, installare lampade che, al ripristino della normale alimentazione, si riaccendano nel più breve tempo possibile;
- 4) sono disponibili in commercio tipi che hanno un flusso luminoso sufficientemente alto, che si presta molto per quei reparti che sono piuttosto alti e che esigono alti valori di illuminamento;
- 5) hanno una forma allungata e, quindi, oltre a consentire più facilmente un'uniformità di illuminamento, sono caratterizzate da una luminanza inferiore che consente di controllare più facilmente l'abbagliamento;
- 6) tramite l'elettronica se ne può controllare il flusso luminoso, consentendo così di gestire in maniera più elastica l'impianto di illuminazione.

La scelta sulla tonalità di colore ricade normalmente su valori che vanno da 3800 K a 4000 K, il che consente contemporaneamente di ottenere un ambiente con una sufficiente vivacità (che favorisce gli acquisti) e di ottenere un'atmosfera accogliente. Per ottenere un'illuminazione ancora più calda, si consiglia di utilizzare lampade con una temperatura di colore di 3000 K.



a



b

Fig. 3.86 - Esempi di illuminazione di centri vendita: a) Ingresso di un centro commerciale - b) Punto vendita elettronica di consumo (Philips).

Nei negozi e nei grandi magazzini vengono spesso usate i seguenti tipi di lampade: fluorescenti compatte, al sodio a luce bianca, ad alogenuri, alogene a bassissima tensione con riflettore incorporato, ad induzione tipo QL e ultimamente anche di tipo a LED.

A seguito del tipo di lampade prescelto (fluorescenti lineari) l'installatore generalmente monta apparecchi di illuminazione che prevedono una o più lampade.

Nell'ambito delle possibilità offerte dal mercato è possibile scegliere tra i seguenti tipi di apparecchi:

- 1) riflettore industriale con o senza schermo;
- 2) plafoniere;
- 3) apparecchi da incasso.

I riflettori industriali sono adatti per l'illuminazione dei reparti di vendita con un'altezza di circa 6÷7 m, oppure per locali più bassi dotati di controsoffitto aperto.

Vengono generalmente allineati per file parallele l'una all'altra e distanziati secondo un intervallo determinato dal progetto illuminotecnico.

Nei reparti di vendita particolarmente alti, converrà munire i riflettori con degli inserti a specchio realizzati in alluminio anodizzato.

Per facilitare l'installazione, nel caso in cui gli apparecchi si succedono in modo continuo, sarà necessario adottare delle apposite rotaie che assicurino una continuità meccanica e luminosa.

La scelta di installare delle plafoniere, da applicare direttamente a soffitto, deve essere effettuata se i locali non sono particolarmente alti e non sono controsoffittati.

È essenziale che questi apparecchi siano costruiti in modo che non diano luogo ad abbagliamento, per esempio con uno schermo. Infine, gli apparecchi da incasso vengono adottati nel caso che i reparti di vendita siano dotati di controsoffitto di tipo chiuso.

Per quanto attiene ai reparti di vendita, normalmente ci si riferisce ai valori dell'illuminamento orizzontale in corrispondenza dei vari piani d'esposizione delle merci. Per l'illuminazione generale dei reparti di vendita, per esempio dei supermercati, occorre fare riferimento alla tab. 3.21.

Per contenere i consumi d'esercizio si può diminuire, durante le ore di minor affluenza di pubblico, il valore dell'illuminazione, attenuando il flusso emesso dalle lampade, con conseguente riduzione della potenza assorbita.

Questa soluzione, che ha il grande vantaggio di mantenere costante il rapporto fra il valore minimo degli illuminamenti e quello medio (fattore di uniformità), si presta in modo particolare adottando appositi reattori elettronici ad alta frequenza inseriti in un sistema di illuminazione a gestione automatizzata, come mostrato nella fig. 3.71 e nella fig. 3.72.

Le interdistanze tra gli apparecchi vengono stabilite in sede di progetto ed è a questo a cui è necessario fare riferimento per l'installazione. Vale la pena ricordare che, nel caso dei reparti di vendita controsoffittati, la disposizione degli apparecchi è vincolata anche dal tipo di controsoffitto adottato.



a



b

Fig. 3.87 - Esempi di illuminazione di centri vendita: a) Banco vendita profumi - b) Punto vendita alimentari: panificio (Philips).

Nel caso di controsoffitti standard con modulo “metric”, la struttura portante divide il controsoffitto in senso longitudinale e trasversale in elementi di 30x30 cm, di 60x60 cm e di 60x120 cm.

Al fine di presentare la merce nel migliore modo possibile, è necessario realizzare un’illuminazione localizzata dei singoli settori espositivi che sia studiata caso per caso, in modo tale da evidenziare le peculiarità dei vari prodotti.

Questo tipo di illuminazione deve avere le seguenti caratteristiche:

- 1) deve integrarsi il più possibile con l’illuminazione generale del reparto;
- 2) si deve adottare lampade e apparecchi illuminanti adatti alle specifiche applicazioni;
- 3) la differenza di illuminamento rispetto all’illuminamento generale deve essere sufficientemente elevato (per esempio, 1,5);
- 4) deve essere realizzata evitando fastidiosi effetti di abbagliamento.

Nella pratica, i casi di maggior interesse in cui l’illuminamento supplementare localizzato risulta necessario sono i seguenti:

- 1) esposizione di merci su scaffali a più ripiani. Le lampade, in questo caso, possono venire incorporate nella stessa struttura degli scaffali. Possono venire usate, disponendole su uno o più allineamenti, delle lampade fluorescenti tubolari. Possono essere utilizzate per tali applicazioni anche le rotaie elettrificate che possono venire dotate di apparecchi illuminanti equipaggiate con lampade alogene dicroiche, a sodio tipo “White SON” o ad alogenuri di piccola potenza.
- 2) banchi refrigerati per l’esposizione di prodotti alimentari (per esempio, carne, pesci). I prodotti alimentari freschi devono essere illuminati in modo che il cliente abbia l’impressione visiva della loro freschezza e appetibilità. Per questa applicazione è possibile usare lampade fluorescenti lineari con una temperatura di colore di 3800 K che hanno uno spettro particolarmente equilibrato e che, quindi, sono adatte ad illuminare tutti i prodotti alimentari freschi.
- 3) reparti di gastronomia. In questi casi sono indicate le lampade fluorescenti rivestite con polveri “pentafosforo”, le lampade fluorescenti compatte integrate e infine le lampade alogene a bassa tensione con riflettore dicroico e vetro di protezione.

L’illuminazione delle vetrine è una particolare illuminazione localizzata, in quanto si tratta di un’illuminazione per così dire scenografica, che deve suscitare nella clientela l’interesse per i prodotti esposti e favorirne l’acquisto.

Diverse sono le modalità che si possono seguire per raggiungere l’obiettivo citato in precedenza. Tra di esse si può ricordare: limitare un eccessivo contrasto di luminanze, scegliere apparecchi illuminanti che consentono di regolare i fasci di luce per quanto riguarda la loro apertura, delimitare l’area illuminata e la direzione del flusso luminoso, prendere in esame la possibilità di adottare sorgenti luminose a luce colorata, eventualmente controllata in modo dinamico (per esempio, lampade LED).

Adatti per questo tipo di illuminazione sono, per esempio, i proiettori di fig. 3.51, mentre per creare effetti di luce dinamica è possibile utilizzare faretti, anche con lampade LED tipo RGB, anche nelle versioni automatizzate.

3.19 Criteri di progettazione illuminotecnica

L’illuminazione artificiale di un luogo può porre diversi obiettivi: dalla semplice visibilità minima indispensabile per l’evacuazione di emergenza o la semplice deambulazione, alla visione particolareggiata di oggetti piccolissimi in condizioni di comfort visivo molto elevato; può avere scopi architettonici, decorativi o psichedelici, in genere in contraddizione con le esigenze di una visibilità confortevole.

Anche nel caso in cui ci si prefigge l’ottenimento di una eccellente visibilità, i criteri progettuali possono essere più o meno influenzati da esigenze estetiche o di coordinamento con l’arredamento.

Ogni specifico scopo è correlato con particolari criteri: quelli considerati qui di seguito si riferiscono alle esigenze tipiche dei luoghi di lavoro per i quali si richiedono livelli di luminanza adeguati ai compiti visivi e un comfort che non produca fastidi e affaticamenti.

Il riferimento normativo rimane la norma UNI EN 12464-1 specificatamente dedicata ai posti di lavoro in ambiente interno, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti e precisazioni.

L’ambiente luminoso creato dalla sola illuminazione artificiale o dalla concomitanza di luce artificiale e naturale deve rispondere alle seguenti tre esigenze: comfort visivo, prestazione visiva, sicurezza.

Il **comfort visivo** consistente in una sensazione di benessere determinato da un comportamento naturale dell’occhio. Il contrario del comfort è l’affaticamento, dovuto a continui e innaturali adattamenti della pupilla al susseguirsi di eccessive variazioni di luminanza. Nell’ambiente di lavoro si tratta di un requisito che influisce sia sul livello di produttività sia su quello della attenzione; il comfort visivo non è misurabile direttamente, ma è influenzato principalmente dal contrasto di luminanza.

La **prestazione visiva** consistente nella condizione di visibilità adeguata allo svolgimento di un compito visivo; il compito è legato al tipo di attività svolta (lettura, scrittura, percezione di oggetti di particolare forma dimensione o colore). Se l'illuminazione non è adeguata alla prestazione visiva, il lavoro risulta faticoso e, talvolta pericoloso. La prestazione visiva è stata standardizzata mediante i requisiti minimi di illuminamento, indice di abbagliamento e resa dei colori riportati dalla norma UNI EN 12464-1 (vedere le tab. 3.20 e tab. 3.21).

		Em (lux)	UGR	Ra	Note
Aree generali all'interno di edifici					
Zona di transito					
	Corridoi	100	28	40	
	Rampe / zone carico scarico	150	25	40	
Bagni, stanze igieniche, pronto soccorso					
	Mense	200	22	80	
	Bagni	100	22	80	
	Infermiere	500	19	80	
	Locali di cure mediche	500	16	90	
Sale di comando					
	Sale impianti	200	25	60	
	Sala telex	500	19	80	
Magazzini / depositi refrigeranti					
	Depositi e magazzini scorte	100	25	60	
	Area spedizione imballo movimentazione	300	25	60	
Zone scaffalatura immagazzinaggio					
	Corridoi non presidiati	20		40	
	Corridoi presidiati	150	22	60	
	Posto di controllo	150	22	60	
Attività industriali					
Agricoltura					
	Edifici per bestiame	50		40	
	Preparazione mangime - caseifici	200	25	80	
Cemento - calcestruzzo, laterizi					
	Essicatura	50	28	20	
	Preparazione dei materiali	200	28	40	
	Lavoro macchina in generale	300	25	80	
Industria Chimica, plastica e della gomma					
	Impianti di lavorazione comandati a distanza	50		20	
	Impianti di lavorazione con interventi manuali limitati	150	28	40	
	Impianti di lavorazione con presenza continua	300	25	80	
	Locali di misurazione di precisione	500	19	80	
	Controllo colore	1000	16	90	Tcp > 4000° K
Industria Elettrica					
	Produzione cavi	300	25	80	
	Impregnazione bobine	300	25	80	
	Assemblaggio:				
	Grezzo: Es. grandi trasformatori	300	25	80	
	Medio: Es. Pannelli di controllo	500	22	80	
	Fine: Es. Telefoni	750	19	80	
	Di precisione: Es. Apparecchi di misura	1000	16	80	
	Laboratori elettronici, controllo regolazione	1500	16	80	
Generi alimentari					
	Cernita e lavaggio prodotti	300	25	80	
	Postazioni di lavoro e zone critiche in macelli macellerie, caseifici, mulini, al pian di filtrazione nelle raffinerie di zucchero	500	25	80	
	Taglio, cernita frutta e verdura	300	25	80	
	Controllo di recipienti di vetro, controllo prodotto	500	22	80	
	Laboratori	500	19	80	
	Controllo colore	1000	16	90	Tcp > 4000° K
Fonderie					
	Tunnel sottopavimento, cantine ecc...	50		20	
	Piattaforma	100	25	40	
	Postazioni di lavoro nel cubilotto e mescolatori	200	25	80	
	Zona adibita alla colata	200	25	80	
	Formatura manuale e formatura delle anime	300	25	80	
	Pressofusione	300	25	80	
Tipografia					
	Selezione carta e stampa manuale	500	19	80	
	Composizione, ritocchi, litografia	1000	19	80	
	Controllo colore	1500	16	19	Tcp > 5000° K
Uffici					
Uffici					
	Archiviazione, fotocopie	300	19	80	
	Disegno tecnico	750	16	80	
	Stazioni di lavoro CAD	500	19	80	
	Archivio	200	25	80	

Em: illuminamento medio consigliato nelle aree di lavoro. UGR: grado di abbagliamento derivante dagli apparecchi d illuminazione. Ra: indice di resa cromatica delle sorgenti luminose.

Tab. 3.20 - Requisiti di illuminazione per interni secondo la norma UNI EN 12464 (continua).

Luoghi pubblici		Em (Lux)	UGR	Ra	Note
Aree generiche	Atrio	100	22	80	
	Guardaroba	200	25	80	
	Biglietterie	300	22	80	
Ristoranti, alberghi	Ricevimento, cassa	300	22	80	
	Cucina	500	22	80	
	Aree buffet	300	22	80	
	Sale convegni	500	19	80	
Teatri, sale, cinema	Camerini	300	22	80	
Fiere di settore	Illuminazione generale	300	22	80	
Biblioteche	Scaffali	200	19	80	
	Zona lettura	500	19	80	
	Banco	500	19	80	
Parcheggi pubblici interni	Rampe di accesso (di giorno)	300	25	20	
	Rampe di accesso (di notte)	75	25	20	
	Corsie di traffico	75	25	20	
	Aree parcheggio	75	25	20	
	Biglietteria	300	19	80	
Locali scolastici					
Edifici didattici	Aule	300	19	80	
	Aule per lezioni serali	500	19	80	
	Lavagna	500	19	80	
	Sala d'arte nelle scuole d'arte	750	19	90	Tcp > 5000° K
	Impianti sportivi, palestra, piscine	300	22	80	
	Mensa	200	22	80	
	Cucina	500	22	80	
	Laboratorio didattico	500	19	80	
	Sala musica	300	19	80	
	Sala computer	300	19	80	
	Ingresso	200	22	80	
	Zone di passaggio, corridoi	100	25	80	
	Scale	150	25	80	
	Sale comuni per studenti e sale riu	200	22	80	
Centri sanitari					
Sala del personale	Ufficio del personale	500	19	80	
	Sale del personale	300	19	80	
Reperti	Illuminazione generale	100	19	80	
	Illuminazione per lettura	300	19	80	
	Esami semplici	300	19	80	
	Sale da bagno e gabinetti per pazienti	200	22	80	
Sale analisi	Illuminazione generale	500	19	90	
	Esami e cure	1000	19	90	
Sale per cure mediche	Dialisi	500	19	80	
	Sala gesso	500	19	80	
	Massaggi e radioterapia	300	19	80	
Sale operatorie	Sala pre-operatoria e di risveglio	500	19	90	
	Sala operatoria	1000	19	90	
Reparto cure intensive	Illuminazione generale	100	19	90	
	Esami e cure	1000	19	90	livello letto
Settore trasporti					
Aeroporti	Sala arrivi e partenze	200	22	80	
	Scale mobili, piattaforme continue mobili	150	22	80	
	Sportello informazioni, Check-in	500	19	80	
	Sale d'attesa	200	22	80	
	Torre di controllo traffico	500	16	80	
	Hangar riparazioni	500	22	80	
Impianti ferroviari	Sottopassaggi per passeggeri, piattaforme coperte	50	28	40	
	Atrio biglietteria	200	28	40	
	Biglietteria e ufficio bagagli	300	19	80	
	Sale d'attesa	200	22	80	

Em: illuminamento medio consigliato nelle aree di lavoro. UGR: grado di abbagliamento derivante dagli apparecchi d illuminazione. Ra: indice di resa cromatica delle sorgenti luminose.

Tab. 3.21 - Requisiti di illuminazione per interni secondo la norma UNI EN 12464.

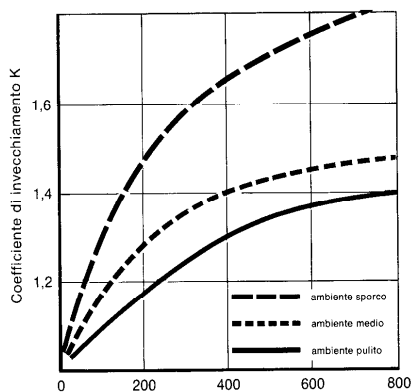
Per **sicurezza** si intende l'insieme dei provvedimenti illuminotecnici idonei a creare condizioni di visibilità con qualità e quantità di luce adeguate a prevenire situazioni fisiche o fisiologiche foriere di incidenti; quest'ultimo requisito attribuisce alle caratteristiche illuminotecniche di un ambiente capacità antinfortunistiche, il che obbliga a realizzare l'impianto a regola d'arte anche relativamente alle qualità fotometriche.

I parametri illuminotecnici che vanno ad influire sul risultato finale sulla progettazione illuminotecnica di un impianto sono: l'**illuminamento**, l'**abbagliamento**, la **direzione della luce**, la **resa dei colori** della luce artificiale, la **distribuzione delle luminanze** e, infine, lo **sfarfallamento**.

L'**illuminamento** (E), pur essendo una grandezza fisica tipica della sorgente luminosa, influenza in modo determinante la percezione visiva nel senso che la luminanza degli oggetti, pur essendo anche funzione dei fattori di riflessione e degli angoli di vista, è sempre direttamente proporzionale a E .

In pratica si considera l'illuminamento medio mantenuto E_m , cioè non il valore a nuovo, ma quello minimo determinato dalla decadenza dovuta all'invecchiamento della lampada e dell'apparecchio.

L'illuminamento E_m si ottiene dividendo E (a impianto nuovo) per il coefficiente di invecchiamento k . L'illuminamento E_m non deve essere inferiore a quello indicato dalle tabelle dei valori minimi UNI EN 12464-1.



Il coefficiente di invecchiamento k da introdurre nel calcolo dell'impianto dipende, oltre che dall'invecchiamento della lampada e dell'apparecchio anche dalla pulizia dell'ambiente, dal periodo di manutenzione e dal ricambio delle lampade.

Fig. 3.88 - Valori indicativi del coefficiente d'invecchiamento k .

Tenendo conto che la sensibilità dell'occhio umano percepisce una differenza di illuminamento nel rapporto di 1,5, i livelli di illuminamento significativi sono, rispettivamente, di 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 lx, dove 20 lx è il valore minimo che consente di percepire i lineamenti umani e 5000 lx è il valore che fornisce una visione simile a quella dell'illuminazione naturale durante il giorno.

Quando i dettagli da percepire sono molto piccoli o il compito visivo si protrae per dei tempi molto lunghi, il valore E_m deve essere aumentato di almeno un livello rispetto al minimo previsto.

Quando il compito visivo è permanente, nel senso che la zona illuminata è occupata dal lavoratore in continuazione, l'illuminamento minimo può essere inferiore a 200 lx.

I piani non direttamente interessati dal compito visivo possono avere un illuminamento minore, ma nelle zone immediatamente circostanti non sono ammessi salti maggiori di quelli indicati nella tab. 3.22.

Illuminamento minimo nelle zone immediatamente circostanti il piano di lavoro				
Illuminamento del piano di lavoro (lx)	≥750	500	300	≤200
Illuminamento della zona circostante (lx)*	500	300	200	Valore non inferiore a quello pertinente al compito visivo
(*) Per zona immediatamente circostante la zona del compito si intende quella all'interno del campo visivo costituito da una fascia larga almeno 0,5 m.				

Tab. 3.22 - Illuminamento minimo nelle zone immediatamente circostanti il piano di lavoro.

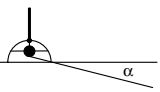
Quando le luminanze interne al campo visivo hanno elevate differenze, si ha il fenomeno dell'**abbagliamento** che si distingue in due livelli.

Si ha l'**abbagliamento debilitante** quando l'occhio è costretto a dilatare la pupilla in modo tale da non riuscire più a vedere gli oggetti che presentano minor luminanza. È noto l'abbagliamento notturno prodotto dai fari di profondità degli autoveicoli; anche gli apparecchi di illuminazione esterna, se la loro luminanza è elevata (proiettori), producono abbagliamento debilitante.

Si ha l'**abbagliamento molesto** quando la differenza di luminanza, rispetto a quella di sfondo, è tale da provocare un senso di fastidio; quando l'abbagliamento molesto è prodotto dalla riflessione delle superfici speculari, viene chiamato anche riflessione velante.

L'abbagliamento prodotto dagli apparecchi di illuminazione deve essere limitato a valori sopportabili mediante la riduzione dell'indice UGR entro i valori prescritti nelle tabelle UNI EN 12464.

Le sorgenti luminose devono essere schermate sotto angoli di vista crescenti con l'aumentare della loro luminanza secondo quanto indicato nella tab. 3.23.

Angoli minimi di schermatura delle sorgenti luminose				
	Illuminamento della lampada (cd/m ²).	20000+<50000	≥50000+<500000	≥500000
	Angolo di schermatura α.	15°	20°	30°

Tab. 3.23 - Angoli minimi di schermatura delle sorgenti luminose.

Le lampade con luminanza inferiore a 20000 cd/m² (in generale le lampade tubolari fluorescenti con diametro non inferiore a 16 mm) arrecano un disturbo tollerabile anche se installate a vista.

L'illuminazione proveniente da una **direzione** specifica può giovare al compito visivo in quanto evidenzia gli oggetti mediante un'opportuna ombreggiatura.

Si dice che l'oggetto è modellato mediante illuminazione diretta. La giusta ombreggiatura non è un fenomeno quantizzabile, ma va determinata, caso per caso, secondo il compito visivo: per esempio, è indispensabile nei lavori di tessitura per evidenziare le trame dei tessuti.

Un'illuminazione troppo direzionale può essere sgradevole se provoca ombre dure, mentre un'illuminazione troppo diffusa può rendere difficoltosa l'individuazione di oggetti con poca differenza di colore o di luminanza rispetto allo sfondo e rendere l'ambiente monotono.

Per quanto riguarda la **resa dei colori**, se non sono vicini a quelli naturali si percepisce una sensazione di disagio: almeno la carnagione delle persone non deve apparire spettrale.

In ambiente industriale devono essere percepiti correttamente i colori di sicurezza dei pulsanti, delle lampade di segnalazione, degli azionatori e dei cartellini monitori antinfortunistici.

Negli ambienti interni permanentemente occupati non si dovrebbero usare lampade con una resa del colore inferiore a $R_a = 80$. Il valore minimo di R_a è oggetto dei requisiti minimi di illuminazione riportati nelle tabelle presenti nella norma UNI EN 12464-1.

La visibilità è determinata prevalentemente dalla **distribuzione delle luminanze** nel campo visivo.

Se le luminanze sono ben bilanciate, aumenta l'efficienza delle funzioni oculari e l'acuità visiva e il campo visivo diventa stimolante.

La zona del compito visivo deve presentare un illuminamento il più uniforme possibile, con fattore di uniformità non inferiore a 0,7 (rapporto tra il valore minimo e il valore medio degli illuminamenti).

Poiché la differenza di luminanza tra oggetti egualmente illuminanti dipende dai fattori di riflessione, sono molto importanti le tinteggiature delle pareti, dei soffitti e dei pavimenti. La norma UNI EN 12464 consiglia i seguenti fattori di riflessione per determinare un ambiente confortevole.

Fattori di riflessione	
Soffitti = 60+90	Pareti = 30+80
Piani di lavoro = 20+60	Pavimenti = 10+50

Tab. 3.24 - Fattori di riflessione (%).

Con il termine di **sfarfallamento** si intende lo spegnimento e la riaccensione delle lampade ripetuta periodicamente. È assolutamente da evitare lo sfarfallamento a bassa frequenza percepibile a vista dovuto ad un difettoso funzionamento delle lampade a scarica (tensione troppo bassa, starter guasto, lampada esaurita) perché provoca gravi disturbi che si possono manifestare anche con cefalee.

Lo sfarfallamento naturale, dovuto al passaggio della corrente alternata per lo zero, provoca lo spegnimento momentaneo delle lampade a scarica e l'abbassamento di luminosità delle lampade ad incandescenza 100 volte per ogni periodo.

Entrambi i fenomeni non sono percettibili per effetto della permanenza dell'immagine sulla retina, ma possono provocare fastidiosi effetti stroboscopici in presenza di macchinari con parti a vista dotate di movimento rotatorio (per esempio, torni e frese) oppure oscillatorio. In tali condizioni se essi sono in rotazione potranno apparire o fermi o muoversi a scatti od addirittura in senso contrario. È quindi evidente che questo effetto stroboscopico, oltre che fastidioso, può dar luogo a gravi infortuni.

L'effetto stroboscopico può essere limitato distribuendo le lampade presenti in un ambiente sulle tre fasi di un sistema trifase oppure alimentando le lampade a scarica con reattori elettronici ad alta frequenza.

3.20 Esempio di calcolo dell'illuminamento

Nella progettazione di un impianto di illuminazione occorre considerare alcuni aspetti fondamentali per ottenere il massimo rendimento.

Innanzitutto è necessario fare in modo che le superfici abbiano un elevato potere diffondente; infatti, con pareti e soffitti di colore bianco e con pavimenti ed arredi in tinte chiare, si ottiene la massima utilizzazione del flusso luminoso e si crea contemporaneamente un ambiente più accogliente.

Bisogna inoltre tenere in efficienza le superfici riflettenti degli apparecchi illuminanti effettuando operazioni periodiche di manutenzione.

Il tipo, il numero e la potenza delle lampade necessarie per la realizzazione dell'impianto dipendono dalle caratteristiche del locale (superficie), dall'illuminamento medio necessario sul piano di lavoro, dal tipo di apparecchio illuminante utilizzato, dalla larghezza e lunghezza del locale in funzione all'altezza delle sorgenti luminose, dal potere riflettente delle pareti e del soffitto e dal tipo di manutenzione prevista.

La scelta e la disposizione delle sorgenti luminose e degli apparecchi illuminanti dipendono dalla struttura del locale da illuminare, dal colore e dal grado di riflessione delle pareti e dei pavimenti.

Per effettuare il calcolo dell'illuminamento si possono utilizzare vari metodi, come, per esempio, il cosiddetto **metodo punto per punto** che però da risultati rigorosi solo in presenza di sorgenti considerabili puntiformi.

Il metodo che viene normalmente utilizzato, denominato **metodo del flusso totale**, prevede l'impiego del fattore di utilizzazione, si basa sulla conoscenza di una serie di dati forniti dall'esperienza e diventa di comodo impiego quando sono noti i fattori di riflessione delle pareti e del soffitto (vedere la tab. 3.25 e la tab. 3.26).

Fattore di riflessione della luce di alcuni colori	
bianco	75+90
crema chiaro	70+80
giallo chiaro	55+65
verde chiaro, rosa	45+50
azzurro cielo, grigio chiaro	40+45
beige, giallo ocra, marrone chiaro, verde oliva	25+35
arancio, rosso cinabro, grigio medio	20+25
verde scuro, blu chiaro, rosso scuro e marrone scuro, grigio scuro	10+15
blu marina	5+10
nero	4

Tab. 3.25 - Fattore di riflessione della luce per alcuni colori espressi in %.

Fattore di riflessione della luce di alcuni materiali		
Riflessione regolare	argento	92
	vetro argentato	80+90
	alluminio brillantato	75+85
	alluminio lucido	60+70
	cromo	60+65
	acciaio inossidabile	55+65
Riflessione diffusa	intonaco (gesso)	80+90
	acero, betulla e legni similari	60
	pannelli di masonite crema	50+60
	calcestruzzo	15+40
	noce e quercia scura	15+20
	mattone rosso	5+25
Riflessione mista	smalto bianco	70+90
	alluminio satinato	70+85
	alluminio spazzolato	55+58
	cromo satinato	50+55

Tab. 3.26 - Fattore di riflessione della luce di alcuni materiali espressi in %.

Per utilizzare il metodo del flusso totale è necessario conoscere alcune definizioni.

Il **flusso totale** ϕ_T è la somma dei flussi di tutte le sorgenti luminose installate, mentre il **flusso utile** ϕ_U è il flusso complessivo che investe verticalmente il pavimento.

In ambienti interni illuminati dal soffitto, con almeno un centro luce ogni $20\div 25 \text{ m}^2$, con interdistanze non superiori a $5\div 6 \text{ m}$ ed altezze normali, si può considerare sufficientemente uniforme la componente verticale del flusso luminoso ϕ_U , inteso come somma di tutti i flussi diretti e riflessi perpendicolari al pavimento.

Questa semplificazione si giustifica considerando che la luce giunge al piano orizzontale da più punti attraverso molteplici riflessioni e che, quindi, si passa da una condizione di propagazione per fasci divergenti, tipico delle sorgenti puntiformi, a una propagazione per fasci sensibilmente paralleli.

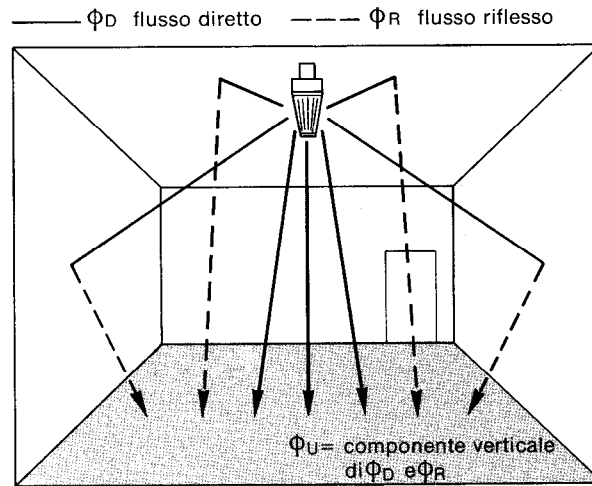


Fig. 3.89 - Formazione del flusso utile in un ambiente interno. Si noti come il flusso utile ϕ_U è ottenuto con il contributo delle componenti quasi verticali del flusso diretto ϕ_D e del flusso riflesso ϕ_R .

Si definisce **fattore di utilizzazione** U il rapporto tra il flusso utile e il flusso totale ($U = \phi_U / \phi_T$).

Il fattore di utilizzazione si può ricavare dalla tabella riportata in fig. 3.93, dopo aver stabilito il tipo di apparecchio illuminante, l'indice del locale e i fattori di riflessione del soffitto e delle pareti.

Le grandezze geometriche che, a parità di altre condizioni, influiscono sul fattore di utilizzazione possono essere indicate con un numero puro chiamato **indice del locale** K ; questo numero empirico consente di classificare i locali ai fini della scelta del fattore di utilizzazione.

L'indice del locale dipende dalle dimensioni del locale da illuminare ed è dato dalla formula riportata nella fig. 3.90, dove x rappresenta la dimensione trasversale, y la dimensione longitudinale ed h_u l'altezza utile (cioè misurata dal centro dell'apparecchio illuminante al piano utile in genere preso ad un valore compreso tra $0,8$ e 1 m dal pavimento, salvo differenti esigenze).

Si noti che conviene disporre gli apparecchi illuminanti con il lato maggiore parallelo alla lunghezza y , sia per facilitare l'installazione sia per limitare gli effetti dell'abbagliamento.

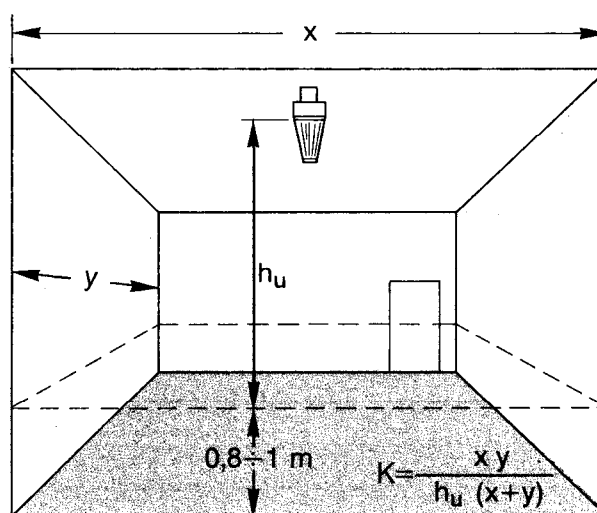


Fig. 3.90 - L'indice del locale K è un numero empirico che classifica dimensionalmente i locali ai fini della scelta del fattore di utilizzazione U .

L'indice del locale è normalmente inferiore a 1 per i locali alti e stretti, maggiore di 1 per quelli ampi e bassi.

Il fattore di utilizzazione U varia di poco per valori di K maggiori di 5, per cui si può adottare il valore 5, senza commettere errori apprezzabili, anche quando dalla formula si ottiene un valore maggiore di 5.

Per il calcolo del flusso totale è necessario considerare il fattore di manutenzione M (fattore di invecchiamento $k = 1/M$).

Il flusso totale, infatti, dipende dall'efficienza delle lampade, dal rendimento degli apparecchi illuminanti e dai fattori di riflessione delle pareti e del soffitto.

L'illuminazione diminuisce sensibilmente nel tempo, in funzione del periodo che intercorre fra una manutenzione e la successiva (pulizia apparecchi, ricambio lampade, tinteggiatura delle pareti e del soffitto).

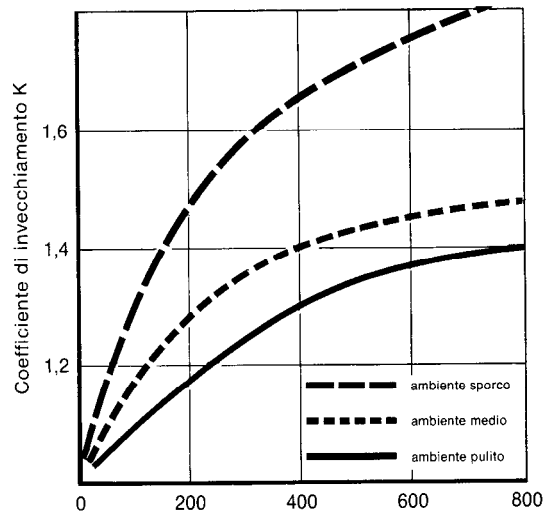


Fig. 3.91 - Valori indicativi del coefficiente d'invecchiamento (k) totale in funzione del programma di manutenzione. Il coefficiente di invecchiamento è $k = 1/M$, dove M rappresenta il fattore di manutenzione.

In base alle considerazioni fatte precedentemente, si può calcolare il valore del flusso totale ϕ_T :

$$\phi_T = E_m \cdot S/U \cdot M$$

dove

E_m è l'illuminamento medio richiesto per un determinato ambiente espresso in lx;

S è la superficie del locale espressa in m^2 ;

U è il fattore di utilizzazione;

M è il fattore di manutenzione.

Una volta noto il valore del flusso totale, occorre determinare il numero degli apparecchi illuminanti in funzione dell'uniformità d'illuminamento.

Ogni apparecchio illuminante produce un illuminamento che può considerarsi uniforme solo in una certa zona del piano illuminato e tale zona sarà tanto più estesa quanto maggiore è l'altezza h_u di sospensione delle lampade al di sopra di questo piano.

D'altra parte, una buona ed uniforme distribuzione degli apparecchi illuminanti dipende anche dal rapporto tra la loro interdistanza d e la loro altezza di installazione h_u .

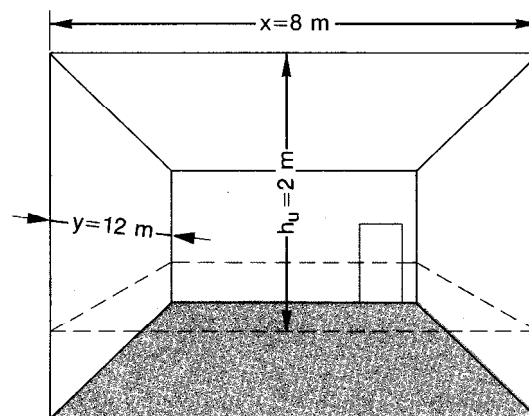
Nei casi più comuni, gli apparecchi illuminanti vanno fissati il più in alto possibile, sia per porli al di fuori del normale campo visivo, diminuendo così la probabilità di abbagliamento, sia per poter utilizzare, a parità di flusso totale, poche lampade potenti al posto di molte lampade deboli che hanno normalmente un minor rendimento.

L'interdistanza d fra gli apparecchi illuminanti e la distanza d' degli stessi dalle pareti possono assumere differenti valori.

Nel caso di illuminazione diretta, si può assumere $d/h < 1,5$, dove h rappresenta l'altezza di sospensione degli apparecchi illuminanti rispetto al piano di lavoro; nei casi più comuni risulta essere uguale a $d' = d/2$ e, solo per gli ambienti nei quali esistono posti di lavoro più vicini ai muri perimetrali, $d' = d/3$.

Qualora fosse necessario, è possibile comunque aumentare l'uniformità di illuminamento diminuendo l'interdistanza degli apparecchi illuminanti, come accade, per esempio, per i fluorescenti quando vengono posti in file continue.

Di seguito viene proposto un esempio che illustra i concetti presentati precedentemente.

Dati di progetto:**Ambiente:** aula scolastica**Tipo di illuminazione:** diffusa**Colore della luce:** bianca 3500 K**Limitazione dell'abbagliamento:** secondo le indicazioni AIDI (Associazione Italiana Di Illuminazione)**Disposizione degli apparecchi illuminanti:** lato maggiore parallelo all'asse visuale**Illuminamento medio:** 300 lx**Fattore di riflessione delle pareti:** 30%**Fattore di riflessione del soffitto:** 75%**Fattore di manutenzione:** buono, pari ad un coefficiente di 0,75**Dimensioni del locale:** vedere fig. 3.92.**Fig. 3.92 - Dimensioni del locale da illuminare.**

In primo luogo si sceglie il tipo di apparecchi illuminanti in base al tipo di illuminazione, alla disposizione degli apparecchi ed alla limitazione dell'abbagliamento; nel caso specifico sono ritenuti validi gli apparecchi con diffusore prismatico.

Calcolo del flusso totale ϕ_T .

a) Si determina in primo luogo l'indice del locale K:

$$K = x \cdot y / h \cdot (x + y) \quad K = 8 \cdot 12 / 2 \cdot (8 + 12) \quad K = 2,4$$

Nella parte numero 4 della tabella (riguardante il diffusore prismatico) riportata in fig. 3.93, il valore 2,4 risulta compreso nell'intervallo da 2,25 a 2,75.

b) Si calcola ora la superficie del locale:

$$S = x \cdot y \quad S = 8 \cdot 12 \quad S = 96 \text{ m}^2$$

c) Occorre ora scegliere in tabella il fattore di utilizzazione che tenga conto dell'indice del locale $K = 2,4$ e dei fattori di riflessione delle pareti (30%) e del soffitto (75%):

in questo caso il valore di U è uguale a 0,44.

d) Si può ora calcolare il flusso totale:

$$\phi_T = E_m \cdot S / U \cdot M \quad \phi_T = 300 \cdot 96 / 0,44 \cdot 0,75 \quad \phi_T = 87272 \quad \text{arrotondato} \quad \phi_T = 90000$$

Una volta determinato il flusso totale, il numero degli apparecchi illuminanti si calcola dividendo il flusso totale ϕ_T per il flusso generato da ciascun apparecchio.

Nel caso specifico, si può scegliere un apparecchio in grado di montare due lampade fluorescenti a catodo caldo della potenza di 40 W (50 W compreso le perdite del reattore), che emettano un tipo di luce bianca con una temperatura di colore pari a 3500 K ed aventi un flusso luminoso $\phi = 3200$ lm (vedere la tabella con i dati caratteristici delle lampade fluorescenti a catodo caldo).

e) Il numero di apparecchi illuminanti n necessari sarà pari a:

$$n = \phi_T / \phi \quad n = 90000 / 6400 \quad n = 14 \quad \text{arrotondato} \quad n = 15$$

Il numero così ottenuto non solo va arrotondato alla prima cifra intera superiore al valore calcolato, ma può essere necessario, come in questo caso, aumentare il valore al fine di ottenere un numero di apparecchi illuminanti che ne consenta una distribuzione simmetrica nel locale.

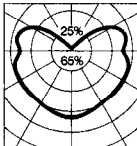

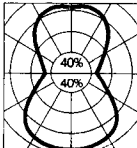
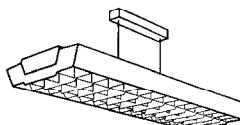
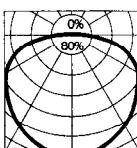

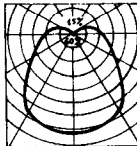
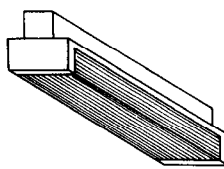
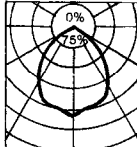
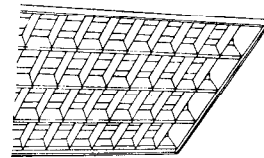
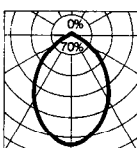

N°	Tipo di illuminazione e distanziamento	Apparecchi illuminanti			Indice del locale K	Fattore di riflessione del soffitto								
		Fattore di manutenzione M				75%			50%			30%		
		buono b	medio m	pessimo p		Fattore di riflessione delle pareti								
						50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
1	semi-diretta $d = 1,1 h$ 	Plafoniera nuda o con coppa diffondente 			0,50 ÷ 0,70	0,31	0,25	0,20	0,29	0,23	0,19	0,21	0,17	
					0,70 ÷ 0,90	0,39	0,32	0,27	0,35	0,29	0,25	0,27	0,23	
					0,90 ÷ 1,10	0,44	0,37	0,32	0,40	0,34	0,30	0,31	0,27	
					1,10 ÷ 1,40	0,49	0,42	0,37	0,45	0,39	0,34	0,36	0,32	
					1,40 ÷ 1,75	0,54	0,47	0,42	0,49	0,43	0,39	0,40	0,36	
					1,75 ÷ 2,25	0,60	0,54	0,49	0,54	0,49	0,45	0,45	0,42	
					2,25 ÷ 2,75	0,64	0,58	0,54	0,58	0,54	0,50	0,49	0,46	
					2,75 ÷ 3,50	0,67	0,62	0,58	0,61	0,57	0,53	0,52	0,49	
					3,50 ÷ 4,50	0,71	0,67	0,63	0,65	0,61	0,58	0,56	0,53	
					4,50 ÷ 6,00	0,73	0,70	0,66	0,67	0,64	0,61	0,59	0,57	
2	mista $d = 1,1 h$ 	Diffusore 			0,50 ÷ 0,70	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17	
					0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	
					0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	
					1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26	
					1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28	
					1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30	
					2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33	
					2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36	
					3,50 ÷ 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38	
					4,50 ÷ 6,00	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41	
3	diretta $d = h$ 	Riflettore a fascio largo 			0,50 ÷ 0,70	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28	0,31	0,28	
					0,70 ÷ 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,38	
					0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,43	
					1,10 ÷ 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,47	
					1,40 ÷ 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50	
					1,75 ÷ 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,56	
					2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61	
					2,75 ÷ 3,50	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,62	
					3,50 ÷ 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,66	
					4,50 ÷ 6,00	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,67	
4	diretta $d = h$ 	Diffusore prismatico 			0,50 ÷ 0,70	0,22	0,17	0,13	0,20	0,16	0,13	0,16	0,13	
					0,70 ÷ 0,90	0,28	0,23	0,19	0,25	0,22	0,18	0,20	0,18	
					0,90 ÷ 1,10	0,32	0,28	0,24	0,30	0,25	0,23	0,24	0,22	
					1,10 ÷ 1,40	0,37	0,32	0,29	0,34	0,30	0,26	0,28	0,25	
					1,40 ÷ 1,75	0,41	0,36	0,32	0,36	0,32	0,30	0,31	0,28	
					1,75 ÷ 2,25	0,46	0,41	0,37	0,41	0,37	0,35	0,35	0,32	
					2,25 ÷ 2,75	0,48	0,44	0,41	0,43	0,41	0,38	0,37	0,36	
					2,75 ÷ 3,50	0,50	0,47	0,43	0,44	0,42	0,41	0,40	0,37	
					3,50 ÷ 4,50	0,54	0,49	0,47	0,46	0,44	0,43	0,42	0,41	
					4,50 ÷ 6,00	0,55	0,53	0,50	0,50	0,48	0,46	0,44	0,43	
5	diretta $d = h$ 	Diffusore a griglia 			0,50 ÷ 0,70	0,38	0,35	0,32	0,38	0,34	0,32	0,34	0,32	
					0,70 ÷ 0,90	0,45	0,41	0,38	0,44	0,41	0,38	0,40	0,38	
					0,90 ÷ 1,10	0,49	0,46	0,43	0,48	0,45	0,43	0,45	0,43	
					1,10 ÷ 1,40	0,53	0,49	0,47	0,52	0,49	0,46	0,48	0,46	
					1,40 ÷ 1,75	0,56	0,53	0,51	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50	
					1,75 ÷ 2,25	0,59	0,57	0,55	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54	
					2,25 ÷ 2,75	0,62	0,59	0,58	0,60	0,59	0,57	0,58	0,56	
					2,75 ÷ 3,50	0,63	0,61	0,60	0,62	0,60	0,59	0,59	0,58	
					3,50 ÷ 4,50	0,65	0,63	0,62	0,64	0,62	0,61	0,61	0,60	
					4,50 ÷ 6,00	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,63	0,62	
6	diretta $d = 0,9 h$ 	Riflettore a fascio medio 			0,50 ÷ 0,70	0,36	0,32	0,29	0,35	0,31	0,29	0,31	0,29	
					0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,36	0,43	0,39	0,37	0,39	0,37	
					0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42	
					1,10 ÷ 1,40	0,55	0,51	0,47	0,54	0,50	0,47	0,50	0,47	
					1,40 ÷ 1,75	0,59	0,55	0,53	0,58	0,54	0,52	0,54	0,51	
					1,75 ÷ 2,25	0,64	0,61	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57	
					2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,62	0,66	0,62	0,61	0,62	0,60	
					2,75 ÷ 3,50	0,70	0,67	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,63	
					3,50 ÷ 4,50	0,74	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67	
					4,50 ÷ 6,00	0,75	0,72	0,71	0,73	0,71	0,69	0,70	0,68	

Fig. 3.93 - Fattore di manutenzione (M), distanza di installazione (d) consigliata in rapporto all'altezza di montaggio sul piano di lavoro, fattore di utilizzazione (U) in funzione dell'indice del locale (K) e dei fattori di riflessione delle pareti e del soffitto riferiti ai principali apparecchi illuminanti (Osram).

I quindici apparecchi illuminanti verranno così distribuiti su tre file; da ultimo, occorre verificare la loro buona ed uniforme distribuzione. La fig. 3.94 che segue mostra una distribuzione simmetrica dei quindici apparecchi illuminanti posti su tre file ed aventi cinque apparecchi per fila.

L'altezza di sospensione degli apparecchi h_u risulta essere uguale a $3 - 1 = 2$ m dal piano di lavoro.

La distanza fra gli interassi delle tre file di apparecchi risulta essere $D_x = 8/3 = 2,66$ m.

La distanza fra le lampade della stessa fila è $D_y = 12/5 = 2,4$ m.

La distanza delle file dalle pareti è $D'_x = 2,66/2 = 1,33$ m.

La distanza della mezzeria degli apparecchi illuminanti dalle pareti di fondo è $D'_y = 2,4/2 = 1,2$ m.

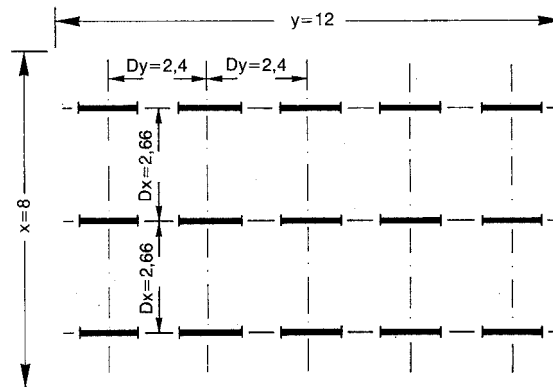


Fig. 3.94 - Disposizione degli apparecchi illuminanti.

Si dovranno quindi verificare, come è stato detto precedentemente, le seguenti condizioni:

- 1) $D_x / h_u < 1,5$ $2,66 / 2 = 1,33 < 1,5$ **valore accettabile**
- 2) $D_y / h_u < 1,5$ $2,4 / 2 = 1,2 < 1,5$ **valore accettabile**

Verificate le precedenti condizioni, il problema si può ritenere risolto.

Qualora le condizioni non fossero verificate, è necessario, procedendo per tentativi, ricalcolare il numero degli apparecchi illuminanti (punto e) dotandoli di lampade di maggior potenza in grado di fornire un maggiore flusso luminoso. Dovendo imporre, come si è visto, alcuni adattamenti legati alla possibilità di scelta "a gradini" del tipo di lampada da montare sugli apparecchi illuminanti, è bene procedere alla verifica finale.

Come verifica finale si calcola il flusso totale effettivamente installato:

$$\phi_T = 2 \cdot \phi \cdot n \qquad \phi_T = 2 \cdot 3200 \cdot 15 \qquad \phi_T = 96000 \text{ lm}$$

Calcolato il valore del flusso totale, è possibile ricavare il valore dell'illuminamento medio effettivo:

$$E_m = U \cdot M \cdot \phi_T / S \qquad E_m = 0,44 \cdot 0,75 \cdot 96000 / 96 \qquad E_m = 330 \text{ lx}$$

La potenza elettrica assorbita dall'impianto è

$$P_T = 2 \cdot n \cdot P \qquad P_T = 30 \cdot 50 \qquad P_T = 1500 \text{ W}$$

Dove $2 \cdot n$ è il numero delle lampade installate (ogni apparecchio illuminante è dotato di due lampade) e P è la potenza assorbita da ognuno di esse (50 W).

3.21 Calcolo illuminotecnico computerizzato (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 4

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

4.1 Impianti elettrici caratteristici negli edifici civili

Gli impianti elettrici reperibili con maggior frequenza negli edifici residenziali si possono suddividere in quattro gruppi:

- 1) impianti di illuminazione e forza motrice;
- 2) impianti di segnalazione;
- 3) impianti citofonici;
- 4) impianti videocitofonici.

In questo capitolo verranno presentati, con la sequenza appena indicata, una serie di schemi che diffusamente si ritrovano nell'impiantistica.

Gli schemi sono posti in ordine crescente di difficoltà e, nella maggior parte dei casi, oltre allo schema funzionale viene fornito anche lo schema di montaggio: con quest'ultimo, in particolare, si è voluto in qualche misura "simulare" la disposizione delle apparecchiature di un impianto reale.

Gli schemi presentati si possono considerare degli schemi "tipo": per realizzare impianti più complessi sarà necessario modificare, ampliare oppure unire diversi schemi.

Può essere utile, come esercizio preliminare, preparare l'elenco del materiale necessario per la realizzazione dei vari impianti.

A tale scopo sono stati proposti nel primo capitolo due tipi di schede: la prima, più semplice, per l'elencazione del materiale; la seconda, più completa, per l'elencazione del materiale e per il calcolo del costo complessivo dell'impianto.

A titolo di esempio, i primi tre impianti vengono proposti con l'elenco del materiale necessario per la loro realizzazione.

Negli impianti moderni si impiegano serie civili da incasso componibili che permettono la libera composizione delle funzioni su un supporto, affiancando gli apparecchi modulari desiderati.

È così possibile avere interruttori affiancati a prese, ad apparecchi elettronici, a suonerie, ecc., a seconda della complessità elettromeccanica o elettronica interna; gli apparecchi possono essere ad 1, 2 o 3 moduli, come mostrato nella fig. 4.1a.

Le scatole da incasso maggiormente usate sono di tipo rettangolare a 3, 4 o 7 posti; analogamente sono disponibili supporti e placche con il medesimo numero di moduli. I supporti si fissano alle scatole mediante viti, mentre le placche si posizionano sul supporto con agganci a scatto.

In passato, quando le esigenze impiantistiche ed estetiche erano inferiori alle attuali, venivano impiegate scatole da incasso rotonde a bassa capienza, come mostrato nella fig. 4.1b.

Per le ristrutturazioni, le ditte costruttrici mettono a disposizione appositi supporti e placche che consentono di installare direttamente nelle scatole rotonde gli apparecchi componibili delle serie civili attuali.

Il numero di moduli installabili è limitato in genere a due, ma si ha l'indubbio vantaggio di non dover intervenire sulle opere murarie per sostituire la scatola rotonda con quella rettangolare.



Fig. 4.1 - Installazione di apparecchi civili modulari come interruttori, deviatori, invertitori, pulsanti, ecc.: a) In scatola rettangolare - b) In scatola rotonda (bticino).

4.2 Impianti luce per uno o più gruppi di lampade, comandati da uno o più punti

4.2.1 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore e una presa 2P+PE 10 A

L'impianto permette il comando di una o più lampade (un solo gruppo) da un solo punto. È composto, in particolare, da un interruttore (S1) e da un portalampada per il punto luce con lampada ad incandescenza.

L'impianto si presta, per esempio, per uno sgabuzzino, uno studio, un bagno, una cantina, una cucina, un solaio. Questo impianto trova applicazione, oltre che nelle installazioni fisse, anche su lampade mobili (abatjour), per la specchiera in bagno, ecc.

L'apertura dell'interruttore permette di interrompere il conduttore di fase (L1) che porta l'alimentazione alla lampada; viceversa, la sua chiusura permette il passaggio della corrente e, quindi, l'accensione della lampada.

L'impianto prevede un secondo circuito che comprende una presa bipolare (X1) da 10 A con contatto di terra che, essendo collegata direttamente alla linea di alimentazione, ha i morsetti sempre sotto tensione.

Il conduttore di protezione è collegato sia agli apparecchi illuminanti sia alla presa. Nella realizzazione pratica, per questioni di sicurezza, il conduttore di fase deve essere collegato al contatto centrale della chiocciola/virola, poiché questo risulta essere il punto meno accessibile e più isolato. Inoltre, tale conduttore deve essere interrotto dall'interruttore; in caso contrario, con il filamento interrotto e l'interruttore chiuso, la tensione del portalampada sarebbe di 230 V. In questo esempio e nei seguenti, per rispetto delle norme di sicurezza, verrà sempre interrotto il conduttore di fase. L'uso di apparecchiature dotate di doppi morsetti permette di facilitare i collegamenti con altre apparecchiature (per esempio, prese, deviatori).

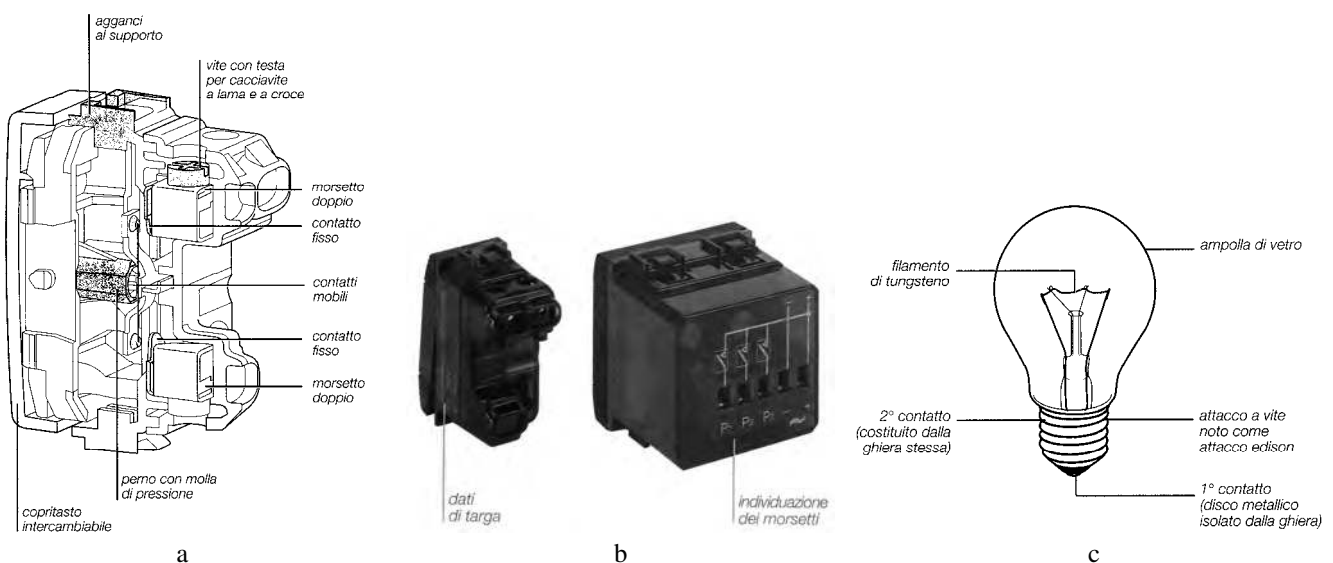


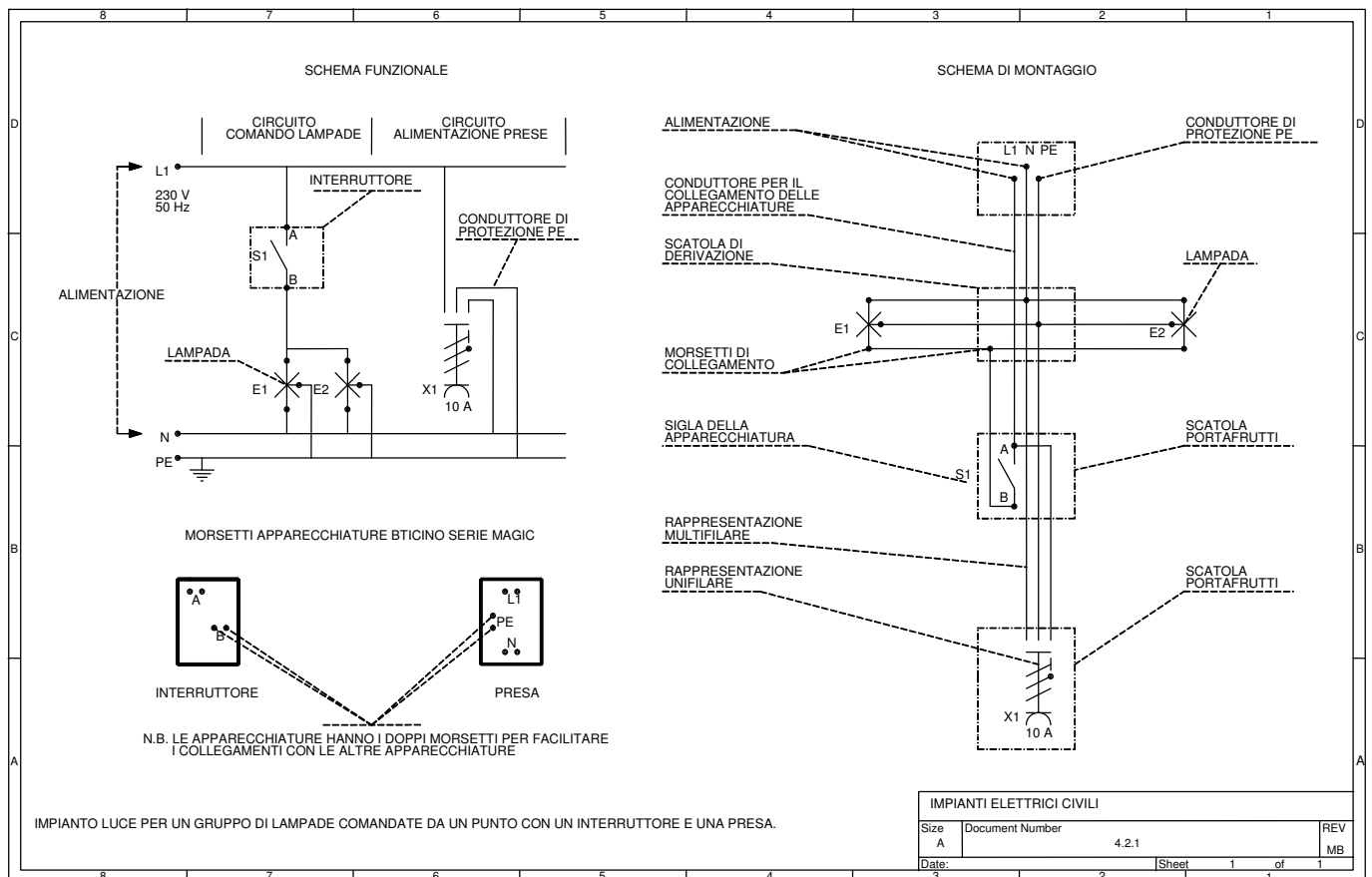
Fig. 4.2 - a) Esempio di apparecchiatura civile modulare della serie Living International (deviatore) - b) Sul retro delle apparecchiature civili modulari, i morsetti sono individuati da numero e/o lettere - c) Esempio di lampada ad incandescenza con attacco tipo E27 (bticino).

Ogni apparecchiatura, inoltre, è contraddistinta univocamente da un codice riportato ovunque si faccia riferimento a quel dispositivo: sui cataloghi, sui depliant, sui fogli di istruzione, sugli imballi, sui documenti commerciali ed ovviamente sull'apparecchio stesso.

Sul fianco dell'apparecchio, oltre al codice, sono riportati gli altri dati di targa previsti dalle norme, come il nome del produttore (bticino, Gewiss, ecc.), la serie civile di appartenenza (Living international, ecc.), i dati tecnici (16 A, 250 V AC) e gli eventuali marchi (IMQ).

Sul retro, come mostrato in fig. 4.2b, i morsetti sono individuati da numeri e/o lettere e, eventualmente, completati con lo schema di collegamento.

Generalmente è necessario rispettare le indicazioni del costruttore, ma nel caso dell'interruttore unipolare un'eventuale inversione dei collegamenti non determina problemi di funzionamento.



DESCRIZIONE MATERIALI USATI					
TITOLO: Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore e una presa 2P+PE 10 A					
N°	SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE TECNICHE	MARCA	ARTICOLO
1	S1	Interruttore unipolare Magic	250 V, 16 A	bticino	5001
1	X1	Presa a spina Magic	2P+PE, 250 V, 10 A	bticino	5113
2	-	Supporto per apparecchi componibili	in resina	bticino	503R
2	-	Scatola portafrutto da parete	in resina colore avorio	bticino	503P
2	-	Placca installabili a pressione Magic	tipo anodizzato a 1 posto	bticino	503/11X
8	-	Pressacavo per tubo rigido PG16	in materiale isolante, IP66	Gewiss	GW52025
2	-	Scatola stagna di derivazione	in PVC, 100 x 100 x 50 mm	SAREL	02500
2	E1, E2	Portalamпада a base diritta	250 V, 10 A	ELIOS	5130
2	-	Lampada ad incandescenza a goccia	230 V, 40 W, E27 ES	PHILIPS	A60 40 W
3 m	-	Tubo protettivo rigido	serie pesante in PVC, Ø 20 mm	DIELECTRIX	40020
10	-	Supporto a scatto per tubo protettivo	Ø 20 mm	Gewiss	GW50602
6	-	Morsetto di giunzione	serie FORBOX, 6 mm ² 500 V	ELECO	E27
20 m	-	Cavo unipolare (colori normalizzati)	H07V-K, 1,5 mm ² , U ₀ /U 450/750 V	PIRELLI	-

Tab. 4.1 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 4.2.1.

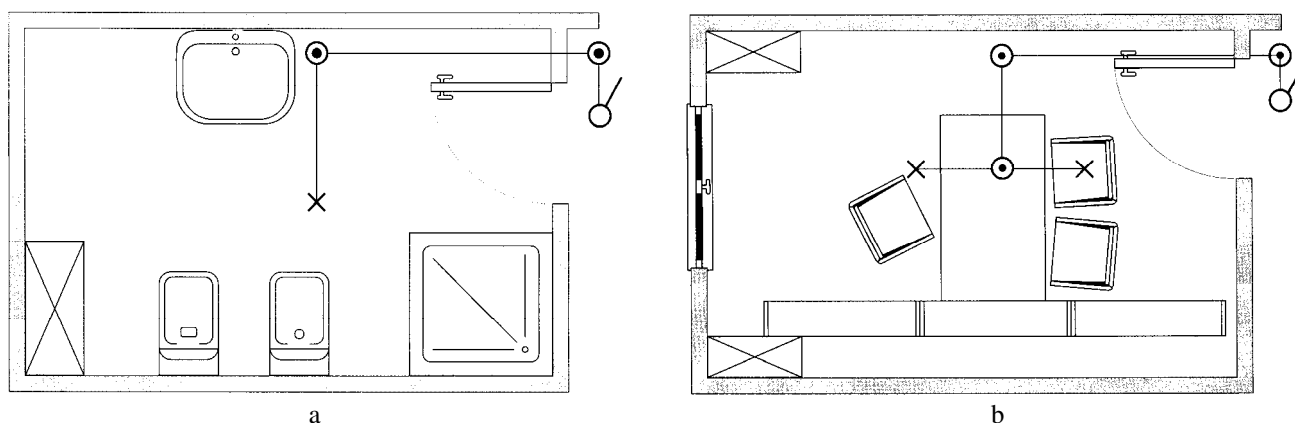
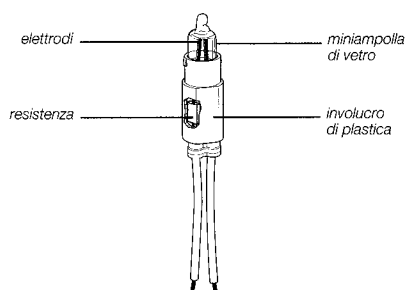


Fig. 4.3 - Esempio di applicazione: a) Impianto di illuminazione con una sola lampada per un bagno - b) Impianto di illuminazione con due lampade per un piccolo ufficio (bticino).

Gli interruttori e gli altri apparecchi di comando, che verranno utilizzati negli impianti seguenti, possono essere predisposti per essere equipaggiati con una lampada spia a scarica. La luce prodotta dalla spia è visibile tramite la lentina trasparente frontale incorporata nel tasto di comando.



Tra le lampade a scarica nei gas è possibile trovare le speciali lampade che emettono un flusso luminoso bassissimo, utilizzate come lampadine di segnalazione (lampade spia) e non come lampadine di illuminazione.

Sono costituite da un involucro in plastica che supporta una piccola ampolla di vetro nella quale sono presenti gas conduttivi e due elettrodi posti a brevissima distanza tra loro, ma separati elettricamente.

Se alimentate, tra i due elettrodi scocca una scarica nel gas che emette una luce fioca.

Una resistenza, in serie alla lampada, riduce la tensione ai capi dei due elettrodi: la tensione di rete (230 V AC) sarebbe eccessiva.

Possono essere inserite negli interruttori per svolgere, per esempio, la funzione di localizzazione dell'apparecchio al buio con un consumo irrisorio.

Fig. 4.4 - Lampada spia a scarica (bticino).

A seconda del tipo di collegamento effettuato, è possibile ottenere le seguenti due funzioni: **localizzazione** dell'interruttore oppure spia di **accensione** del punto luce. Si ha la funzione di localizzazione dell'interruttore quando il punto luce è spento: la lampada spia deve essere accesa allo scopo di individuare l'ubicazione dell'apparecchio di comando anche al buio. Si tenga presente che le normative specifiche di alcuni ambienti pubblici, caratterizzati dalla presenza di più persone, richiedono obbligatoriamente questa funzione.

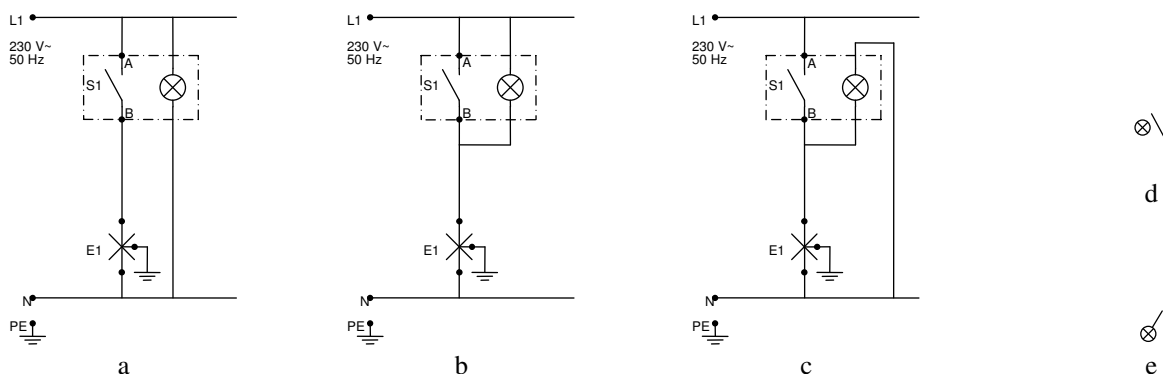


Fig. 4.5 - a) Lampada spia collegata direttamente alla rete di alimentazione (lampada di localizzazione) - b) Lampada spia connessa collegata in serie al punto luce (lampada di localizzazione). Si noti in questo caso che, all'accensione del punto luce, la spia, che si trova in parallelo ai contatti dell'interruttore, si spegne (questa è l'unica connessione possibile con la lampada precabata; inserendola a scatto nell'interruttore, il collegamento si realizza automaticamente per mezzo di appositi contatti a molla) - c) Lampada spia collegata in parallelo al punto luce (lampada di accensione) - d) Segno grafico di un interruttore per schemi di funzione - e) Segno grafico di un interruttore per schemi di rappresentazioni topografiche.

Si ha la necessità di avere la funzione di spia di accensione del punto luce quando si comanda una lampada esterna o situata in un altro locale, non visibile dal punto dove è installato l'interruttore. In questo caso, può essere utile disporre di una spia che segnali la condizione di acceso/spento del punto luce.

Le lampade possono essere precablate e, quindi, sono utilizzabili solo per la localizzazione, oppure a cablaggio libero, per offrire la massima flessibilità di utilizzo; entrambe vanno inserite a scatto nell'apposita sede posta sul retro degli apparecchi.

Data la particolare natura delle lampade a scarica, è possibile alimentarle anche ponendole in serie alla lampada ad incandescenza del punto luce; la debole corrente che ne deriva, limitata anche dalla resistenza del punto luce, è sufficiente a provocare la scarica nella spia senza accendere la lampada principale. Se il punto luce è realizzato con lampade fluorescenti, occorre accertarsi che esista la continuità circuitale tramite il reattore.

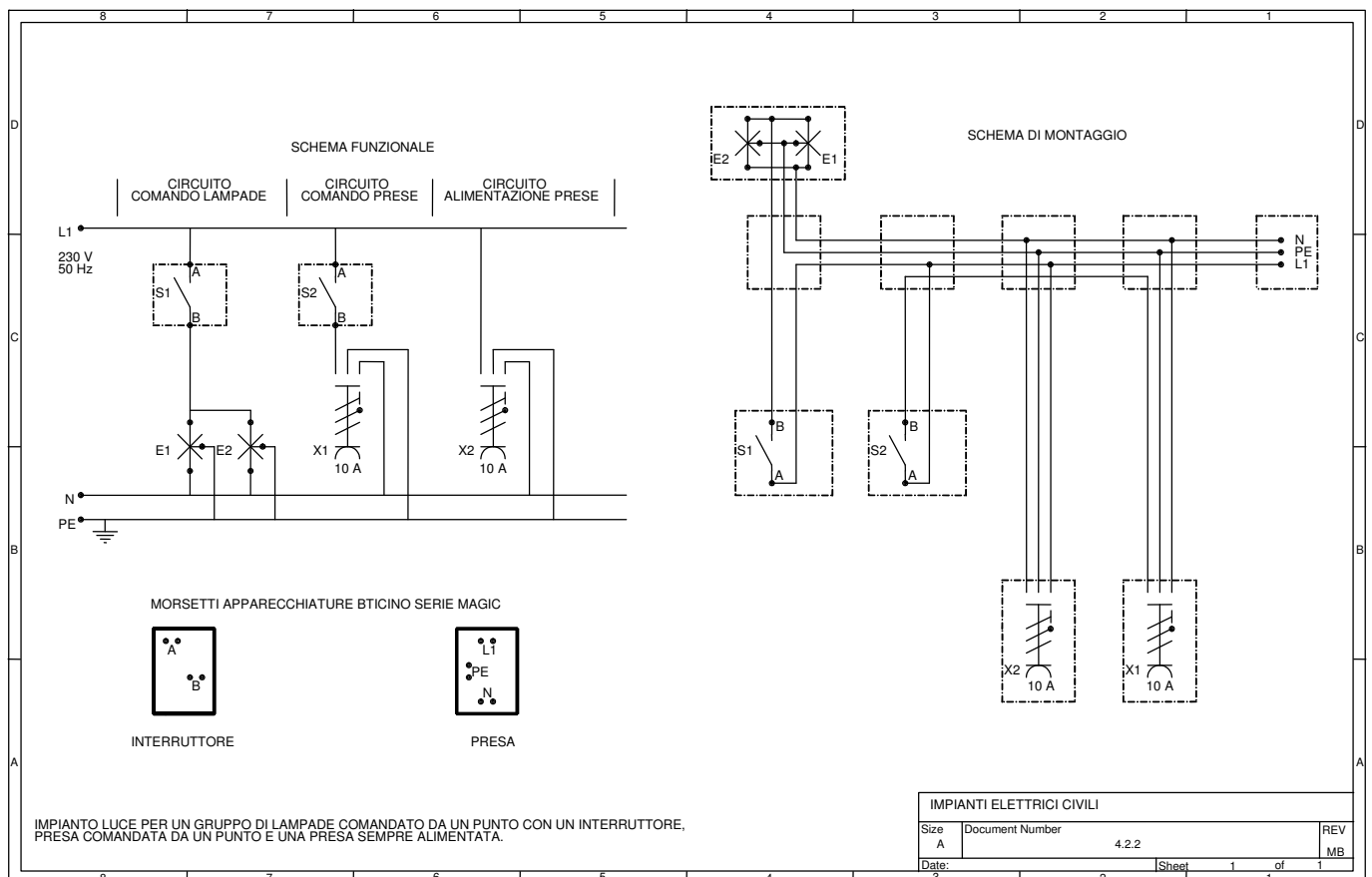
La soluzione della spia in serie è particolarmente gradita in fase di installazione in quanto non richiede l'aggiunta di conduttori integrativi.



Fig. 4.6 - a) Lampada spia precablate impiegabile solo per la localizzazione - b) Lampada spia a collegamento libero (bticino).

4.2.2 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata

Anche in questa seconda tavola sono presenti dei circuiti di illuminazione e in derivazione.



In particolare, l'impianto permette di comandare un gruppo di lampade E1 e E2 mediante l'interruttore S1, esattamente come nell'esempio precedente; in questo caso, però, è stato utilizzato anche un interruttore S2 in grado di comandare una presa X1 da 10 A, utile per comandare lampade mobili o da tavolo come, per esempio, le abatjour.

Completa l'impianto la presa X2 da 10 A collegata direttamente alla linea di alimentazione in modo da avere i morsetti sempre sotto tensione.

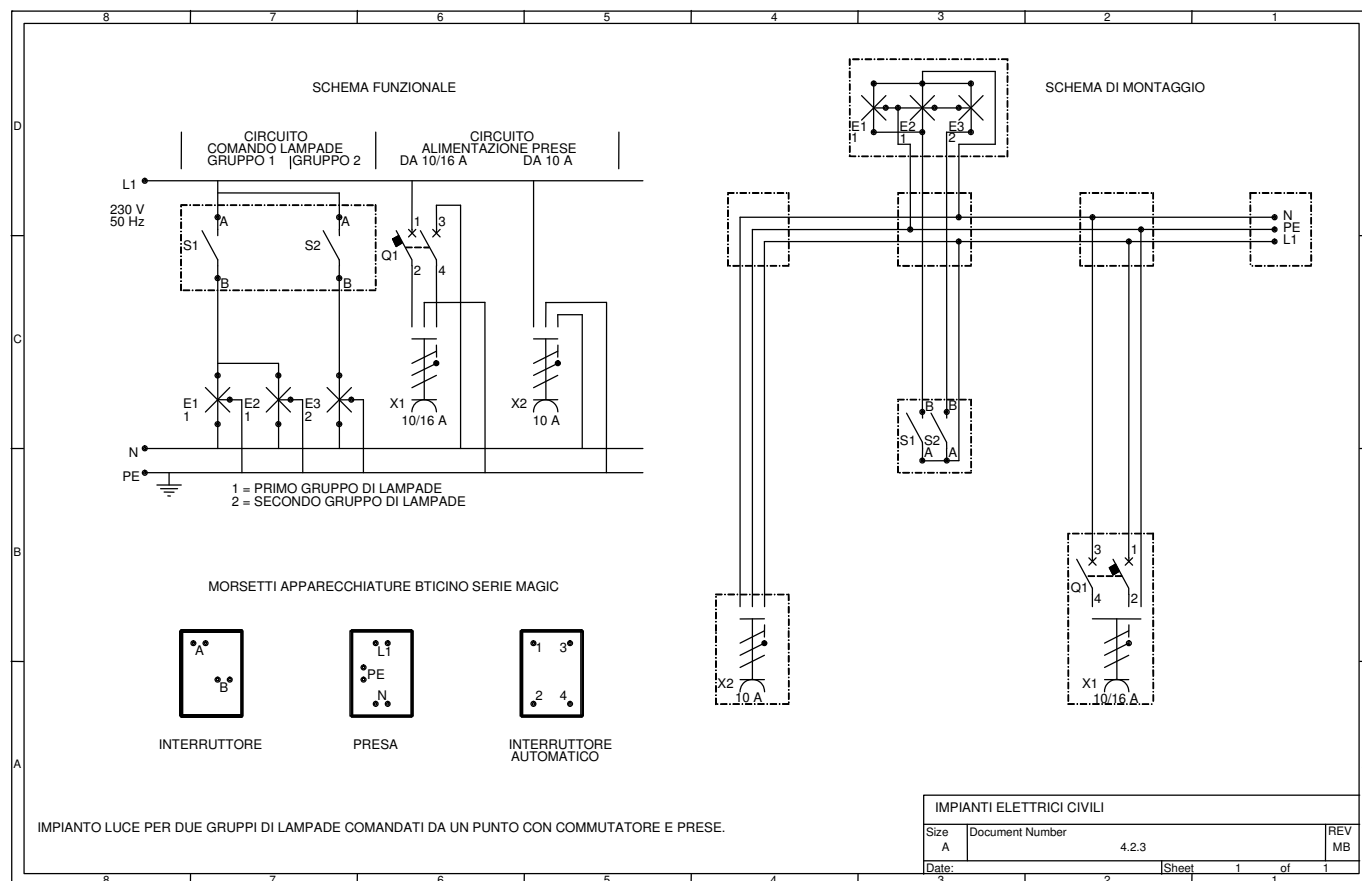
Anche in questo caso il conduttore di protezione PE è stata collegato sia agli apparecchi illuminanti sia alle prese e l'interruttore S1 interrompe il conduttore di fase.

DESCRIZIONE MATERIALI USATI					
TITOLO: Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata					
N°	SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE TECNICHE	MARCA	ARTICOLO
1	S1, S2	Interruttore unipolare Magic	250 V, 16 A	bticino	5001
2	X1, X2	Presa a spina Magic	2P+PE, 250 V, 10 A	bticino	5113
4	-	Supporto per apparecchi componibili	in resina	bticino	503R
4	-	Scatola portafrutto da parete	in resina colore avorio	bticino	503P
4	-	Placche installabili a pressione Magic	tipo anodizzato a 1 posto	bticino	503/11X
18	-	Pressacavo per tubo rigido PG16	in materiale isolante, IP66	Gewiss	GW52025
6	-	Scatola stagna di derivazione	in PVC, 100 x 100 x 50 mm	SAREL	02500
2	E1, E2	Portalamпада a base dritta	250 V, 10 A	ELIOS	5130
2	-	Lampada ad incandescenza a goccia	230 V, 40 W, E27 ES	PHILIPS	A60 40 W
7 m	-	Tubo protettivo rigido	serie pesante in PVC, Ø 20 mm	DIELECTRIX	40020
18	-	Supporto a scatto per tubo protettivo	Ø 20 mm	Gewiss	GW50602
12	-	Morsetto di giunzione	serie FORBOX, 6 mm ² 500 V	ELECO	E27
25 m	-	Cavo unipolare (colori normalizzati)	H07V-K, 1,5 mm ² , U ₀ /U 450/750 V	PIRELLI	-

Tab. 4.2 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 4.2.2.

4.2.3 Impianto luce per due gruppi di lampade comandati da un punto con commutatore e prese

L'impianto prevede il comando da un solo punto di due gruppi di lampade, situate nello stesso apparecchio illuminante, mediante l'uso di un doppio interruttore (S1 e S2) o commutatore.



Un'utilizzazione tipica è quella delle sale da pranzo, dove la chiusura dei contatti del commutatore permette l'accensione separata di due gruppi di lampade; nell'esempio S1 comanda E1 e E2 (gruppo 1), mentre S2 comanda E3 (gruppo 2).

Questo è possibile in quanto, come si può notare dallo schema di montaggio, il posto di comando è unico e da esso è possibile determinare l'accensione di uno dei due gruppi o di entrambi.

L'esempio propone anche due prese sempre alimentate: una bipasso da 10/16 A (X1) e una da 10 A (X2).

La presa da 10/16 A è dotata di protezione mediante un interruttore automatico magnetotermico bipolare per proteggere il circuito e la presa dai sovraccarichi e dai cortocircuiti.

Si noti che l'impianto prevede sempre l'interruzione del conduttore di fase per entrambi i gruppi; completa il circuito il conduttore di protezione PE.

DESCRIZIONE MATERIALI USATI					
TITOLO: Impianto luce per due gruppi di lampade comandati da un punto con commutatore e prese					
N°	SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE TECNICHE	MARCA	ARTICOLO
2	S1, S2	Interruttore unipolare Magic	250 V, 16 A	bticino	5001
1	Q1	Interruttore automatico bipolare	un polo protetto, 230 V, 16 A	bticino	5236
1	X1	Presa a spina Magic bipasso	2P+PE, 250 V, 10/16 A	bticino	5180
1	X2	Presa a spina Magic	2P+PE, 250 V, 10 A	bticino	5113
3	-	Supporto per apparecchi componibili	in resina	bticino	503R
3	-	Scatola portafrutto da parete	in resina colore avorio	bticino	503P
1	-	Placche installabili a pressione Magic	tipo anodizzato a 1 posto	bticino	503/11X
2	-	Placche installabili a pressione Magic	tipo anodizzato a 2 posti	bticino	503/12X
14	-	Pressacavo per tubo rigido PG16	in materiale isolante, IP66	Gewiss	GW52025
5	-	Scatola stagna di derivazione	in PVC, 100 x 100 x 50 mm	SAREL	02500
3	E1, E2, E3	Portalamпада a base diritta	250 V, 10 A	ELIOS	5130
3	-	Lampada ad incandescenza a goccia	230 V, 40 W, E27 ES	PHILIPS	A60 40 W
6 m	-	Tubo protettivo rigido	serie pesante in PVC, Ø 20 mm	DIELECTRIX	40020
14	-	Supporto a scatto per tubo protettivo	Ø 20 mm	Gewiss	GW50602
12	-	Morsetto di giunzione	serie FORBOX, 6 mm ² 500 V	ELECO	E27
10 m	-	Cavo unipolare (colori normalizzati)	H07V-K, 1,5 mm ² , U ₀ /U 450/750 V	PIRELLI	-
5 m	-	Cavo unipolare (colori normalizzati)	H07V-K, 2,5 mm ² , U ₀ /U 450/750 V	PIRELLI	-

Tab. 4.3 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 4.2.3.

L'interruttore bipolare è in grado di interrompere contemporaneamente entrambi i conduttori di alimentazione di un utilizzatore. Lo si può immaginare come costituito da due interruttori unipolari indipendenti, affiancati e vincolati da un'unica leva di comando.

L'apparecchio è pertanto dotato di quattro morsetti, chiaramente identificati a coppie: i due di entrata e i due di uscita; un errore di collegamento provocherebbe un cortocircuito.

Questo interruttore, automatico oppure no, non viene usato solitamente per il comando di lampade, ma lo si installa a monte di utilizzatori che si desidera separare completamente dalla rete quando non sono alimentati (per esempio, uno scaldacqua oppure una presa).

Gli interruttori bipolari non automatici con il comando a chiave sono consigliati quando si vuole limitare l'uso di un'apparecchiatura solo a persone autorizzate in possesso della chiave (per esempio, per impedire ai bambini di azionare l'utilizzatore, oppure per circoscrivere l'uso della fotocopiatrice, o l'avviamento di un ventilatore).

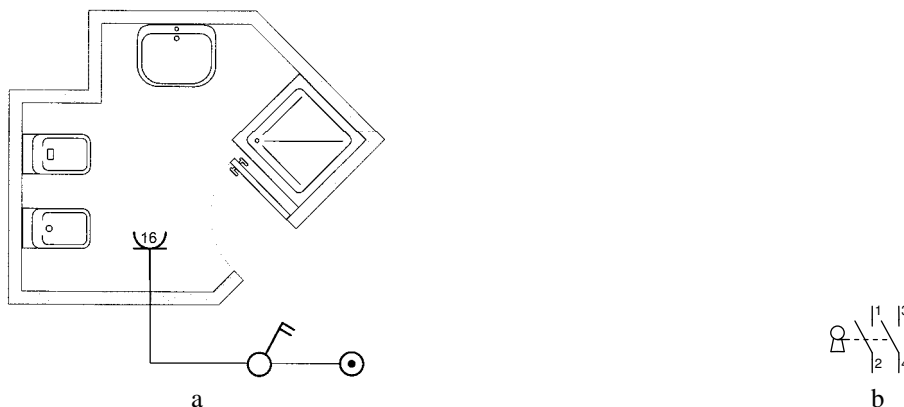


Fig. 4.7 - a) Esempio di applicazione: presa comandata per uno scaldabagno elettrico in un bagno (bticino) - b) Segno grafico di un interruttore bipolare con chiave.

4.2.4 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da due punti con deviatori e prese

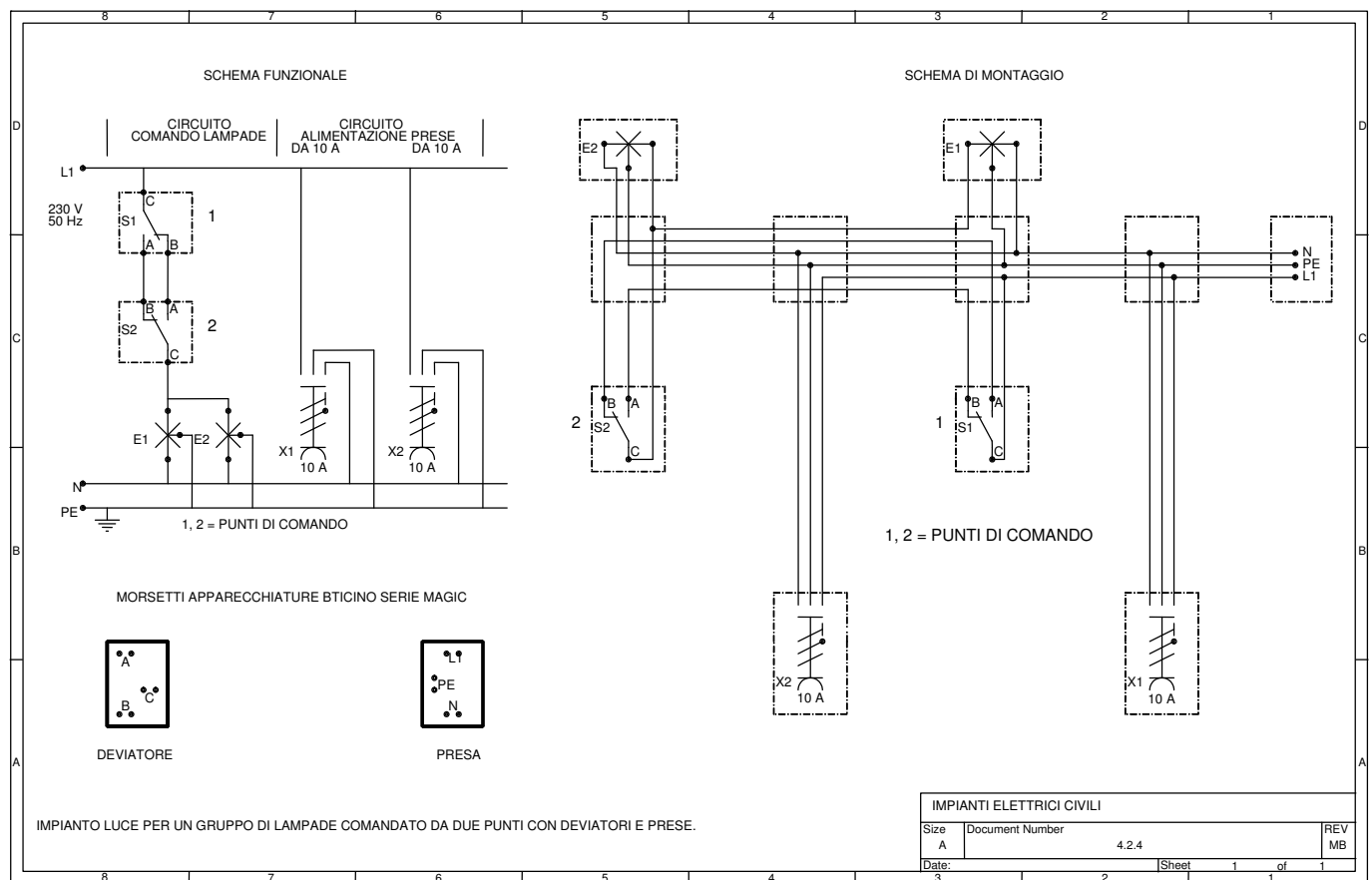
L'impianto prevede il comando di un gruppo di lampade (E1 e E2) da due punti; infatti in questo caso si utilizzano due deviatori, al posto degli interruttori, collegati come da schema.

Questo circuito viene impiegato ogni qualvolta per comodità è utile avere a disposizione due punti di comando distanziati tra di loro (corridoio, camera da letto, scala, locale con due ingressi, ecc.).

Da notare nello schema di montaggio che, pur essendo un unico gruppo di lampade, in realtà esse sono fisicamente distanti tra di loro come, per esempio, lo sono in genere in un corridoio.

Il deviatore presenta un morsetto, denominato comune o centrale e siglato C oppure L (linea), ove verrà collegata la fase o l'entrata, e due morsetti A e B, rispettivamente chiamati anche 2 e 1, dove verranno collegate le uscite (vedere schema).

Anche in questo caso agendo sui deviatori viene interrotto il conduttore di fase. Completa l'impianto la presenza di due prese da 10 A (X1 e X2).



Nell'uso dei deviatori è di particolare importanza l'individuazione del morsetto centrale; infatti, come si può rilevare dagli schemi, è quello che determina lo scambio di percorso della corrente convogliandola alternativamente in uno dei due conduttori che collegano i due apparecchi.

Il funzionamento anomalo del circuito con accensioni e spegnimenti apparentemente illogici è senz'altro da imputarsi ad un errore di collegamento.

Negli apparecchi bticino il morsetto in oggetto è identificato con la lettera C o L; in altri apparecchi può essere semplicemente la posizione disassata o centrale, rispetto agli altri morsetti, a porlo in evidenza.

Il deviatore può essere utilizzato anche come interruttore: è sufficiente collegare un conduttore al morsetto centrale e l'altro ad uno dei due morsetti liberi, come mostrato nella fig. 4.8b.

Mentre deve essere certamente usato il morsetto centrale, è indifferente quale dei due morsetti liberi si usi; l'unica variante si avrà nella posizione del tasto a riposo e con la lampada spenta, posizione che normalmente l'utente è abituato ad avere quando il copritasto è in posizione abbassata nella parte superiore.

Si tenga presente che si ricorre raramente a questa soluzione per motivi economici.

Vale la pena ricordare che in ambito impiantistico civile non vengono utilizzati deviatori bipolari che, invece, si ritrovano in applicazioni di tipo industriale oppure sulle apparecchiature elettroniche.

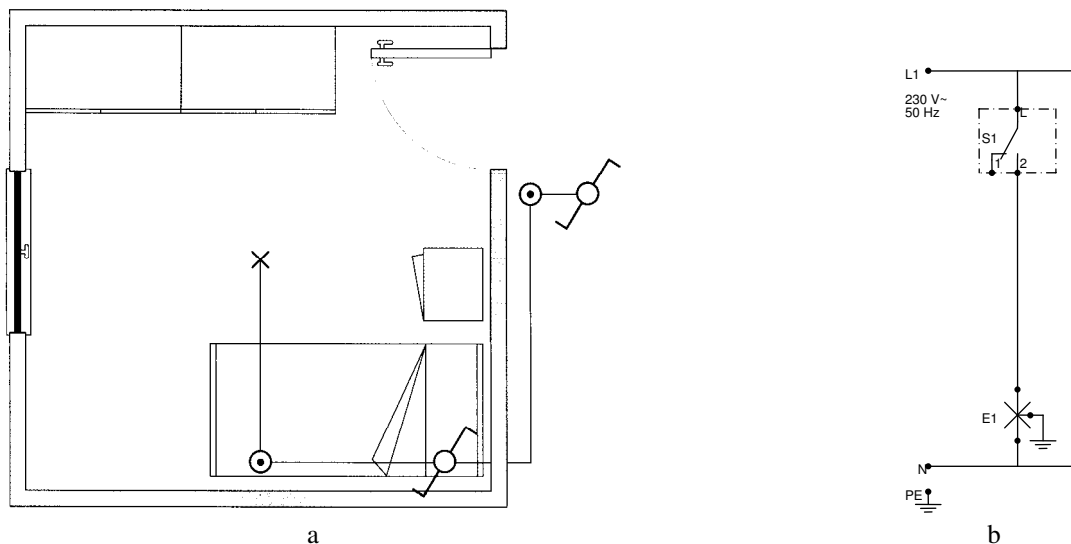


Fig. 4.8 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di una camera da letto con comando da due punti (dall'ingresso e dal posto letto) mediante deviatori (bticino) - **b)** Esempio di uso di un deviatore come interruttore per il comando di una lampada.

Anche con il deviatore è possibile realizzare la localizzazione dell'apparecchio impiegando le stesse lampadine viste nel caso dell'interruttore (lampada precablata e lampada a collegamento libero).

Occorre prestare attenzione alla parte circuitale che si presenta leggermente più complessa; ovviamente valgono anche in questo caso le note relative alla possibilità di accensione delle lampade a scarica se inserite in serie alla lampada del punto luce.

Nel circuito mostrato nella fig. 4.9b, la lampada viene collegata in serie al punto luce (localizzazione). Inserendo la lampada spia precablata nell'apposita sede, in modo analogo a quanto visto nella fig. 4.6 per quanto riguarda gli interruttori, si ottiene automaticamente la connessione di tipo serie.

Possono essere equipaggiati entrambi i deviatori od anche uno solo; con il punto luce acceso, le lampade spie risulteranno spente perché non più alimentate. La localizzazione di tipo serie è ottenibile con la lampada a collegamento libero, rispettando i collegamenti elettrici riportati nella fig. 4.9b.

Con le lampade a collegamento libero è possibile realizzare la funzione di localizzazione, oltre che del tipo "in serie" (collegamento equivalente a quella della lampada precablata), anche collegando le lampade spia direttamente alla rete.

Nello schema di fig. 4.9c le lampade spia sono svincolate dal circuito principale; ne risulta uno schema circuitale più impegnativo come cablaggio, perché richiede la posa di conduttori ad uso specifico, e con maggiori oneri economici.

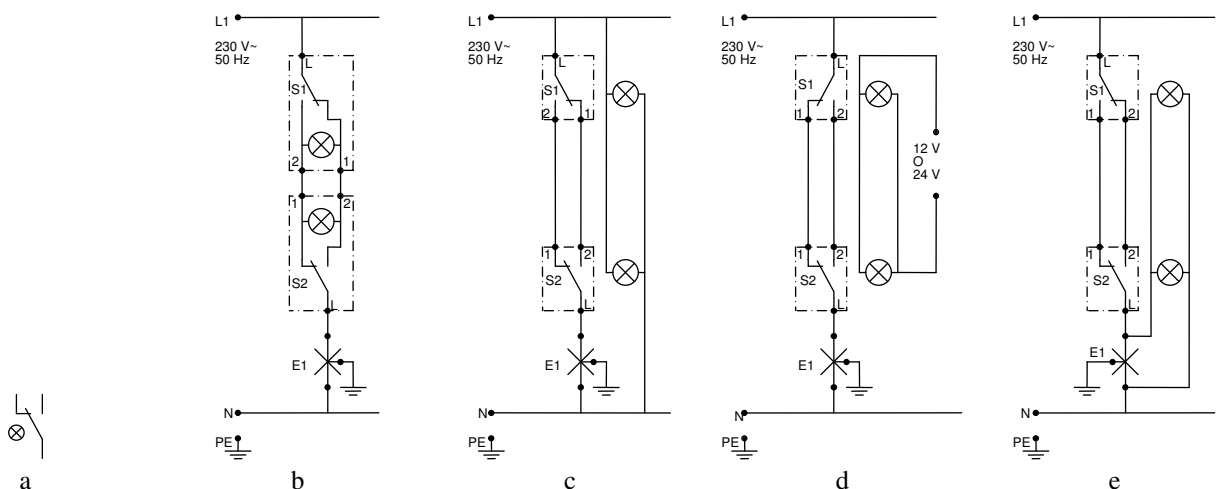


Fig. 4.9 - a) Segno grafico di un deviatore con lampada spia per schemi di funzione - **b)** Uso dei deviatori con le lampade di localizzazione precablate o a collegamento libero - **c)** Uso dei deviatori con lampada di localizzazione a collegamento libero - **d)** Uso dei deviatori con lampada di localizzazione a collegamento libero e lampade spia funzionanti a 12 V oppure a 24 V - **e)** Uso dei deviatori con lampada spia di accensione del punto luce.

Nello schema di fig. 4.9d il collegamento libero delle lampade spia consente di utilizzare lampade con una tensione di alimentazione diversa da quella di rete; per esempio, è possibile usare lampade ad incandescenza funzionanti a 12 V oppure a 24 V (AC/DC) in alternativa a quelle a scarica funzionanti a 230 V AC.

Il circuito riportato nella fig. 4.9e mostra il collegamento delle lampade spia di accensione che permette di conoscere dai due punti di comando la situazione di acceso/spento della lampada di illuminazione.

È un'applicazione utile quando uno dei deviatori è lontano dall'area illuminata. In questo caso vanno previsti appositi conduttori per alimentare le lampade spia funzionanti a 230 V AC.

4.2.5 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da tre punti con invertitori e prese

Questo impianto è in pratica un'estensione dell'impianto precedente; infatti, con esso si comanda da tre punti un gruppo di lampade (E1 e E2).

Ciò è reso possibile dall'uso di due deviatori (S1 e S3) e di un invertitore (S2) collegati come da schema.

L'invertitore deve essere collegato tra i due deviatori e svolge la funzione di terzo punto di comando; presenta sulla parte posteriore quattro morsetti che si devono collegare a due a due ai morsetti (che costituiscono i punti laterali del contatto) dei due deviatori.

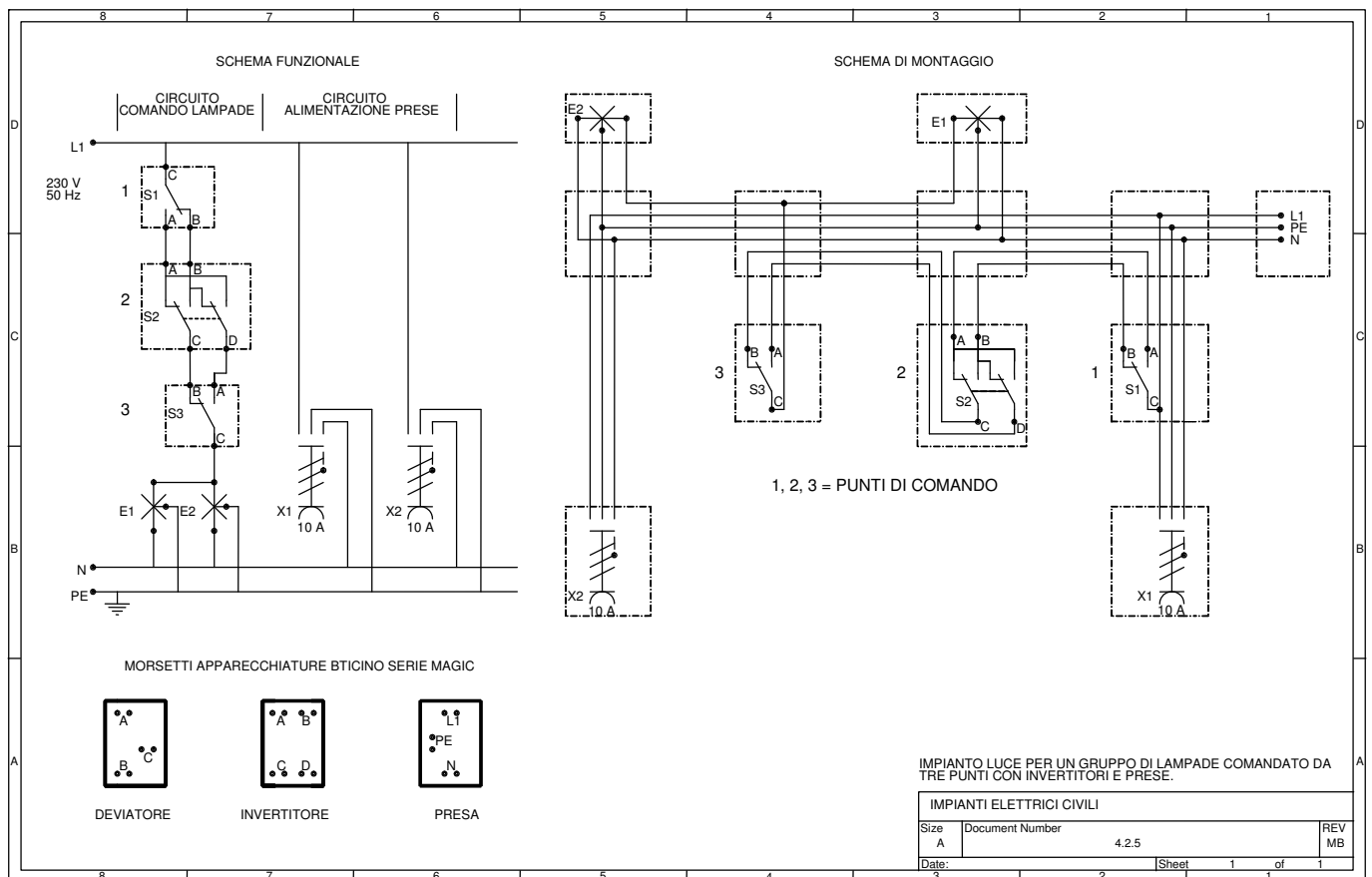
Nell'esempio i morsetti dell'invertitore S2 A e B sono collegati ai morsetti A e B del deviatore S1, mentre i morsetti C e D sono collegati ai morsetti A e B del deviatore S3.

I quattro morsetti dell'invertitore si presentano in genere simili a due a due, talvolta l'apparecchio presenta i morsetti doppi per facilitare i collegamenti con i deviatori. Aggiungendo altri invertitori, come si vedrà nell'esempio seguente, è possibile estendere il comando delle lampade a 4, 5 o teoricamente a infiniti punti; nella pratica se si superano i cinque punti di comando si preferiscono altre soluzioni più economiche che vengono riportate successivamente (comando a relè).

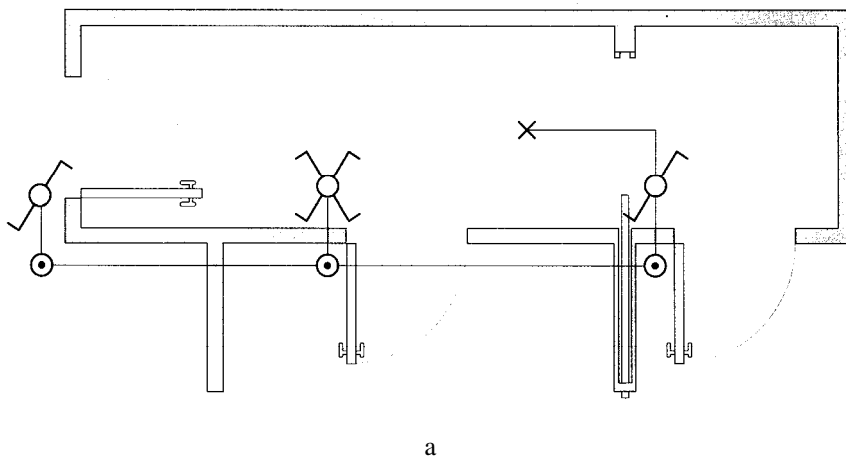
Si rileva infatti, immediatamente, la complessità dei circuiti impieganti invertitori a causa del numero elevato di conduttori richiesti.

Il funzionamento dell'impianto consente, premendo indistintamente uno dei due deviatori oppure l'invertitore, di chiudere il circuito, con la conseguente alimentazione delle lampade.

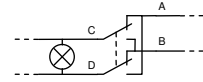
Anche in questo caso viene interrotto il conduttore di fase. Completano l'impianto due prese da 10 A sempre alimentate (X1, X2).



L'impianto può essere utilizzato in tutti quei locali in cui è necessario accendere e spegnere un apparecchio illuminante da tre punti distanti tra di loro, come, per esempio, corridoi lunghi con diverse porte, scale relative a più piani, locali ampi a più ingressi.



Anche l'invertitore può avere la sede per l'inserimento della lampada spia, unicamente però del tipo a collegamento libero. Per realizzare la funzione di localizzazione, occorre collegare la lampada come riportato di seguito.



In questo modo si ottiene la localizzazione con spia in serie al punto luce (nei deviatori di testa si può adottare la spia precablata che verrà a trovarsi anch'essa in serie al carico principale).

In alternativa, è possibile collegare le spie direttamente alla rete. Per realizzare la funzione di spia di accensione del punto luce (condizione per la verità poco probabile in questi casi) si deve porre le lampade spia in parallelo al punto luce, come già visto nelle pagine precedenti.

Fig. 4.10 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di un corridoio con comando a tre punti (bistabile) - **b)** Uso degli invertitore con lampada spia.

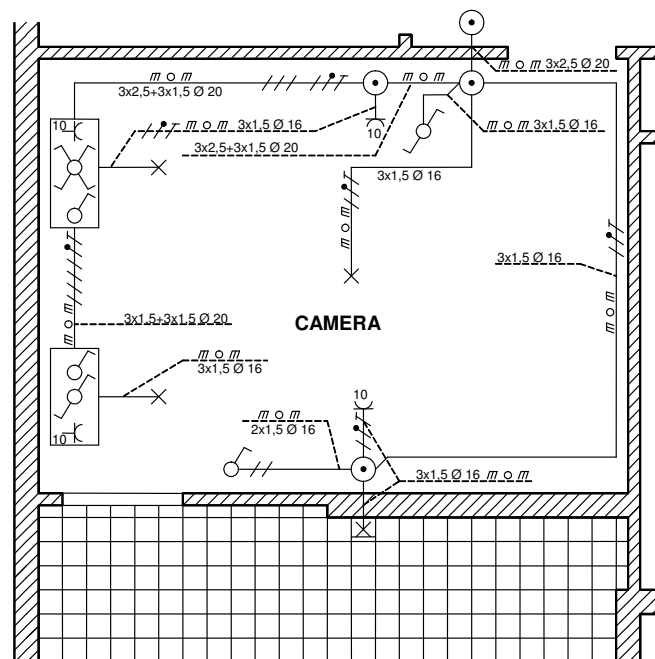


Fig. 4.11 - Esempio di applicazione degli impianti visti precedentemente: schema topografico per una camera con percorsi principali a parete.

4.2.6 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da quattro punti con invertitori, deviatori e prese

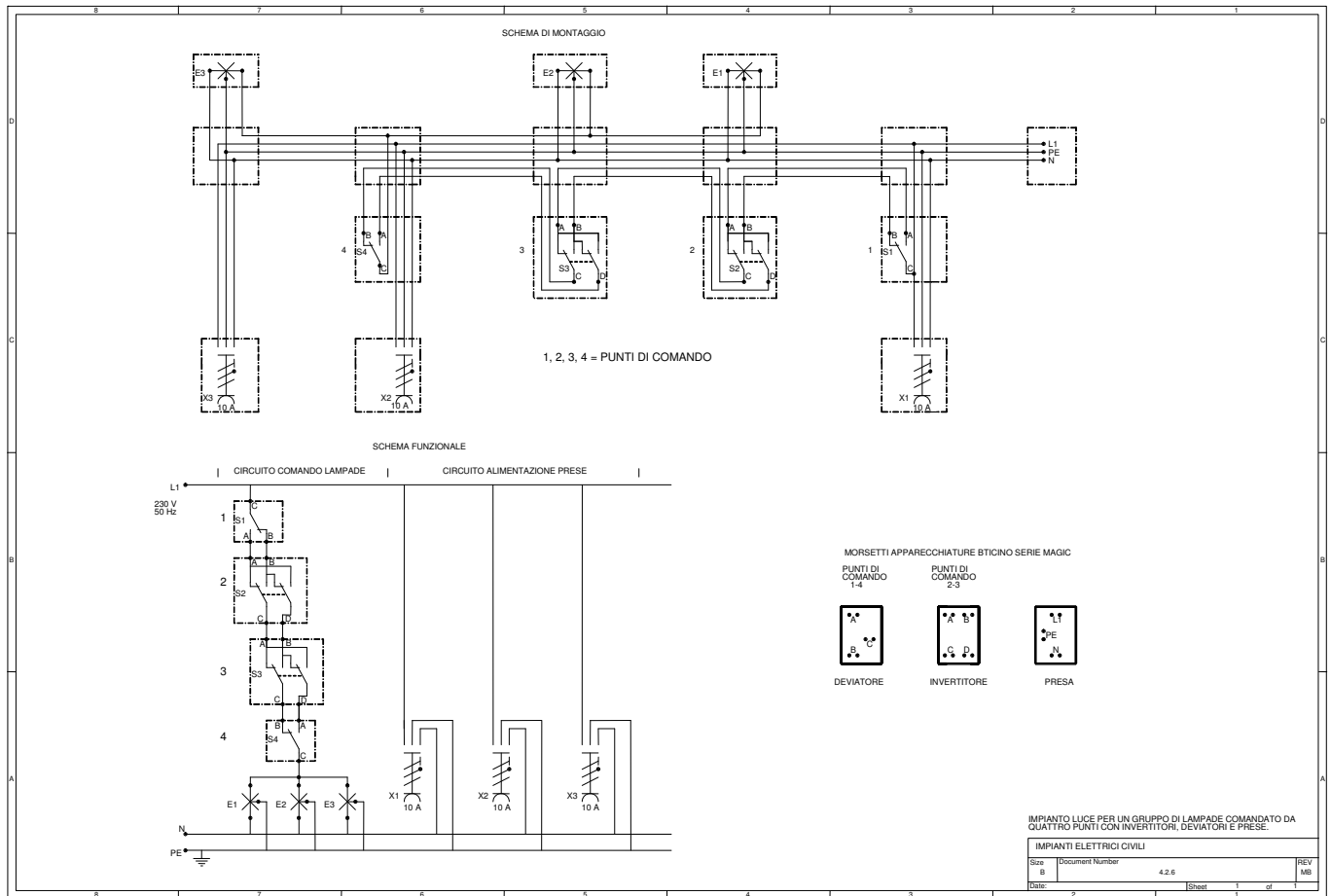
Come estensione dell'impianto precedente possiamo considerare il seguente impianto che permette di comandare un gruppo di lampade da quattro punti, per esempio, in un corridoio di notevole lunghezza. In questo caso si aggiunge un altro invertitore.

Infatti la regola vuole che, dato come "n" il numero di punti da cui comandare un gruppo di lampade, il numero degli invertitori debba essere uguale al numero di punti di comando meno due (due sono i punti di comando dove sono presenti i deviatori).

Premendo il tasto di comando di uno dei due deviatori (S1 o S4) o di uno dei due invertitori (S2 o S3), si provoca l'accensione o lo spegnimento delle lampade (E1, E2, E3).

Nell'esecuzione pratica dell'impianto si deve tenere presente che la coppia di morsetti dell'invertitore, che nell'impianto precedente si collegava ai due morsetti laterali del secondo deviatore, adesso si collega alla prima coppia di morsetti del secondo invertitore.

Completano l'impianto tre prese da 10 A sempre alimentate (X1, X2, X3).



4.3 Impianti luce con relè ad immobilizzazione di posizione o a tempo

4.3.1 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comandato da quattro punti per un gruppo di lampade, relè interruttore con bobina di eccitazione funzionante a 230 V AC

L'interruttore, come è stato mostrato nella prima tavola, consente di chiudere e aprire un circuito per comandare, per esempio, un gruppo di lampade dal punto dove esso è installato.

Se invece si ha la necessità di comandare un punto luce da un numero "n" di punti, allora è necessario ricorrere a impianti con deviatori se "n" è uguale a due, con deviatori più invertitori se "n" è maggiore di due.

Ma in questo caso la realizzazione pratica dell'impianto diventerebbe, oltre che più costosa (i pulsanti costano meno dei deviatori e degli invertitori), alquanto complicata, in special modo se fosse necessario, in futuro, aumentare il numero dei punti di comando.

Per evitare questi problemi, si può installare un relè interruttore. Il relè interruttore (definito anche passo-passo o ciclico) è costituito da un elettromagnete (facente capo ai terminali A1 e A2) che, mediante una leva fissata all'ancoretta, fa ruotare una camma la quale ha una forma tale da permettere, ad ogni impulso dato mediante dei pulsanti, l'apertura e la chiusura del contatto (facente capo ai morsetti 1 e 2) adibito ad interruttore, come mostrato nella fig. 4.13b.

L'impianto proposto prevede il comando da quattro punti (S1, S2, S3, S4) di un gruppo di lampade (E1, E2, E3) mediante un relè interruttore (K1) al posto delle apparecchiature a comando diretto (deviatori e invertitori). Da notare che è possibile, almeno teoricamente, aumentare il numero dei punti di comando all'infinito semplicemente aggiungendo altri pulsanti collegati in parallelo.

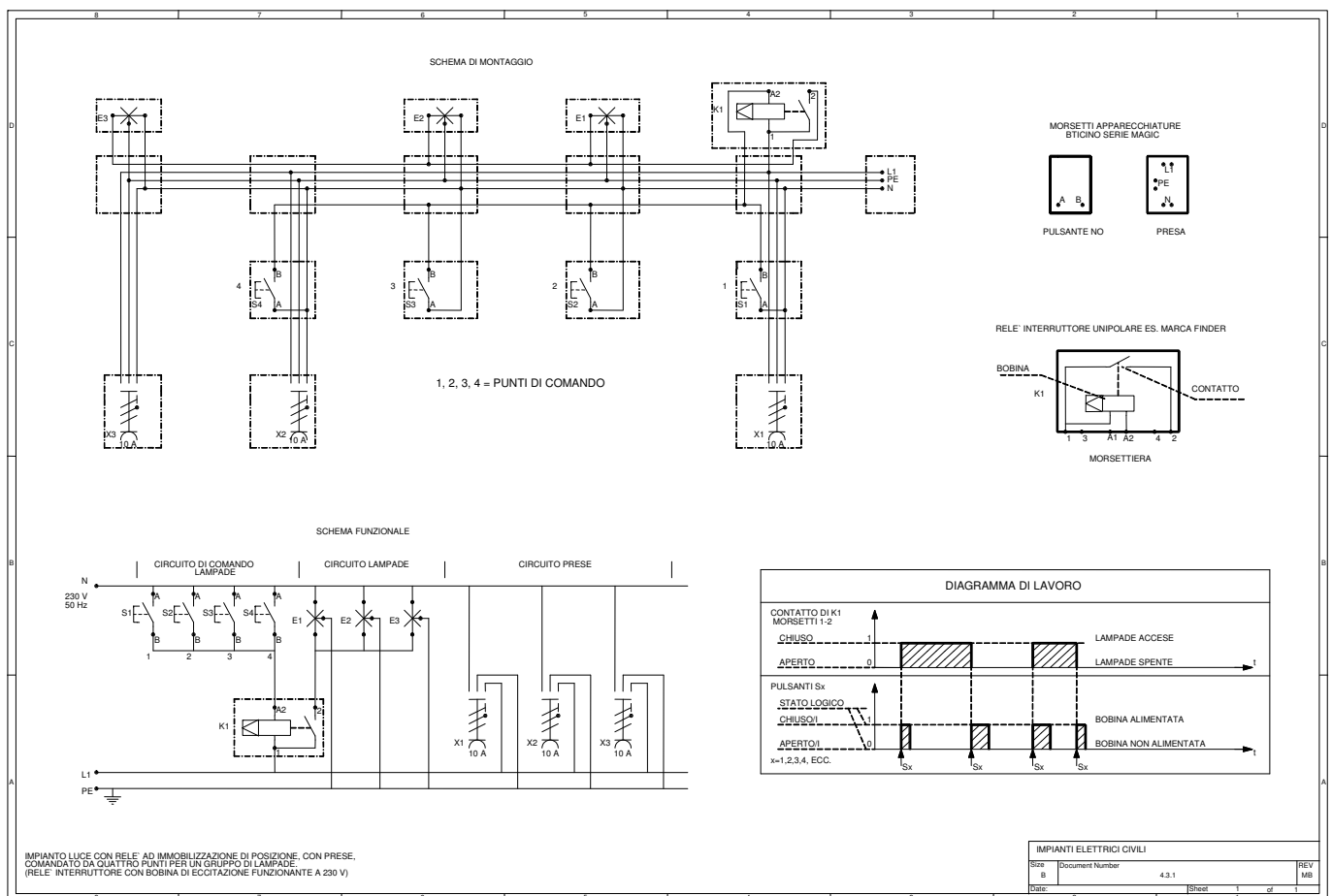
Il relè utilizzato è del tipo ad eccitazione diretta ed è caratterizzato da una tensione di alimentazione uguale sia per la bobina dell'elettromagnete sia per il contatto (230 V AC).

Il funzionamento si può così schematizzare (vedere anche il diagramma di lavoro):

- premendo indifferentemente uno dei quattro pulsanti, la bobina si eccita;
- la bobina, attraendo l'ancoretta, determina la chiusura del contatto, provocando l'alimentazione del gruppo di lampade;
- a questo punto, se si chiude di nuovo uno dei quattro pulsanti, si provoca un altro intervento della bobina, con l'effetto ora di aprire il contatto e, quindi, di togliere l'alimentazione alle lampade.

Da notare che i pulsanti che permettono di comandare il gruppo di lampade da quattro punti sono collegati tra di loro in parallelo, conferendo all'impianto una notevole semplicità esecutiva, che è possibile ritrovare nei corridoi con molte porte di accesso ai locali, negli ambienti ampi, sulle scale multipiano, ecc.

Completano l'impianto tre prese da 10 A sempre alimentate (X1, X2, X3).



Per il funzionamento di questo impianto è necessario, come detto precedentemente, l'uso di pulsanti.

Queste apparecchiature svolgono la stessa funzione dell'interruttore, con la differenza che hanno una sola posizione stabile; al termine della pressione del dito dell'operatore, un meccanismo a molla richiama alla posizione di riposo i contatti ed il tasto di comando.

Nell'impiantistica il pulsante è utilizzabile ogni qualvolta si debba comandare un apparecchio con un funzionamento ad impulsi; il caso più noto è il comando di una suoneria (che verrà illustrata in seguito), ma si utilizzano anche per l'azionamento di una elettroserratura o per applicazioni con attuatori a relè, come mostrato nell'impianto descritto in questo paragrafo.

Il pulsante ha poi innumerevoli impieghi sulle apparecchiature elettroniche; sono pulsanti i tasti telefonici, quelli dei telecomandi, della tastiera di un computer, ecc.

Elettricamente esistono due versioni di pulsanti.

Negli impianti civili la più utilizzata è definita di tipo NO (*Normally Open*) e significa che il contatto è normalmente aperto (NA).

L'altra versione, il cui impiego nell'impiantistica civile è più limitato, è detta NC (*Normally Closed*) e significa che il contatto è normalmente chiuso (NC).

Anche i pulsanti possono essere equipaggiati con una lampada di localizzazione (fig. 4.12e-f).

Nella maggior parte dei casi, invece, perde di significato un'eventuale spia di funzionamento dell'utilizzatore.

Per realizzare la localizzazione si può inserire la spia in serie al carico (e in parallelo al pulsante), impiegando la lampada spia precablata o quella a collegamento libero.

In questo caso, occorre sempre verificare che l'utilizzatore funzioni a 230 V AC e che sia in grado di garantire la continuità circuitale.

Il collegamento della spia direttamente in parallelo alla rete è possibile solo con la lampada libera.



Fig. 4.12 - a) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NO per schemi di funzione - b) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NO per rappresentazioni topografiche - c) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NC per schemi di funzione - d) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NC per rappresentazioni topografiche - e) Segno grafico di un pulsante unipolare con lampada spia tipo NO per schemi di funzione - f) Segno grafico di un pulsante con lampada spia di tipo NO per rappresentazioni topografiche.

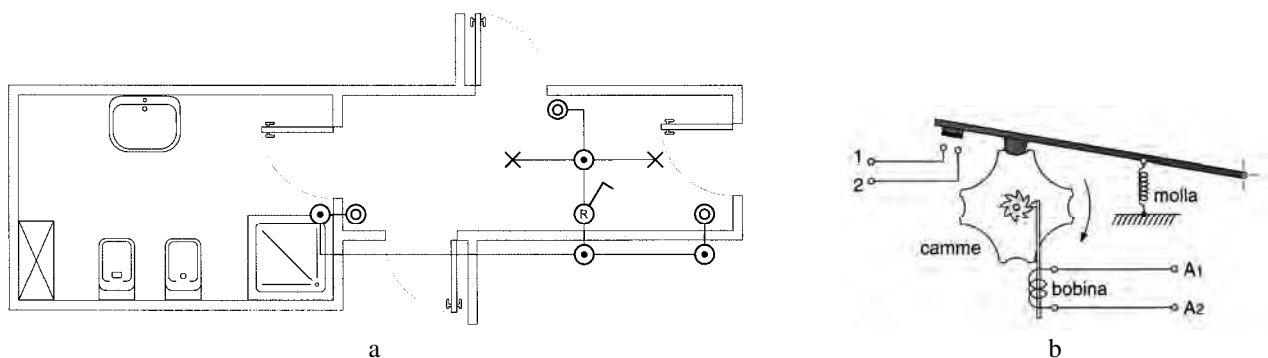


Fig. 4.13 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di un corridoio con comando a tre punti mediante relè interruttore (bticino) - b) Principio di funzionamento di un relè interruttore.

Vale la pena ricordare che tra i dati di targa dei relè, oltre il valore della tensione di alimentazione della bobina, è sempre indicata anche la corrente nominale dei contatti, ossia il valore in ampere che questi contatti possono sopportare (per esempio, 10 A).

Ovviamente, l'assorbimento del carico dovrà essere pari o inferiore a tale valore.

Ne consegue una considerazione indiretta importante: i relè possono essere usati per comandare carichi elevati usando pulsanti che sono attraversati generalmente da una corrente molto più piccola sufficiente per comandare la bobina.

4.3.2 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comandato da quattro punti per due gruppi di lampade, relè commutatore con bobina di eccitazione funzionante a 230 V AC

Il commutatore, come si è visto nel terzo impianto, serve per comandare un punto luce formato da due gruppi di lampade da un punto di comando.

Come già detto, funziona come un doppio interruttore; non a caso, infatti, nelle moderne apparecchiature modulari, al posto di un commutatore, vengono installati due interruttori.

Quando si presenta la necessità di comandare due gruppi di lampade da più punti, la realizzazione di un impianto di questo genere si complica notevolmente.

La soluzione che viene adottata abitualmente è quella di utilizzare un relè commutatore.

Questo relè permette di realizzare il circuito in maniera estremamente semplice, in quanto si utilizzano due conduttori che collegano i pulsanti che permettono di dare gli impulsi al relè commutatore.

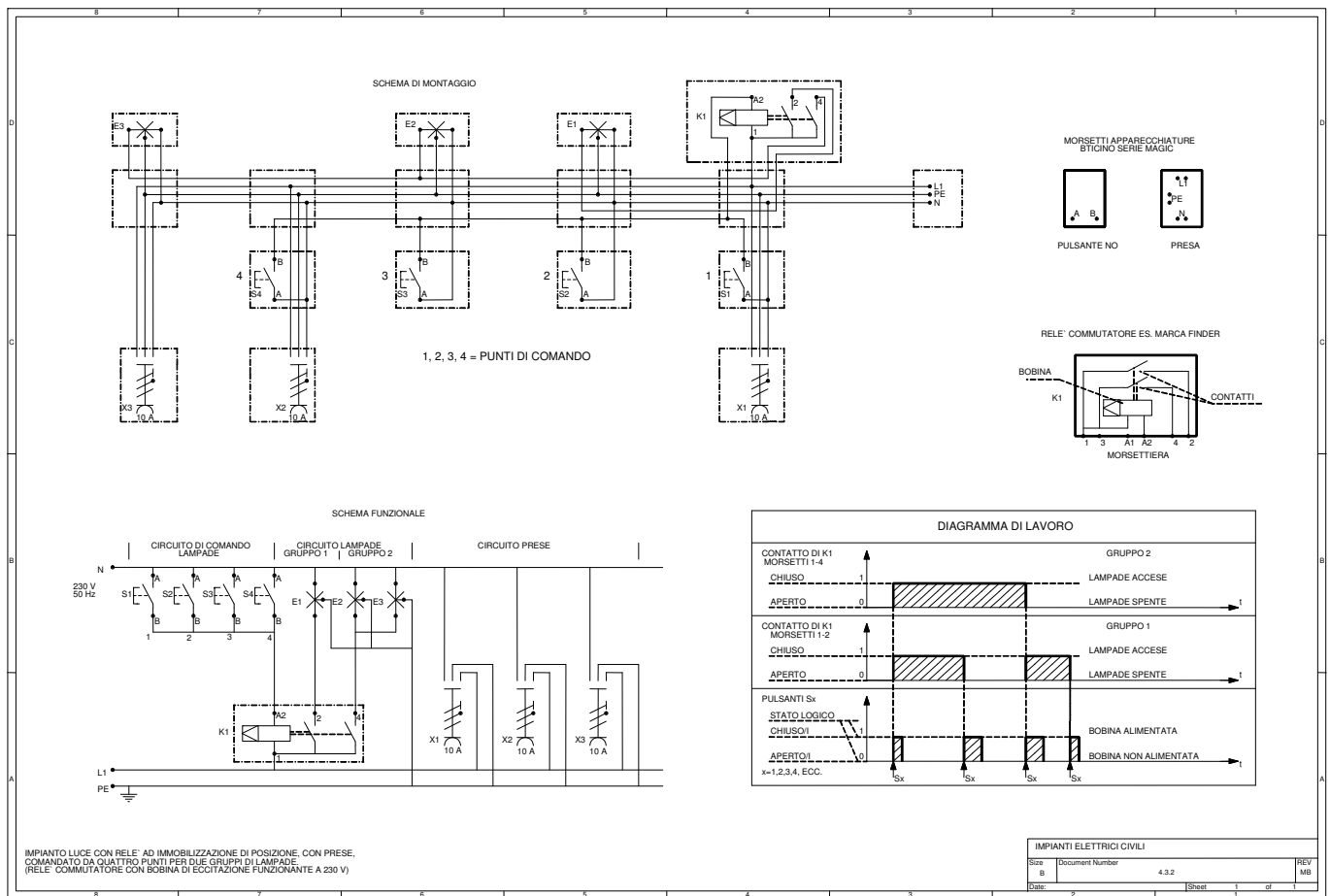
L'impianto proposto permette di comandare due gruppi di lampade (primo gruppo E1, secondo gruppo E2 e E3) da quattro punti (S1, S2, S3, S4).

Come nell'impianto precedente, viene utilizzato un relè con eccitazione diretta (K1).

Il funzionamento si può riassumere nel seguente modo (si veda anche il diagramma di lavoro):

- 1) premendo uno dei quattro pulsanti, si provoca l'eccitazione del relè con la conseguente chiusura di tutti e due i contatti (morsetti 1-4 e 1-2) e, quindi, l'accensione di tutte le lampade collegate (E1, E2, E3);
- 2) azionando di nuovo un qualsiasi pulsante, si provoca un'ulteriore eccitazione della bobina del relè, con la conseguente apertura di uno dei due contatti (morsetti 1-2); il gruppo di lampade collegato al contatto si spegne (E1);
- 3) se si aziona per la terza volta un pulsante, i contatti del relè invertono la loro posizione, provocando lo scambio di funzionamento dei due gruppi di lampade con E1, che è alimentato, mentre E2 ed E3 non sono alimentati (contatto relativo ai morsetti 1-2 chiuso, contatto relativo ai morsetti 1-4 aperto);
- 4) infine, con la quarta pressione su uno dei quattro pulsanti, si determina l'apertura di entrambi i contatti e il conseguente spegnimento dei due gruppi di lampade;
- 5) il ciclo riparte naturalmente dal punto 1 se si preme di nuovo un pulsante.

Il relè commutatore può essere utilizzato come relè interruttore usando il contatto collegato ai morsetti 1-2. Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



4.3.3 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comandato da quattro punti per un gruppo di lampade, relè interruttore con bobina di eccitazione funzionante a 12 V AC o 24 V AC

Si ripropone in parte l'impianto visto precedentemente, dove un gruppo di lampade viene comandato da un relè interruttore.

In questo caso, però, il relè è del tipo ad eccitazione separata.

Infatti, la bobina non è più alimentata a 230 V AC, ma con una bassissima tensione (12 V AC o 24 V AC), mentre il contatto e le lampade presentano una tensione di alimentazione uguale a quella di linea (230 V AC).

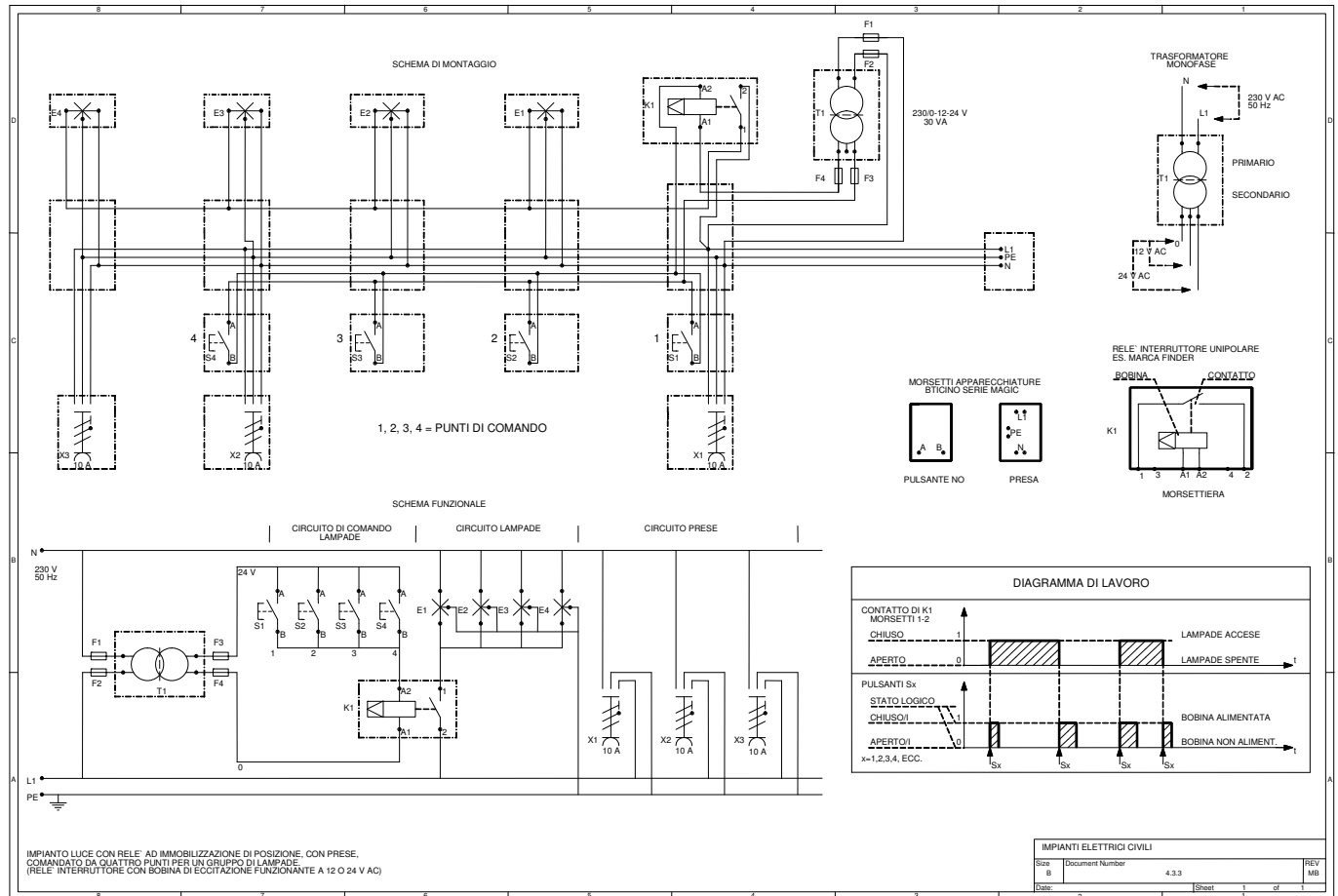
I relè ed i pulsanti vengono inseriti in un circuito a bassa tensione.

Anche in questo caso l'impianto può essere modificato o ampliato facilmente: basterà aggiungere altri pulsanti collegati in parallelo, per ottenere quanti punti di comando si desiderano.

L'alimentazione a bassissima tensione di sicurezza (circuito SELV) viene ottenuta, dalla tensione di rete, mediante un trasformatore monofase di sicurezza (realizzato mediante una costruzione speciale) con l'avvolgimento primario funzionante a 230 V AC.

Nell'avvolgimento secondario, invece, abbiamo una tensione di 12 V AC o 24 V AC, necessaria per comandare la bobina del relè.

Il funzionamento dell'impianto avviene con modalità uguali a quelle viste per l'impianto citato precedentemente. Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



Per realizzare questo impianto si è utilizzato un relè con comando in bassissima tensione di sicurezza.

Come si è visto, il relè è costituito da due parti meccanicamente ed elettricamente distinte: la bobina, facente parte del circuito di comando, ed i contatti che alimentano il carico ovvero il circuito di potenza.

Ciò consente di realizzare relè con una tensione di alimentazione della bobina diversa da quella di rete, per esempio più bassa, al fine di ottenere un circuito di comando più sicuro.

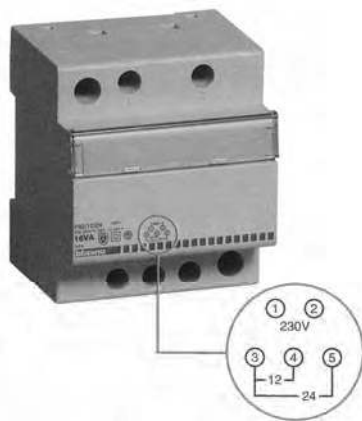


Fig. 4.14 - a) Trasformatore monofase di sicurezza della serie Btdin da installare in un centralino oppure a parete utilizzando le apposite calotte in dotazione (bicino).

Il trasformatore utilizzato in questo impianto, è dotato di due morsetti per l'alimentazione a 230 V AC (primario) e un'uscita (secondario) doppia: è possibile così scegliere 12 V AC oppure 24 V AC.

In questo caso, si è scelta la tensione di 24 V AC che, nell'ipotesi di utilizzare questo tipo di trasformatore, è disponibile tra i morsetti 3 e 5, come indicato dalla serigrafia riportata sul frontale dell'apparecchio, in basso ed opportunamente ingrandita.

Le tensioni più utilizzate sono 24 V o 12 V, valori definiti dalla norme CEI “bassissima tensione di sicurezza” purché ottenute mediante un trasformatore di sicurezza realizzato mediante una costruzione speciale.

Il trasformatore è una macchina elettrica che funziona solo in corrente alternata, sfruttando le leggi dell'elettromagnetismo; inoltre, separa galvanicamente la rete elettrica di alimentazione (230 V AC) dal circuito secondario.

Il circuito in bassissima tensione di sicurezza prende la sigla SELV e tutti i componenti inseriti nel circuito devono garantire l'indispensabile livello di isolamento delle parti in bassissima tensione dalla rete.

I costruttori, nella realizzazione dei relè, devono garantire il livello di sicurezza previsto dalle norme, visto che al loro interno coesistono le due tensioni.

4.3.4 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comandato da quattro punti per due gruppi di lampade, relè commutatore con bobina di eccitazione funzionante a 12 V AC o 24 V AC

Anche questo impianto ripropone un impianto già visto precedentemente, dove due gruppi di lampade vengono comandati da un relè commutatore.

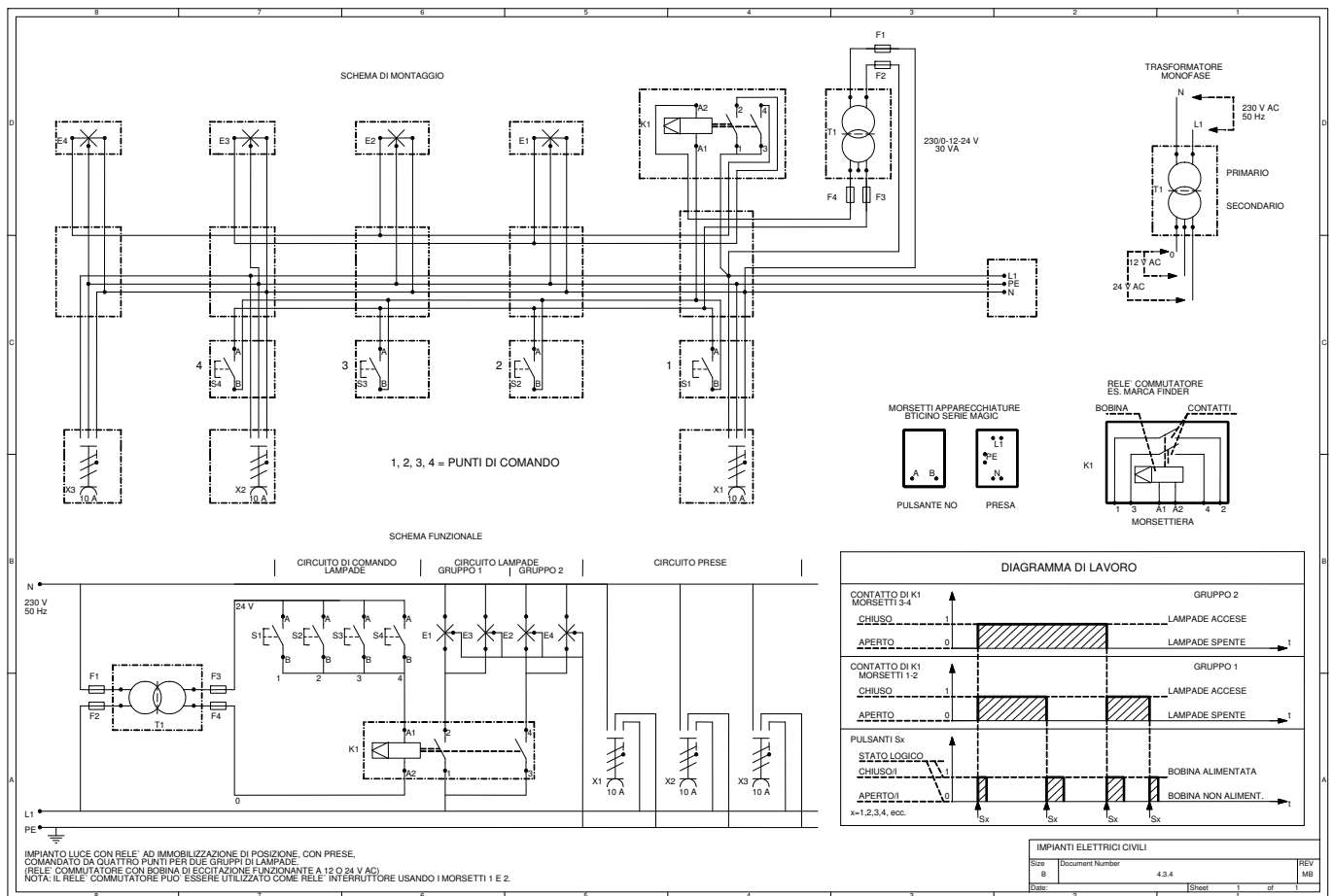
Il relè, però, è del tipo ad eccitazione separata.

La bobina non è più alimentata a 230 V, ma a 12 o 24 V AC, mentre i contatti e le lampade hanno una tensione di alimentazione uguale a quella di linea, cioè a 230 V.

Il suo funzionamento, come si può notare anche dal diagramma di lavoro, non si discosta da quello visto precedentemente.

Anche qui il relè commutatore può essere impiegato come relè interruttore utilizzando il contatto collegato ai morsetti 1-2.

Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



4.3.5 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comandato da tre punti per due gruppi di lampade ad incandescenza; il comando viene effettuato separatamente mediante due relè interruttori, che hanno la bobina di eccitazione funzionante a 230 V AC

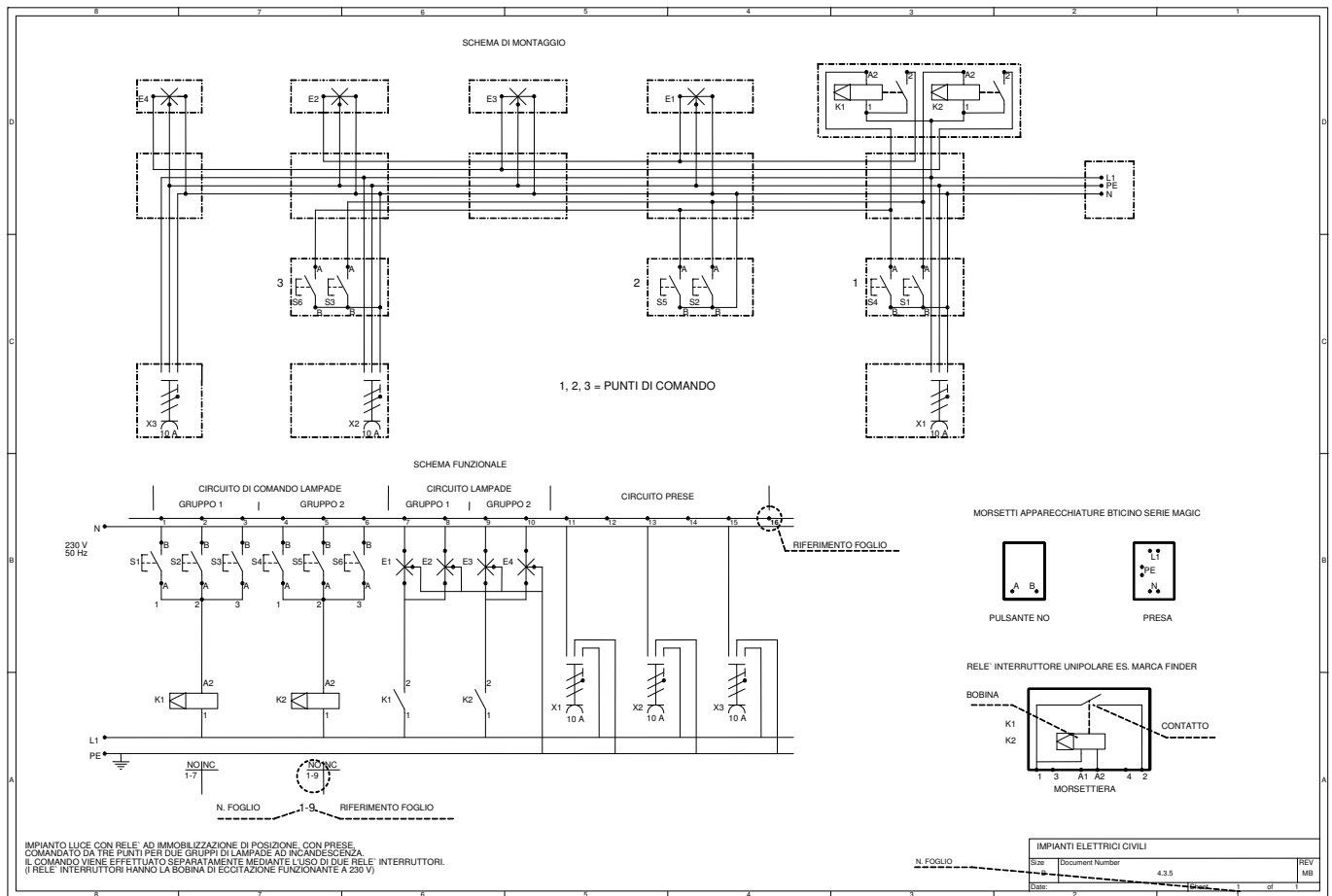
Questa tavola propone il comando da tre punti di due gruppi di lampade mediante l'uso di due relè interruttori. Tale soluzione permette il comando indipendente dei due gruppi, anche se prevede una maggiore complessità circuitale.

Infatti, come si può notare dallo schema elettrico, si tratta di combinare insieme due impianti con relè interruttore predisponendo i pulsanti di comando a due a due nella stessa scatola portafrutto.

Con la serie di pulsanti S1, S2, S3 sarà possibile comandare il gruppo numero 1, mentre con la serie di pulsanti S4, S5, S6 il gruppo numero 2.

In questo esempio sono stati utilizzati due relè interruttori con eccitazione diretta, ma è naturalmente possibile la sua realizzazione pratica anche con relè con eccitazione separata.

Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



4.3.6 Impianto luce per scale con relè a tempo, interruttore crepuscolare e commutatore giorno-sera-notte

In un impianto luce per scale realizzato con un semplice relè interruttore, azionato da pulsanti situati nei vari piani e il cui contatto permette l'accensione dei punti luce situati nell'edificio, può accadere che ci si dimentichi di spegnere e che, quindi, le lampade rimangano accese anche a lungo inutilmente.

Per ovviare a questo spreco di energia elettrica, sono stati costruiti i cosiddetti relè per luce scale, i quali permettono, con opportuni meccanismi ad orologeria o elettronici, di decidere il tempo di funzionamento necessario ad un determinato impianto.

La soluzione più semplice prevede l'accensione delle luci scale con l'azionamento di un pulsante (magari luminoso) e lo spegnimento automatico dopo un tempo prestabilito, prefissato in funzione del raggiungimento dell'ultimo piano.

Alcuni tipi di relè luci scale permettono di programmare l'impedimento dell'accensione nelle ore del giorno particolarmente luminose (interruttore crepuscolare), altri di consentire l'accensione solo in certe ore della giornata (interruttore a tempo).

Un'altra apparecchiatura elettronica utilizzabile negli impianti civili è l'interruttore crepuscolare, il quale permette di attivare un gruppo di lampade (per esempio, per illuminare automaticamente un giardino, un'insegna luminosa o per l'illuminazione stradale) se il livello di illuminamento della luce naturale si abbassa al di sotto di un certo valore, in genere regolabile, compreso tra 1 e 50 lx.

Gli interruttori crepuscolari si basano sul principio di funzionamento di un elemento fotosensibile che modifica il valore della propria resistenza al variare del livello di illuminamento (fotoresistenza), il quale, inserito in un circuito elettronico, permette l'azionamento di un relè in grado di comandare un carico (un gruppo di lampade).

Il tipo più comune di interruttore crepuscolare prevede non solo di regolare la sensibilità, ma in genere, di alimentare il carico solo se il livello di illuminamento insufficiente permane per un certo tempo (20 s).

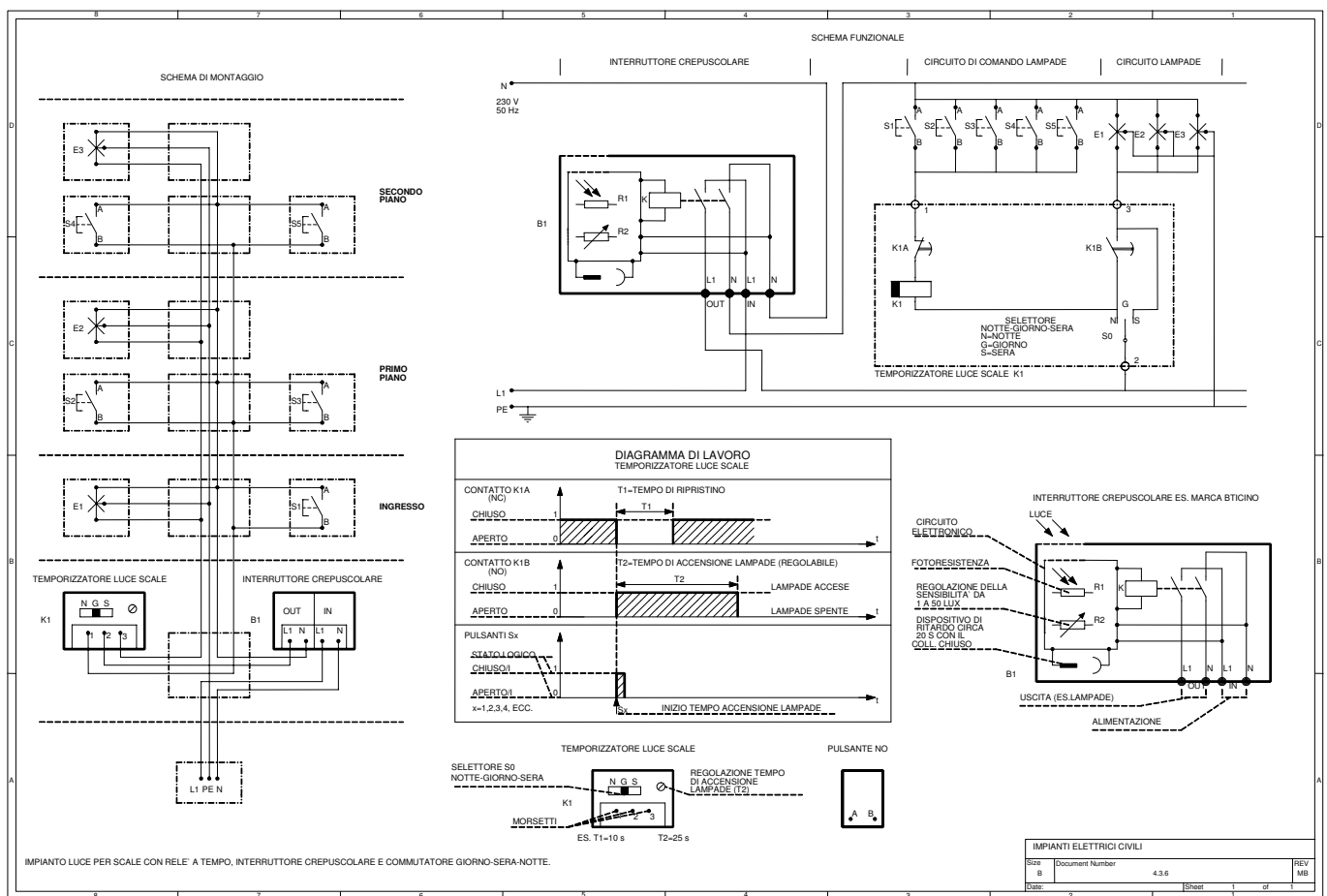
La tavola proposta prevede un impianto con relè per luce scale e un interruttore crepuscolare separati che permettono di raggiungere il massimo risparmio, in quanto l'accensione delle lampade è possibile solo quando il livello di illuminazione naturale delle scale non è più sufficiente e solo per il tempo necessario per arrivare all'ultimo piano (in questo caso il secondo).

L'esempio utilizza, come si è detto, un relè luce scale (K1) avente la possibilità di regolare il tempo di accensione delle lampade.

L'apparecchio impiegato prevede anche un commutatore notte-giorno-sera che consente di attivare il temporizzatore (notte), di disattivare il relè (giorno) e, infine, di alimentare sempre le lampade (sera).

Il funzionamento del relè temporizzatore è sintetizzato nella tavola mediante il diagramma di lavoro.

Si noti, nel diagramma di lavoro, che il tempo di ripristino T1 è inferiore al tempo di accensione delle lampade T2, permettendo all'utente di far ripartire il temporizzatore K1 prima che le lampade ai vari piani si spengano; si evita così, qualora ve ne sia la necessità, di riattivare il temporizzatore stando al buio.



In questo esempio viene utilizzato un interruttore crepuscolare (B1) che permette l'alimentazione del relè temporizzatore e, quindi, delle lampade, solo se il livello di illuminamento delle scale è inferiore a quello impostato (1÷50 lx); in questo caso è possibile impostare, chiudendo un ponticello, un ritardo di 20 s.

La tavola propone un impianto per un edificio a due piani dove, mediante i pulsanti S1, S2, S3, S4, S5, è possibile comandare un gruppo di lampade costituito dai punti luce E1, E2, E3 posti ai vari piani; è sufficiente variare il numero delle lampade e dei pulsanti ai piani per rendere questo impianto adatto ad edifici di differenti dimensioni.

Per la realizzazione dell'impianto può essere necessario utilizzare dei pulsanti luminosi, che sono più facilmente individuabili al buio.

4.4 Impianti luce comandati da due punti, con lampade fluorescenti

4.4.1 Impianto luce comandato da due punti con lampada fluorescente a catodo caldo a bassa tensione tipo normale e una presa

Questo è il primo di tre impianti tipo che permette l'impiego di lampade fluorescenti a catodo caldo (le caratteristiche di queste lampade sono presenti nel capitolo 3); si è volutamente scelto di utilizzare come circuito di comando l'impianto visto precedentemente, che prevede il comando da due punti con due deviatori (S1 e S2), per concentrare l'attenzione sul circuito di accensione necessario per questo tipo di lampade.

Queste lampade sono costituite da un tubo di vetro riempito con vapori di mercurio a bassa pressione; la superficie interna del tubo è rivestita di fosfori.

Questi tubi vengono attraversati per tutta la lunghezza da un arco che va a sollecitare gli atomi di mercurio i quali emettono radiazioni ultraviolette non visibili; il rivestimento in fosforo, colpito da queste radiazioni, emette a sua volta radiazioni nella gamma onda visibile dall'occhio umano, dando luogo al flusso luminoso.

Per consentire l'innesco dell'arco ed il suo mantenimento, è necessario inserire nel circuito elettrico degli apparecchi ausiliari. Il circuito di alimentazione standard di una lampada fluorescente comprende il reattore e lo starter; il più diffuso tipo di starter, a luminescenza, è costituito da un'ampollina di vetro contenente neon e due lamine bimetalliche affacciate tra loro ed aperte.

Alimentando il circuito, alle lamine risulta applicata la tensione di 230 V che provoca un arco luminescente e il loro riscaldamento, con conseguente deformazione, fino a toccarsi.

La corrente può così fluire a pieno valore nei filamenti del tubo, preriscaldandoli.

Contemporaneamente, l'arco nello starter si è estinto e le lamine, raffreddandosi si riaprono.

L'interruzione della corrente che ne deriva determina nel reattore, che è una induttanza, un impulso di tensione che innesca l'arco elettrico nel tubo, favorito anche dall'elevata temperatura dei due filamenti.

La lampada è attraversata dalla normale corrente di funzionamento, limitata dal reattore, ai cui capi si verifica una caduta di tensione.

La tensione residua di funzionamento della lampada (circa 130 V) è insufficiente ad innescare un nuovo arco nello starter, che rimane inattivo con le lamine bimetalliche separate.

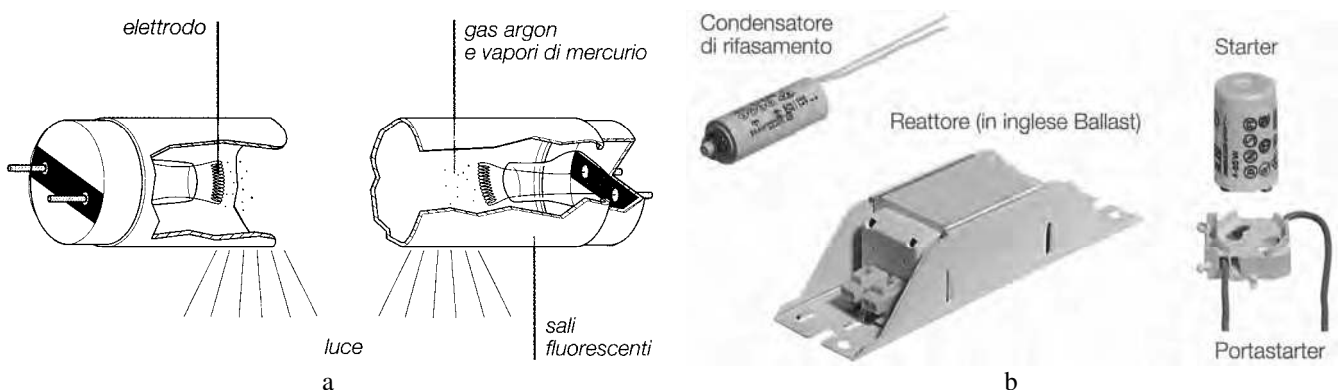


Fig. 4.15 - a) Principio di funzionamento delle lampade fluorescenti a catodo caldo - b) Componenti per l'accensione di una lampada fluorescente a catodo caldo (bticino).

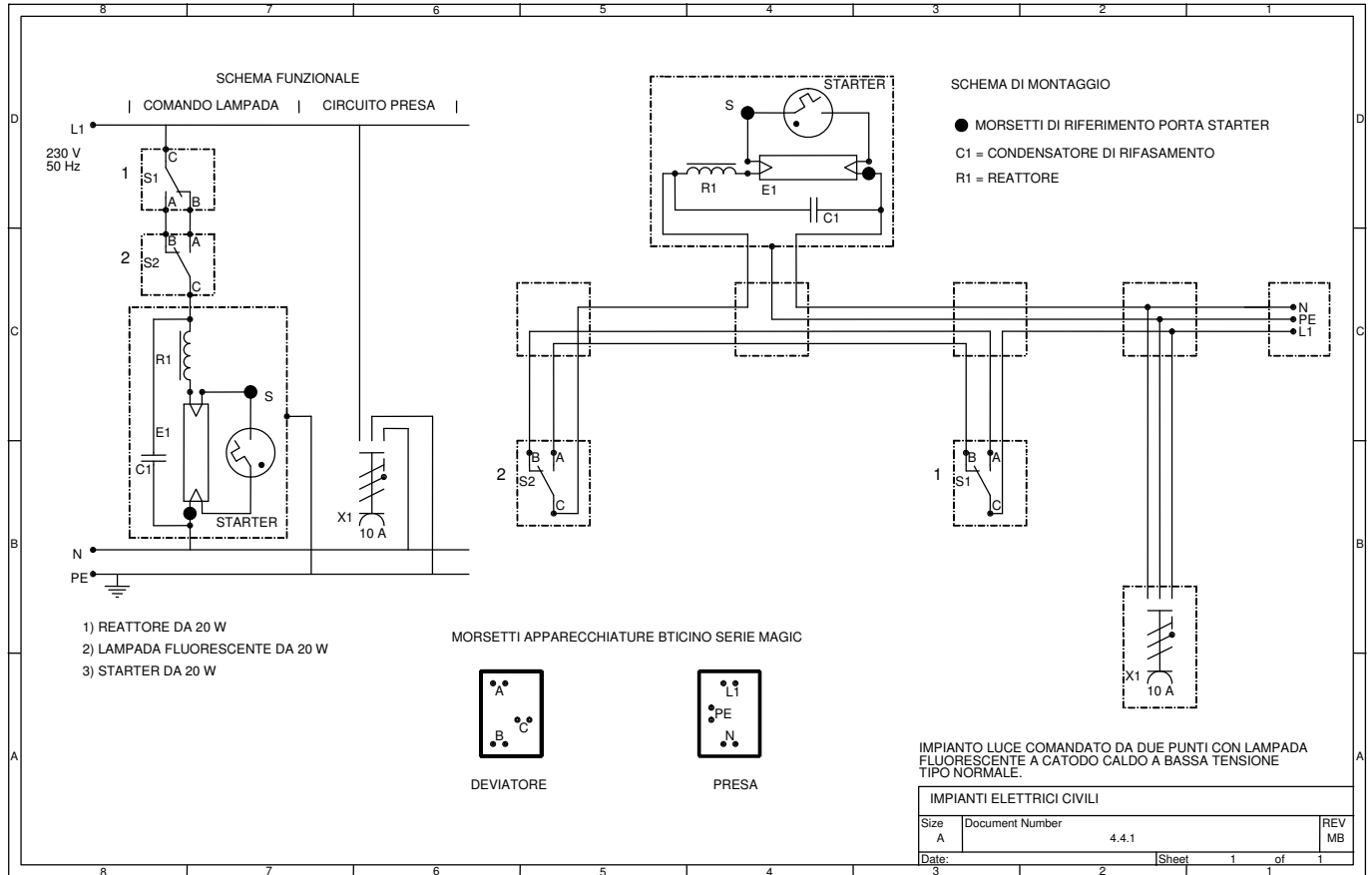
Nel circuito è inserito, in parallelo alla rete di alimentazione, anche un condensatore, denominato di rifasamento, che non ha influenza sul funzionamento della lampada, ma serve per riportare il fattore di potenza ($\cos \varphi$) a circa 0,9 dopo il sensibile abbassamento dovuto al reattore ($\cos \varphi \cong 0,2$).

In effetti, anche all'interno dello starter è presente un piccolo condensatore, posto tra le sue lamine con la funzione di soppressione dei disturbi elettrici.

Le lampade a scarica nei gas rappresentate negli schemi seguenti sono del tipo rettilineo, ma è possibile applicare gli stessi circuiti di comando anche ai modelli di forma circolare, come quelli utilizzati nei lampadari da cucina, essendo del tipo normale non hanno un'accensione istantanea.

L'impianto prevede il comando di una lampada fluorescente E1 a catodo caldo di tipo normale della potenza di 20 W con relativo reattore R1 e starter, entrambi da 20 W.

Completa l'impianto una presa da 10 A, sempre alimentata (X1).



Da quanto detto precedentemente si può concludere che tutti gli schemi di comando fino ad ora visti per le lampade ad incandescenza conservano la loro validità anche nel caso di alimentazione dei tubi fluorescenti a catodo caldo; naturalmente, la parte terminale deve comprendere anche gli accessori di funzionamento, come il reattore e lo starter.

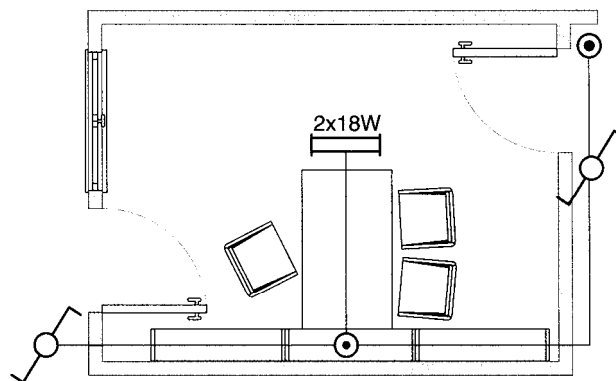


Fig. 4.16 - Esempio di applicazione: comando da due punti mediante deviatori di un apparecchio di illuminazione costituito da 2 lampade fluorescenti a catodo caldo da 18 W. Il simbolo di apparecchi con tubi fluorescenti sottintende la presenza anche degli accessori di funzionamento, come il reattore e lo starter (bticino).

4.4.2 Impianto luce comandato da due punti con lampada fluorescente a catodo caldo a bassa tensione tipo rapidstart e una presa

Per ottenere l'accensione rapida delle lampade fluorescenti vengono in genere utilizzati, oltre a sofisticati alimentatori elettronici, due sistemi che prendono il nome dal particolare tipo di reattore utilizzato: **tachistart** e **rapidstart**.

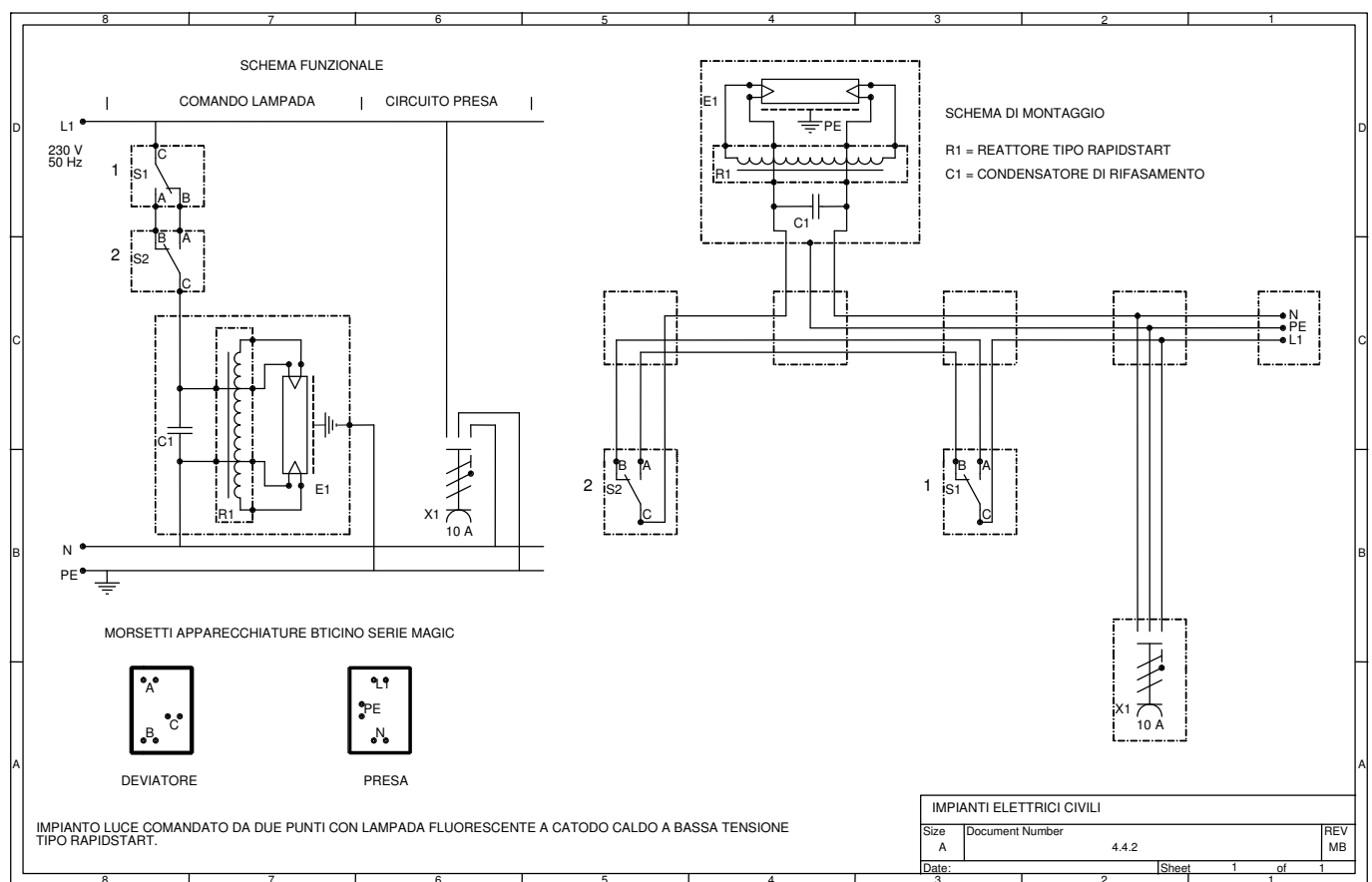
Il sistema tachistart utilizza un reattore collegato ad una lampada normale sulla quale è stata incollata, per favorire l'innesco, una strisciolina metallica disposta su tutta la lunghezza della lampada. Questo sistema permette quindi di trasformare delle lampade ad accensione non istantanea in lampade ad accensione istantanea.

Il sistema rapidstart, invece, utilizza un alimentatore praticamente identico al tipo tachistart, ma con una diversa tensione ai capi degli elettrodi, che determina l'uso di apposite lampade, chiamate anch'esse rapidstart.

Nella seconda tavola viene presentato, a titolo di esempio, il sistema di accensione rapidstart per comandare una lampada fluorescente. Il circuito di comando prevede due deviatori.

Completa l'impianto una presa da 10 A, sempre alimentata (X1).

Anche in questo caso nel circuito è inserito, in parallelo alla rete di alimentazione, un condensatore, denominato di rifasamento, che non ha influenza sul funzionamento della lampada, ma serve per riportare il fattore di potenza ($\cos \varphi$) a circa 0,9 dopo il sensibile abbassamento dovuto al reattore ($\cos \varphi \cong 0,2$).



4.4.3 Impianto luce comandato da due punti con due lampade fluorescenti in serie a catodo caldo a bassa tensione tipo normale e una presa

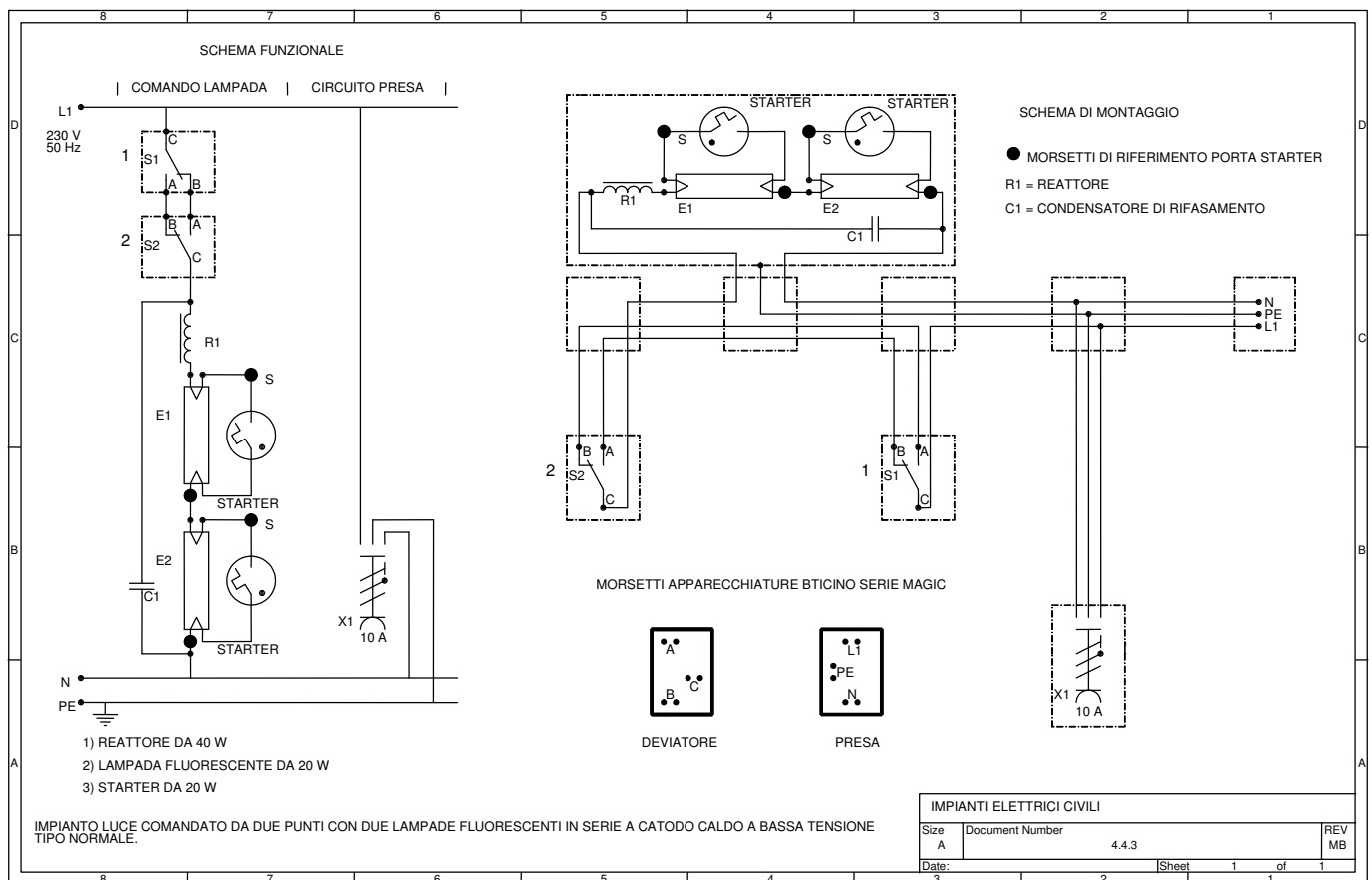
L'ultimo schema presentato prevede l'utilizzo di un reattore in grado di alimentare due lampade del tipo ad accensione non istantanea collegate fra di loro in serie ed alimentate da un unico reattore bilampada.

Invece di utilizzare due reattori (uno per lampada) è infatti possibile inserirne uno solo, facendo però attenzione che la potenza del reattore sia corrispondente alla somma delle potenze delle due lampade collegate.

Questa soluzione consente di realizzare apparecchi illuminanti bilampada semplificando i collegamenti tra le apparecchiature interne.

Anche in questo caso le due lampade sono comandate mediante due deviatori.

Completa l'impianto una presa da 10 A, sempre alimentata (X1).



4.5 Impianto luce per il comando e la regolazione elettronica dell'intensità luminosa di un gruppo di lampade ad incandescenza, da cinque punti con tre prese

Per un miglior comfort, negli impianti di illuminazione si possono installare i regolatori elettronici di luminosità (dimmer), utilizzati per regolare l'intensità luminosa di lampade ad incandescenza normali o alogene. Questi regolatori sono di tipo modulare e sono provvisti di piccole manopole o di un pulsante da dove si regola la luminosità del punto luce a cui sono collegate.

Esistono diverse apparecchiature, dal tipo che controlla la sola luminosità a quello corredato di un interruttore, a quello con deviatore incorporato fino al dimmer con memoria.

Normalmente il tipo più utilizzato è quello provvisto di interruttore incorporato per il comando e la regolazione da un solo punto.

Per il comando da più punti si può impiegare un dimmer con un deviatore incorporato che, insieme ad altri deviatori ed eventualmente ad invertitori, permette il comando di un gruppo di lampade.

In questo caso, però, la regolazione è possibile solo da un punto.

Per il comando e la regolazione da più punti è opportuno utilizzare un dimmer con memoria, il quale permette, mediante la pressione di pulsanti, contemporaneamente il comando e la regolazione dell'intensità luminosa.

È importante ricordare che il solo circuito elettronico di controllo non garantisce il cosiddetto isolamento galvanico; risulta necessario perciò inserire, se l'apparecchio ne è sprovvisto, un contatto elettromeccanico che garantisce il pieno isolamento dalla rete di distribuzione.

I dimmer, a causa del loro principio di funzionamento, generano dei disturbi di natura elettrica; sono provvisti perciò di un filtro per la soppressione dei radiodisturbi, in conformità con le direttive nazionali ed internazionali.

Lo schema proposto qui di seguito, in pratica, associa le caratteristiche di un relè interruttore a quelle di un dimmer; risulta quindi possibile comandare e regolare l'intensità luminosa di un gruppo di lampade ad incandescenza (E1, E2, E3) agendo sul pulsante posto sull'apparecchio (S0) oppure sui pulsanti posti nei vari punti di comando (S1, S2, S3, S4).

Premendo un pulsante per un breve tempo, si provoca l'accensione o lo spegnimento del gruppo di lampade, mentre tenendo premuto uno dei pulsanti per un tempo più lungo, si può effettuare la regolazione dell'intensità luminosa.

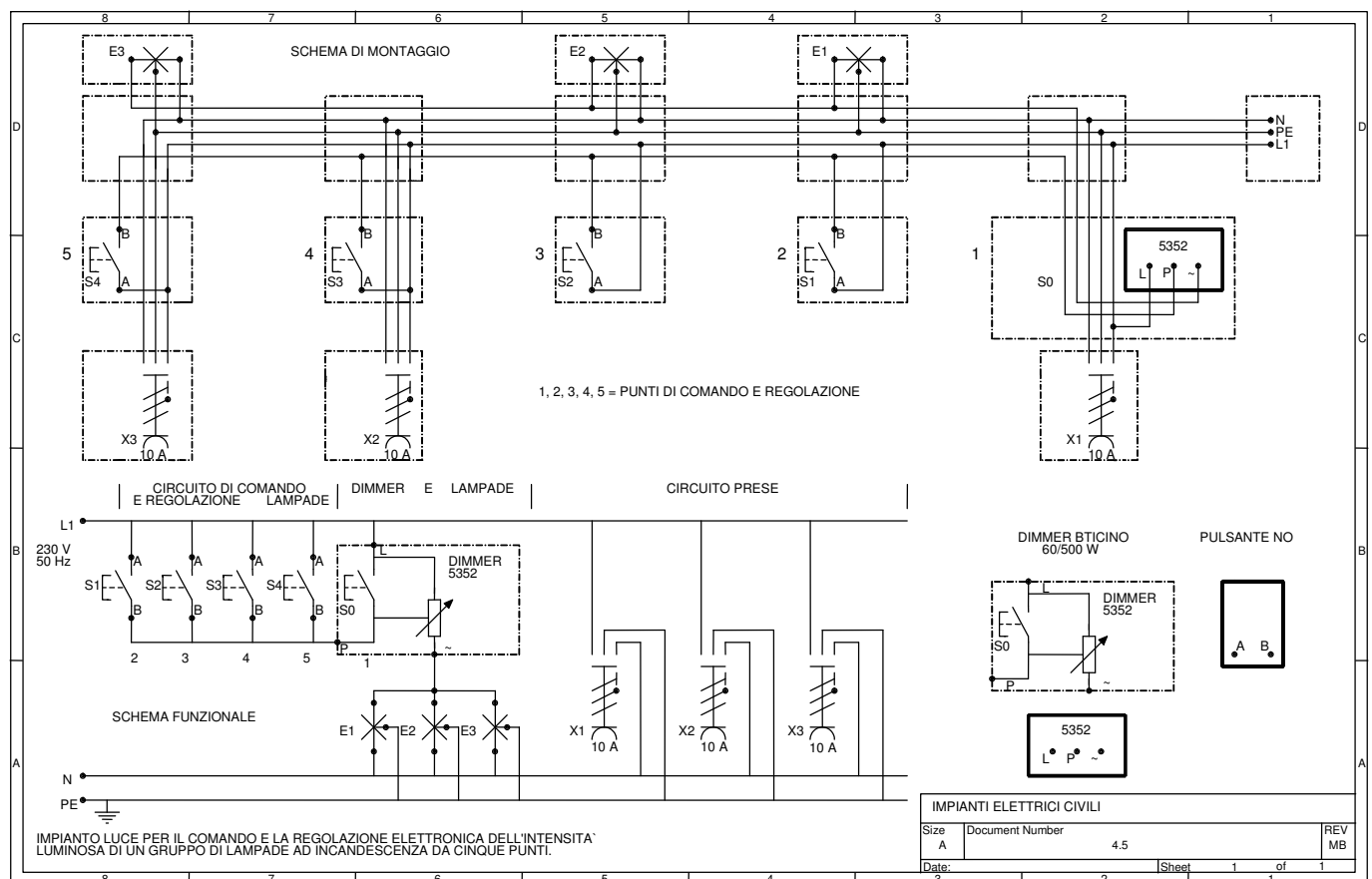
Il circuito elettronico ha inoltre la caratteristica di memorizzare il livello di luminosità raggiunto nel momento in cui le lampade vengono spente, riuscendo ad ottenere la stessa intensità luminosa quando le lampade vengono riaccese.

Queste apparecchiature sono in genere dotate di un fusibile in grado di proteggerle dai sovraccarichi e dai cortocircuiti.

Le caratteristiche tecniche sono così sintetizzabili:

- alimentazione 230 V $\pm 10\%$ 50/60 Hz;
- potenza regolabile 60÷500 W ($\cos \varphi = 1$);
- regolazione del flusso luminoso da 0 al 95%.

Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



4.6 Impianti di segnalazione

4.6.1 Impianto di segnalazione con quattro suonerie a comando singolo e due ronzatori a comando reciproco

Gli impianti di segnalazione vengono impiegati ovunque sia necessario trasmettere a distanza dei segnali acustici o luminosi per richiamare l'attenzione sulla propria presenza. Le segnalazioni possono essere di tipo acustico o visivo. Mediante suonerie, ronzatori e sirene, si possono realizzare impianti di segnalazione acustica per la richiesta di udienza, per segnalare la presenza di persone o per rilevare situazioni di allarme.

Con i quadretti luminosi, a cartellino o con gli impianti a guida di luce (per alberghi, cliniche, ecc.) si possono realizzare degli impianti per la richiesta di intervento del personale (fattorini, infermieri, ecc.).

Questi impianti sono generalmente realizzati mediante l'uso di un trasformatore che consente di alimentare le diverse apparecchiature con una bassa tensione non superiore ai 24 V AC.

La potenza in gioco è piuttosto bassa e, di conseguenza, la sezione minima dei conduttori è, rispettivamente, di 0,5 mm² se l'alimentazione è in bassa tensione, di 1,5 mm² se l'alimentazione è a tensione di rete.

Per quanto riguarda la protezione dei circuiti occorre installare, come previsto dalle norme, un interruttore automatico o dei fusibili a monte di tutto l'impianto di segnalazione.

La prima tavola, relativa agli impianti di segnalazione, presenta delle suonerie (P1, P2, P3, P4) a comando singolo, rispettivamente, con i pulsanti S1, S2, S3, S4.

Questo schema, per altro piuttosto semplice, trova svariate applicazioni come, per esempio, all'ingresso di un appartamento, in modo che una persona possa annunciare il suo arrivo.

Lo schema può essere facilmente modificato collegando dei pulsanti in parallelo per rendere così possibile il comando di una suoneria da più punti.

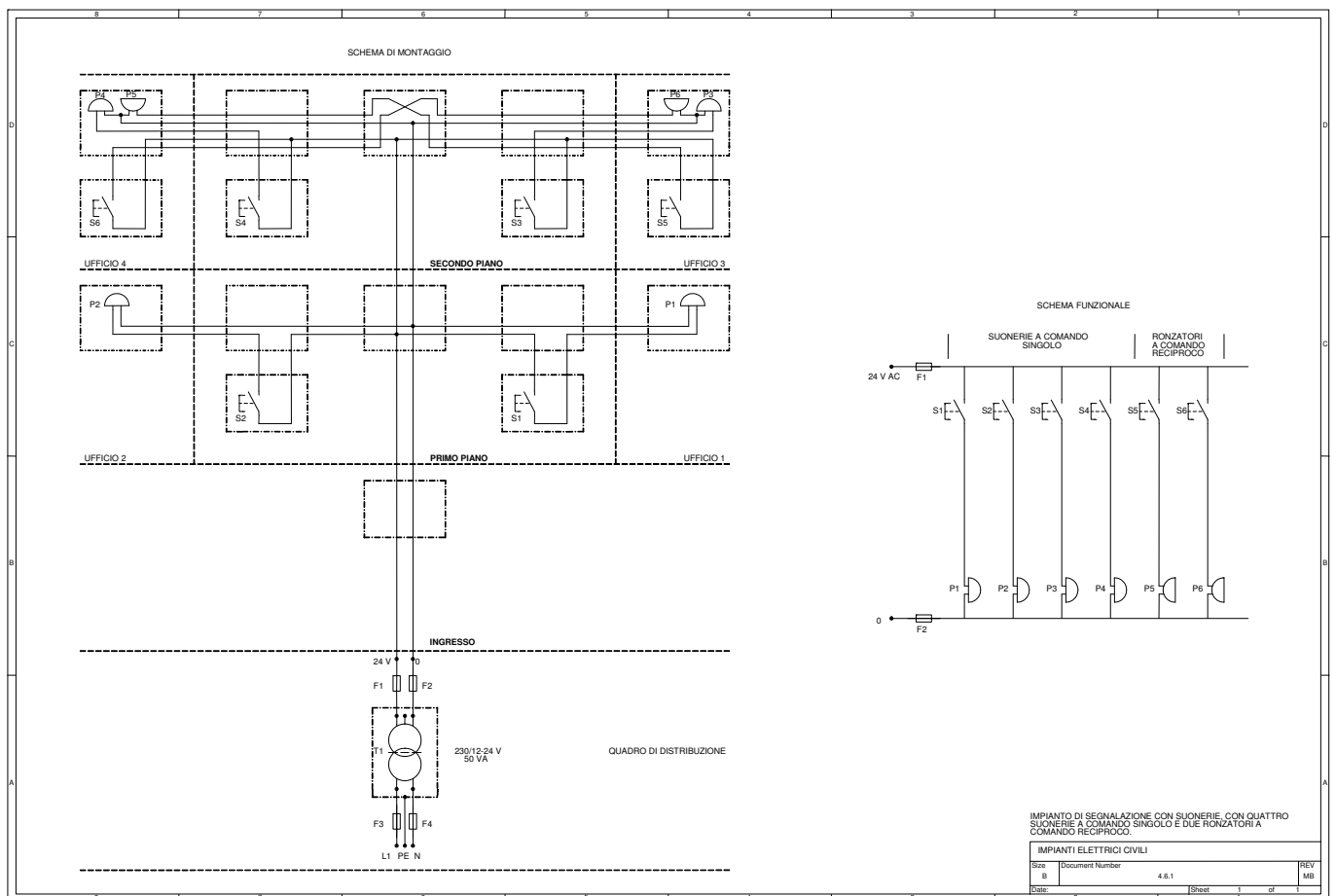
Viceversa, collegando più suonerie in parallelo, sarà possibile dislocare la segnalazione contemporaneamente in più punti con un unico comando.

La tavola presenta anche un impianto per il comando reciproco di due ronzatori utilizzato per la comunicazione acustica tra due luoghi distanti tra di loro, per esempio l'ufficio 3 (il capoufficio) con l'ufficio 4 (il suo collaboratore).

Il capoufficio chiamerà il suo collaboratore premendo S5 che attiverà il ronzatore P5; a sua volta il collaboratore premerà il pulsante S6 per rispondere con un segnale acustico (P6) a conferma della ricezione della chiamata.

Anche in questo caso molti sono gli esempi di utilizzo, dagli impianti per montacarichi ai negozi attigui all'abitazione, ecc.

Questo schema può essere considerato propedeutico agli impianti di segnalazione con apparecchi citofonici, da cui si differenzia per il basso costo.



Per la realizzazione degli impianti di segnalazione è possibile utilizzare anche i pulsanti a tirante, del tipo mostrato in fig. 4.17b; sono costruttivamente simili all'interruttore a tirante e il loro utilizzo è particolarmente consigliato nei bagni per azionare una suoneria di allarme posta all'esterno del locale.

La normativa considera questi ambienti pericolosi per la presenza di grandi quantità di acqua e impone zone di rispetto all'interno delle quali è vietata l'installazione di apparecchi di comando elettrici.

Il rispetto di questa prescrizione si ottiene installando il pulsante ad una altezza superiore ai 2,5 m e, quindi, irraggiungibile da persone che si trovano sul piatto doccia o nella vasca, zona di massima pericolosità.

Il comando dell'apparecchio lo si effettua indirettamente mediante un pomello posto al termine della fune in materiale isolante.

La fune, generalmente in nylon, può essere accorciata a piacere.

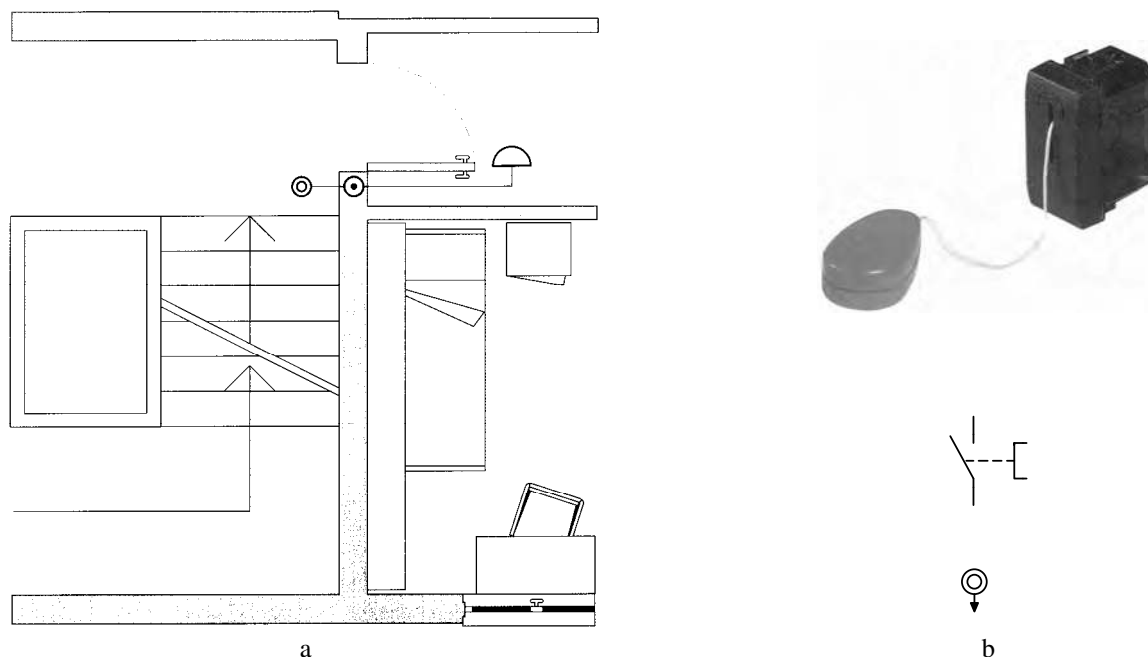


Fig. 4.17 - a) Esempio di applicazione: ingresso di appartamento con pulsante esterno per il comando di una suoneria - **b)** Pulsante a tirante e relativi simboli per schemi di funzione (NO) e per rappresentazioni topografiche (bticino).

I pulsanti normalmente chiusi (NC) o normalmente aperti (NO) subiscono trasformazioni costruttive per estenderne le funzioni; il caso più comune riguarda il normale tasto di comando manuale che può essere sostituito da un perno o da una leva.

In questo caso, l'azionamento avviene in maniera indiretta o automatica; per esempio, un'applicazione non strettamente impiantistica è l'accensione della luce interna del frigorifero o dell'automobile. In questo caso, il "pulsante" normalmente chiuso è mantenuto premuto dalla porta con lo scopo di avere la lampada accesa solo a porta aperta; questo particolare pulsante modificato viene chiamato *finecorsa* (le norme CEI chiamano questi dispositivi interruttori di posizione meccanici).

Un finecorsa normalmente aperto con un opportuno terminale di comando e posizionato in modo da essere interessato solo per un istante dal movimento di apertura di una porta può essere impiegato per realizzare un semplice impianto di segnalazione con un ronzatore o un campanello per una porta di un negozio.

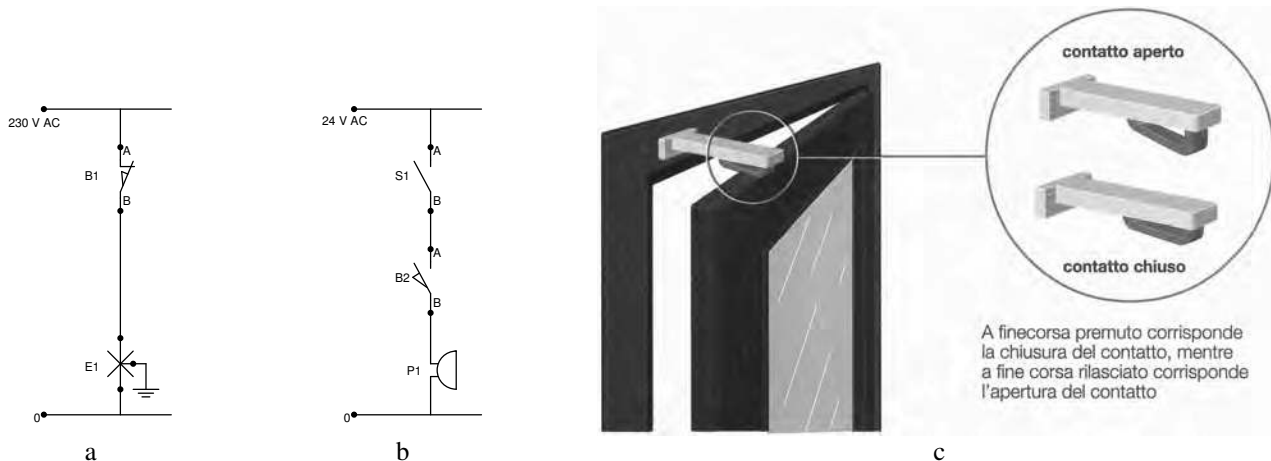


Fig. 4.18 - a) Esempio di applicazione di un finecorsa normalmente chiuso (B1) per il comando della lampada ad incandescenza (E1) di un frigorifero domestico. L'accensione della lampada avviene in modo automatico quando la porta è aperta in quanto il contatto si richiude - **b)** Esempio di applicazione di un finecorsa normalmente aperto (B2) relativo all'impianto di segnalazione per una porta di un negozio. Nel circuito è stato inserito un interruttore unipolare (S1) a comando manuale per escludere il funzionamento del circuito - **c)** Porta di un negozio con finecorsa a slitta per il comando di un ronzatore o un campanello. Il finecorsa va posizionato nella parte superiore dello stipite per intercettare il movimento della porta appena aperta. Il suono dura per i pochi istanti durante i quali il finecorsa viene mantenuto premuto dalla porta, l'arresto casuale della stessa nella posizione che lo vede azionato provoca un suono continuativo (bticino).

4.6.2 Impianto di segnalazione con due suonerie a comando singolo e due ronzatori a comando reciproco (soluzione A con diodi, soluzione B senza diodi)

Questa tavola mette a confronto due soluzioni relative a due impianti di segnalazione già visti nella tavola precedente, riguardanti delle suonerie a comando singolo e dei ronzatori a comando reciproco.

Quando un grosso appartamento o un edificio monofamiliare deve essere diviso in due abitazioni indipendenti, si presenta la necessità di sdoppiare il circuito di chiamata dal portone e dal cancello di accesso alla proprietà. L'operazione non è delle più semplici in quanto negli impianti come questi, solitamente molto estesi, anche l'aggiunta di un solo conduttore di piccola sezione diventa un problema.

Una soluzione che non richiede alcuna modifica alla linea di collegamento tra pulsanti e suonerie si basa sull'impiego di comuni diodi a semiconduttore e risulta valida quando l'alimentazione del circuito è in corrente alternata a bassa tensione, cosa che si verifica nella quasi totalità dei casi.

Si esamini il circuito di chiamata singola schematizzata nella tavola (soluzione B): lo sdoppiamento richiederebbe l'aggiunta di un conduttore sulla linea.

Il conduttore non è più necessario, invece, se si utilizza la soluzione con quattro diodi (soluzione A).

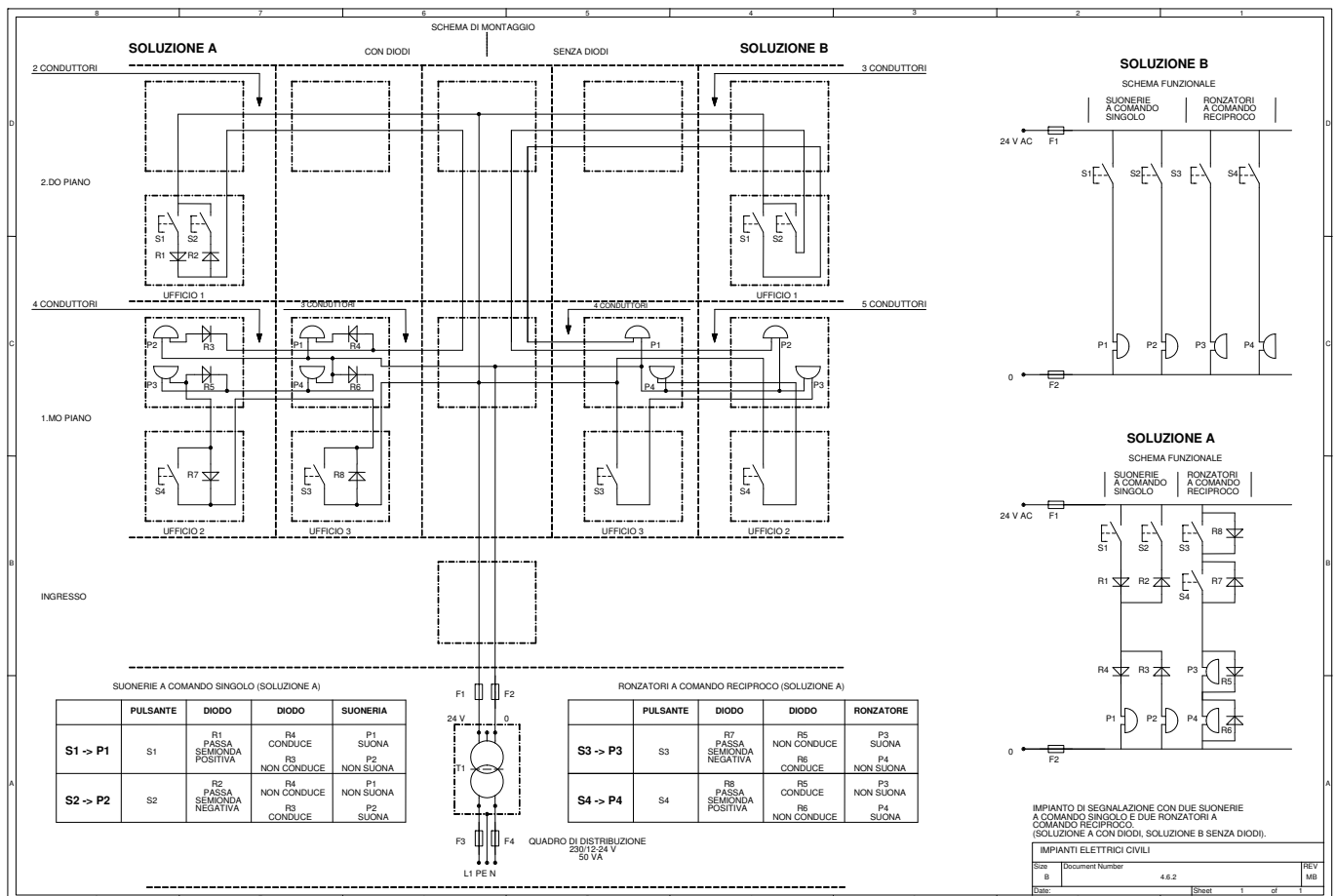
Rispettando l'orientamento dei diodi indicato nella tavola si ottiene che, premendo il pulsante S1, viene immessa nel circuito la sola semionda positiva della corrente alternata, la quale può attraversare solo il diodo della suoneria P1 che quindi si attiva, mentre la suoneria P2 rimane a riposo. Viceversa, premendo il pulsante S2, viene immessa nel circuito la semionda negativa della corrente che aziona la sola suoneria P2.

Ovviamente, le suonerie attraversate da una sola semionda della corrente emetteranno un suono leggermente diverso rispetto a quando sono alimentate normalmente (con entrambe le semionde), ma comunque sempre gradevole ed efficace. Lo stesso schema elettrico si può applicare anche al circuito di chiamata dell'impianto citofonico di un portiere elettrico di un edificio. Ciò rende possibile l'inserimento di un citofono nella nuova abitazione senza aggiungere nessun conduttore addizionale nella dorsale dell'impianto.

Il secondo schema si riferisce, come si è detto in precedenza, ad un circuito per la chiamata reciproca: è il caso, per esempio, della segnalazione dell'arresto irregolare della cabina di un ascensore.

Questo circuito, nella versione più semplice, ha un pulsante dentro la cabina e una suoneria in portineria o nel vano scale oppure in un altro locale dove è prevedibile la presenza di persone.

Per ovvi motivi, è sempre opportuno segnalare a coloro che si trovano imprigionati nella cabina che il loro segnale di allarme è stato ricevuto e che i soccorsi sono in arrivo.



Si può trasformare il circuito di semplice chiamata, di cui è dotato l'ascensore, in un circuito a chiamata reciproca, che nella sua versione convenzionale richiede un conduttore in più, come si può vedere anche nell'esempio rappresentato nella tavola dove il circuito è impiegato per mettere in comunicazione l'ufficio 2 con l'ufficio 3.

Nell'impianto per ascensore, la posa di un conduttore addizionale presenta grosse difficoltà e può essere evitata con l'impiego dei diodi a semiconduttore.

In questo caso, ciascun pulsante e ciascuna suoneria dispongono di un diodo collegato in parallelo; i diodi del primo posto (ufficio 2) sono orientati in modo contrario a quelli del secondo posto (ufficio 3).

Come si può osservare, nella condizione di riposo il circuito non è attraversato da corrente, perché i diodi dei pulsanti sono in controfase. Premendo il pulsante S3, che si suppone sia nella cabina dell'ascensore o nell'ufficio 3, il diodo che ha in parallelo viene cortocircuitato (R8) e, attraverso il diodo R7 del pulsante S4, nel circuito transita la semionda negativa della corrente.

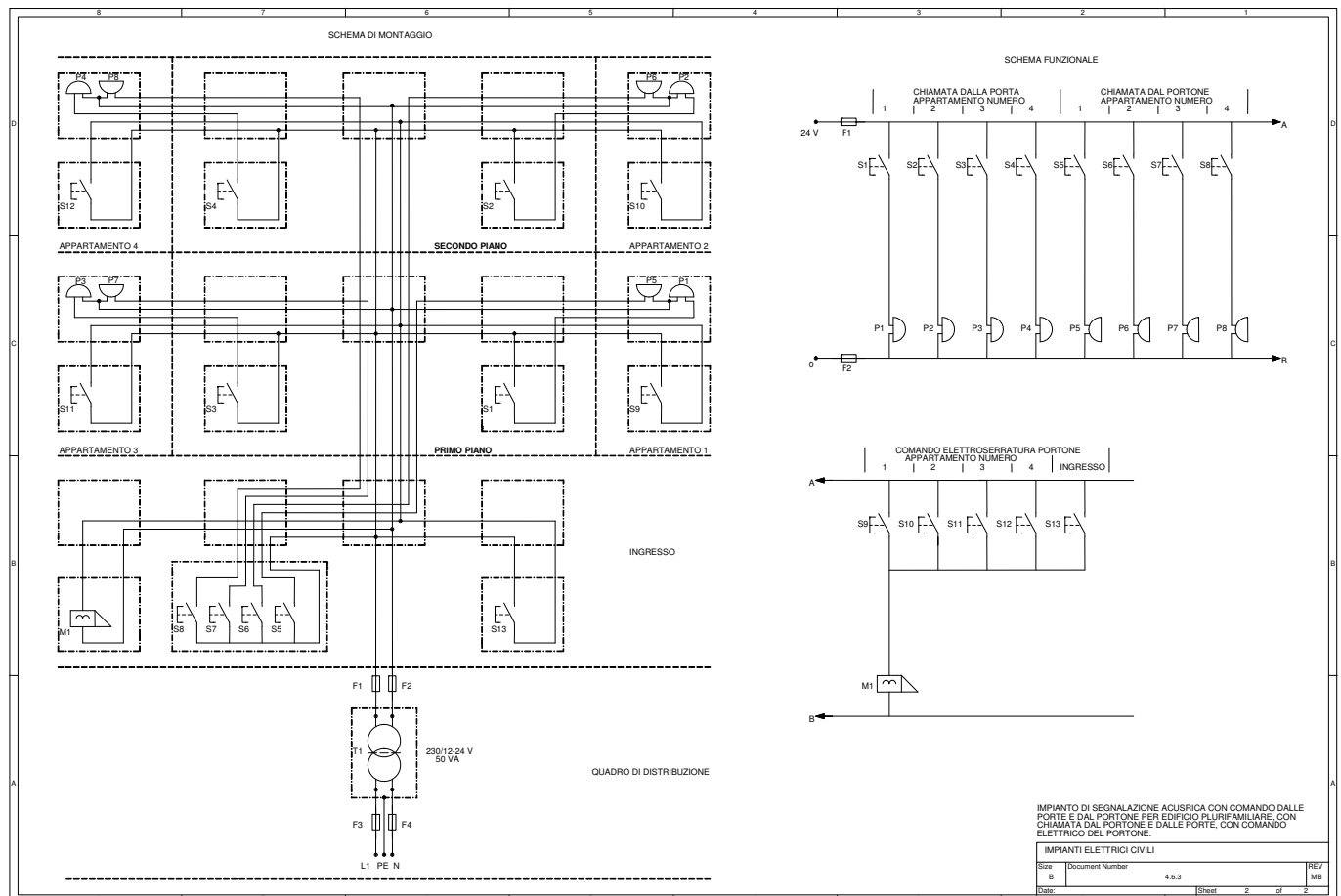
Questa viene bloccata dal diodo R5 della suoneria P3 e, quindi, deve attraversare la suoneria stessa eccitandola. La suoneria P4 rimane inattiva in quanto tutta la corrente attraverserà il diodo che la cortocircuita. Premendo invece il pulsante S4, nel circuito passa la sola semionda positiva della corrente che attraversa la suoneria P4 eccitandola, ma non la suoneria P3 che rimane a riposo.

4.6.3 Impianto di segnalazione acustica con comando dalle porte e dal portone per edificio plurifamiliare, con chiamata dal portone e dalle porte, con comando elettrico del portone

Questa tavola propone un impianto utile quando il segnale di chiamata arriva da un piccolo cancello o dal portone di ingresso e dalle porte di ingresso, come, per esempio, in un piccolo condominio, dove risulta utile poter comandare a distanza l'apertura dei due accessi sopra citati.

Per poter comandare a distanza l'apertura di un piccolo cancello o di un portone, è necessario realizzare un impianto con un'elettroserratura, come mostrato nella seguente tavola.

L'impianto proposto, per un condomino con quattro appartamenti disposti su due piani, è composto da una suoneria inserita all'interno dell'appartamento (P1, P2, P3, P4), comandata da un pulsante situato sulla porta d'ingresso di ogni appartamento (S1, S2, S3, S4), e da un ronzatore sempre inserito nell'appartamento (P5, P6, P7, P8), comandato però da un pulsante posizionato all'esterno dell'edificio in prossimità del portone di entrata (S5, S6, S7, S8).



Inoltre, l'impianto si compone di un'elettroserratura M1, posizionata sul portone d'ingresso, che può essere comandata da un pulsante posto all'interno di ogni appartamento (S9, S10, S11, S12) e da uno (S13) situato nell'atrio d'ingresso.

La caratteristica principale di questo impianto consiste nella possibilità per l'utente di ogni appartamento di comandare a distanza l'apertura del portone o del cancelletto d'ingresso dopo aver ricevuto la chiamata da un visitatore esterno all'edificio; inoltre, può semplicemente aprire la porta d'ingresso dell'appartamento se l'utente è richiamato dal suono del ronzatore (visitatore interno al condominio).

L'uso di una suoneria e di un ronzatore, o comunque più in generale di dispositivi acustici aventi un suono diverso, può essere utile in tutti quei casi in cui è necessario distinguere due tipi di segnalazione, come nel caso di una segnalazione proveniente dalla porta di ingresso e una proveniente dal bagno (chiamata di emergenza con pulsante a tirante).

4.6.4 Impianto di segnalazione con indicatori a cartellini marca LT Terraneo

In alcuni impianti la suoneria viene azionata da diversi pulsanti posti in parallelo e la segnalazione acustica è combinata con una segnalazione ottica o luminosa impiegando i relè a cartellini o luminosi.

Il relè a cartellini o luminosi serve per avvisare il punto di ricezione (portineria, locale fattorini, ecc.) del bisogno di un servizio.

Questo tipo di impianto, realizzato in scuole, ospedali, alberghi, consente infatti all'insegnante, al degente, al cliente dell'albergo di chiamare il personale di servizio, semplicemente premendo il pulsante di chiamata.

Sul centralino, posto nel locale del personale di servizio, appare un cartellino o si illumina un numero che, insieme ad un segnale acustico, indica la chiamata e il luogo da cui essa arriva.

Il personale di servizio, a questo punto, cancella la chiamata con il pulsante di cancellazione e va a rendere il servizio richiesto.

L'impianto permette la memorizzazione di più chiamate contemporaneamente.

Come si è detto precedentemente, l'impianto può essere realizzato con dei relè a cartellini, dotati di un numero diverso che viene reso visibile quando, mediante il rispettivo pulsante di chiamata, si eccita la corrispondente bobina.

Inoltre, l'apparecchio è corredato di una bobina che, se eccitata, aziona un dispositivo meccanico che fa ricadere il cartellino nella sua posizione di riposo.

Nelle tavole proposte di seguito si è preferito utilizzare dei relè a cartellini luminosi, per altro più diffusi, che prevedono comunque gli stessi collegamenti esterni dei relè a cartellini citati precedentemente.

La prima delle quattro tavole proposte prevede l'uso di indicatori a cartellini luminosi della marca LT Terraneo.

La chiamata proveniente da quattro uffici viene attivata mediante i pulsanti S1, S2, S3, S4, mentre nel quadretto segnalatore, installato nel locale adibito a portineria, è previsto un pulsante S5 di cancellazione.

Lo schema funzionale e il disegno dell'apparecchiatura pongono in risalto i collegamenti tra i quadri indicatori LT e le apparecchiature esterne (pulsanti).

L'alimentazione del quadretto deve essere applicata tra i morsetti 5 e 7, mentre i pulsanti di chiamata sono collegati ai morsetti 1, 2, 3, 4.

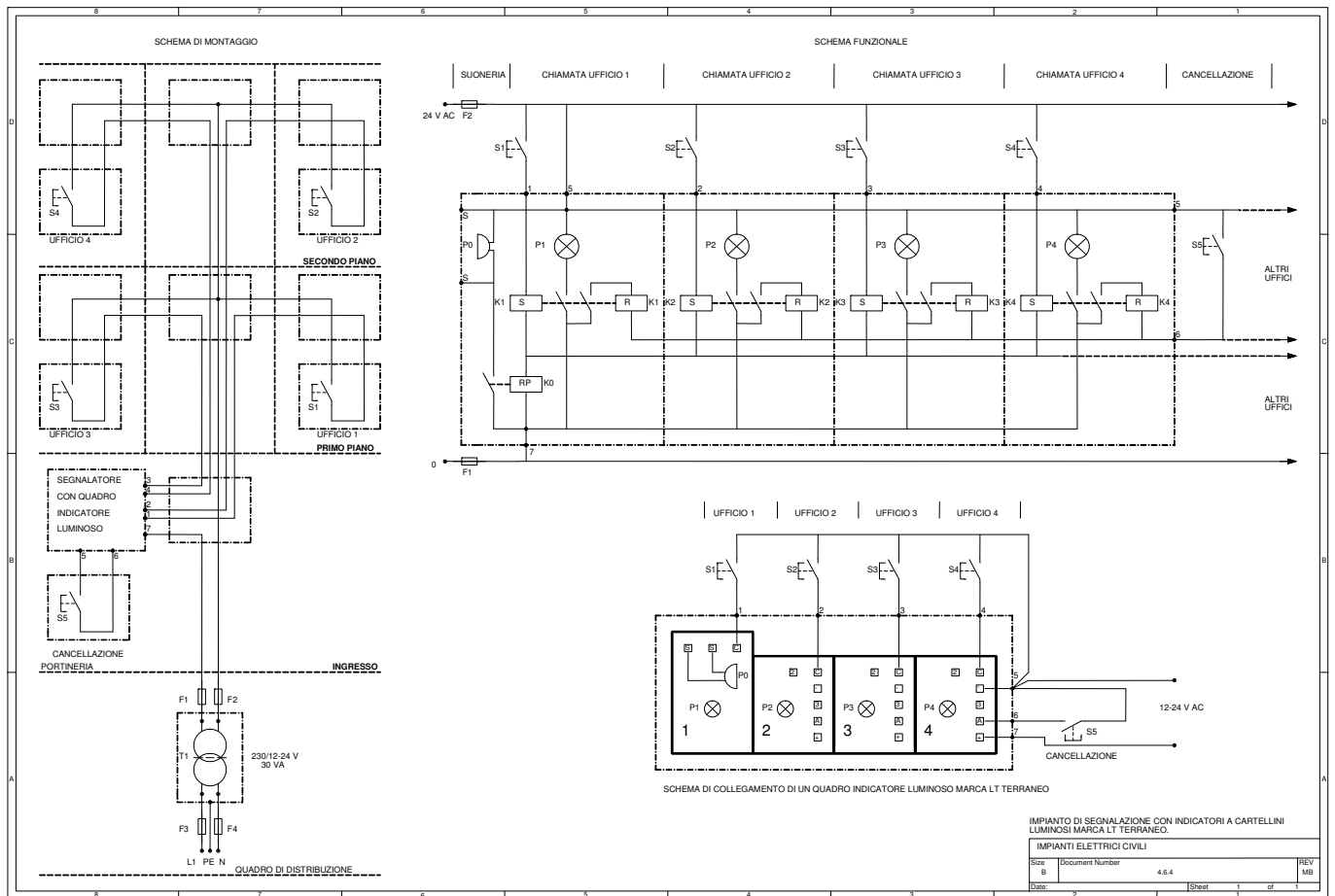
Il pulsante di cancellazione deve essere collegato ai morsetti 5 e 6 (c'è la possibilità di collegare una suoneria supplementare, oltre a quella interna P0, ai morsetti S-S).

Il funzionamento del quadretto prevede le seguenti fasi operative:

- quando si preme un pulsante di chiamata (S1), si determina l'eccitazione della corrispondente bobina di chiamata (set di K1);
- la bobina, chiudendo i suoi contatti, provoca l'accensione della lampadina (P1) rendendo visibile il numero impresso sulle finestrelle dell'apparecchiatura;
- contemporaneamente si predispose il circuito per l'eccitazione della bobina di annullamento chiamata e si determina la chiusura momentanea del contatto del cosiddetto relè serie (K0) che provoca l'azionamento del ronzatore;
- se viene premuto il pulsante di annullamento, si determina l'eccitazione della bobina di apertura (reset di K1) dei contatti e il conseguente spegnimento della lampadina.

È interessante osservare che il ronzatore P0 ed eventualmente la suoneria supplementare rimangono in funzione solamente per il periodo in cui si tiene premuto uno qualsiasi dei pulsanti di chiamata.

In questo caso, come in quelli che seguiranno, il circuito funziona a 24 V AC mediante l'uso di un trasformatore 230/24 V.



4.6.5 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con fotorelè marca bticino (nel CD-ROM allegato)

4.6.6 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con relè bistabili marca Omron (nel CD-ROM allegato)

4.6.7 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con relè bistabili marca bticino (nel CD-ROM allegato)

4.6.8 Impianto di segnalazione a chiamata unidirezionale per due uffici

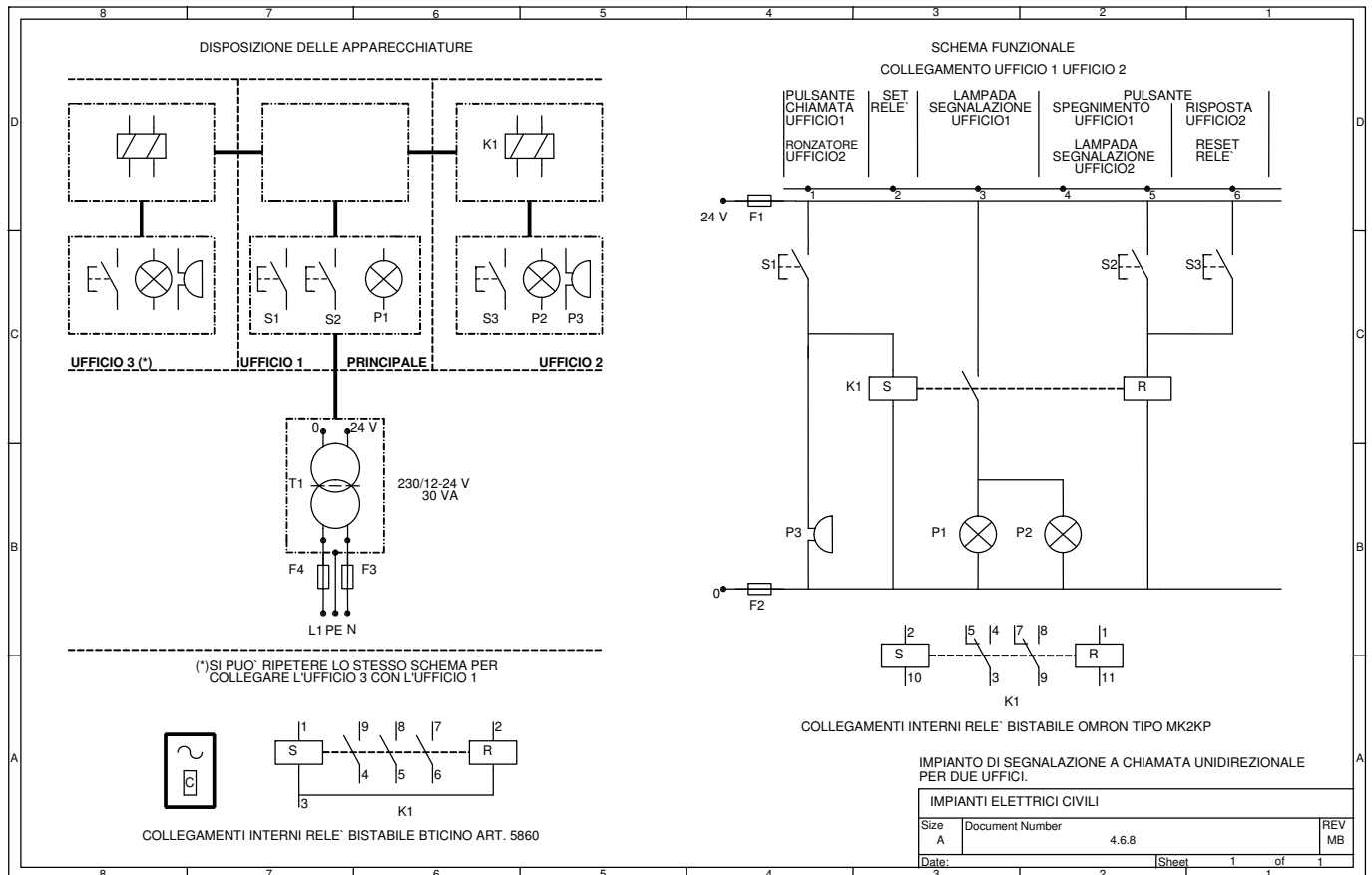
La tavola presenta un impianto di segnalazione a chiamata unidirezionale per due uffici (per esempio, dall'ufficio 1 all'ufficio 2).

L'impianto è di semplice realizzazione, come è mostrato nello schema di montaggio, e può essere ripetuto, per esempio, per collegare altri due uffici (l'ufficio 1 con l'ufficio 3).

È previsto l'uso di un relè bistabile simile a quelli visti precedentemente, dotati cioè di una bobina di set che, se alimentata, determina il movimento di apertura o di chiusura dei contatti e di una bobina di reset che riporta tali contatti nella posizione di riposo.

Il funzionamento dell'impianto può essere così sintetizzato: premendo il pulsante S1 nell'ufficio 1, si attiva la suoneria P3 posta nell'ufficio 2, richiamando l'attenzione di chi vi opera; contemporaneamente, viene eccitato il relè bistabile K1 il quale, chiudendo il suo contatto, alimenta le lampade di segnalazione P1 e P2 poste, rispettivamente, nell'ufficio 1 e 2, segnalando così la chiamata. L'operatore dell'ufficio 2 può confermare di aver ricevuto la chiamata premendo il pulsante S3 di reset del relè K1.

In caso di mancata risposta, per esempio per l'assenza dell'operatore dell'ufficio 2, è possibile premere il pulsante S2 posto nell'ufficio 1 per disattivare le lampade di segnalazione.



4.6.9 Impianto di segnalazione a chiamata bidirezionale per due uffici

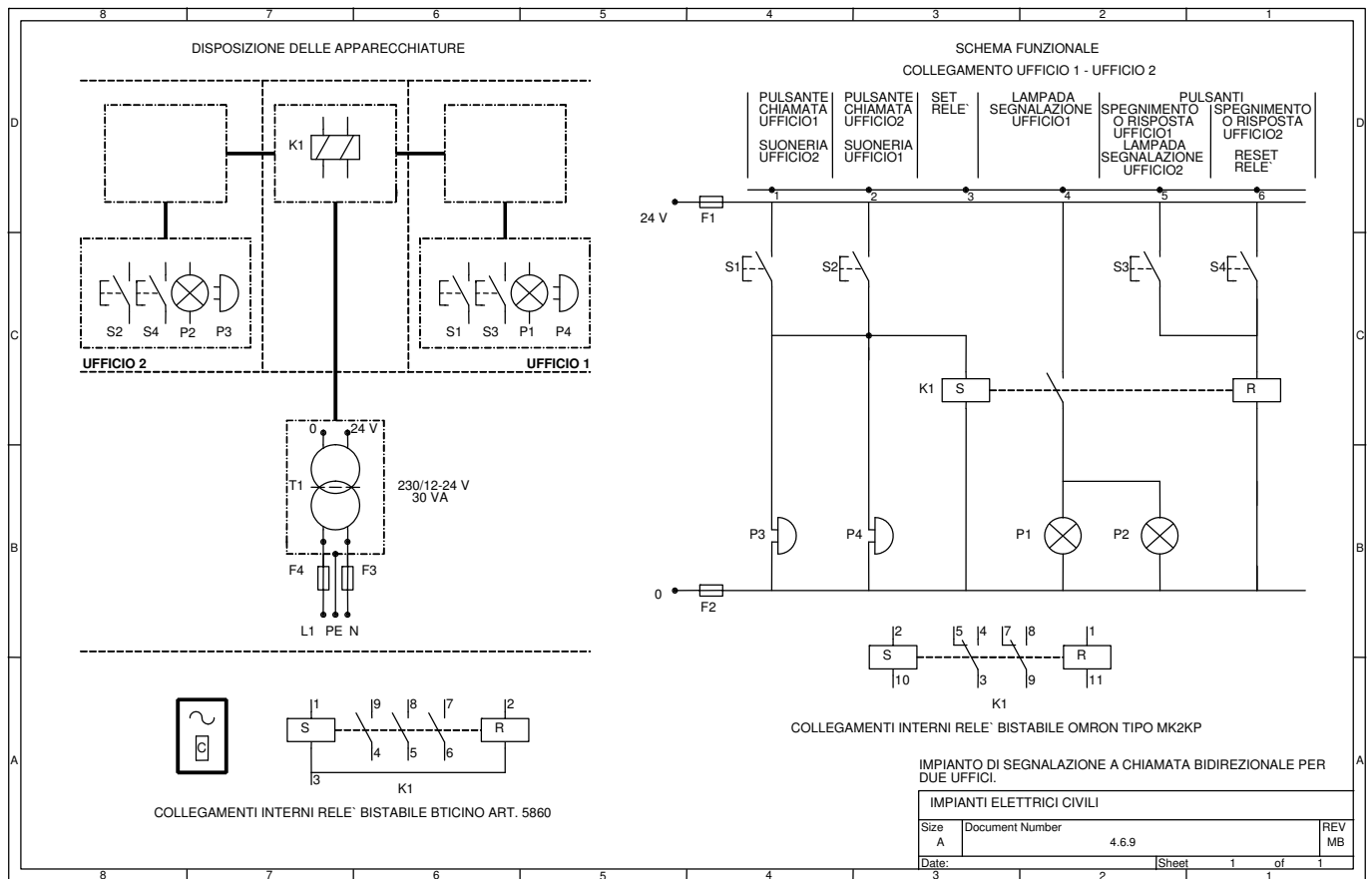
L'impianto che segue consente la chiamata bidirezionale per due uffici (per esempio, dall'ufficio 1 all'ufficio 2 e viceversa).

Anche in questo caso l'impianto è basato sull'uso di un relè bistabile K1, il quale è in grado di memorizzare la chiamata fatta da uno dei due uffici.

Il funzionamento dell'impianto prevede infatti due pulsanti di chiamata S1 e S2 posti, rispettivamente, nell'ufficio 1 e nell'ufficio 2 e due pulsanti di risposta in grado di resettare il relè bistabile K1.

Durante la fase di chiamata da uno qualsiasi dei due uffici, vengono attivate le due suonerie P3 e P4 poste nei due uffici per richiamare l'attenzione dei presenti nel locale e rimangono attive fintanto che viene tenuto premuto uno dei due pulsanti S1 e S2, mentre le due lampade di segnalazione P1 e P2 si accendono e rimangono accese memorizzando così la chiamata.

L'operatore a questo punto risponde premendo il proprio pulsante di spegnimento/risposta S3 o S4.



4.6.10 Impianto di segnalazione occupato con relè bistabili o relè ad immobilizzazione di posizione (relè interruttore)

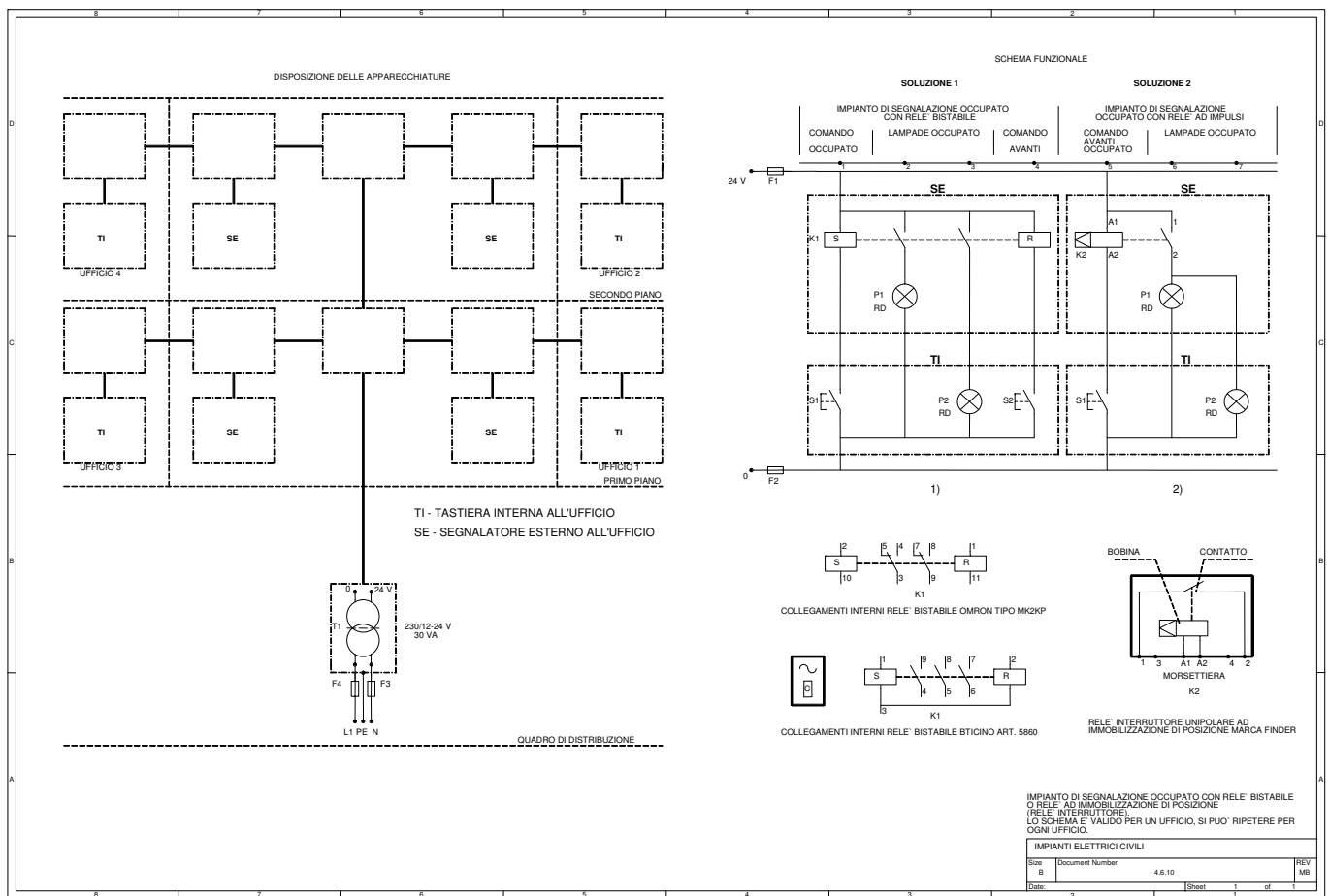
La seguente tavola mostra come un impianto di segnalazione occupato possa essere realizzato utilizzando un relè bistabile (1) oppure un relè interruttore ad immobilizzazione di posizione (2) in grado di far accendere alternativamente le due lampade P1 e P2.

Questo tipo di impianto può essere utilizzato, per esempio, per segnalare ad un cliente che il personale addetto di un determinato ufficio, ambulatorio, ecc., è occupato.

L'impianto prevede nel caso del relè bistabile l'uso di due pulsanti S1 e S2 posti nella tastiera interna, in grado rispettivamente di chiudere ed aprire i contatti del relè K1; qualora si prema S1 infatti si eccita la bobina di set di K1 che chiude i suoi contatti determinando l'accensione delle lampade di segnalazione rosse P1 e P2 poste nella tastiera interna all'ufficio (TI) e nel segnalatore esterno all'ufficio (SE).

Ad analogo risultato si arriva utilizzando la soluzione che prevede un relè interruttore.

In questo caso, però, è sufficiente utilizzare un solo pulsante S1, posto nella tastiera interna TI, che permette, se premuto, l'apertura e la chiusura del contatto di K2, il quale alimenterà le due lampade di segnalazione rosse P1 e P2, poste rispettivamente nel segnalatore esterno SE e nella tastiera interna TI.



4.6.11 Impianto di segnalazione per richiesta di udienza con interruttori

Una versione più completa dell'impianto visto precedentemente è l'impianto di segnalazione per richiesta di udienza utilizzato per annunciarsi e chiedere appunto udienza da parte di un cliente presso un ufficio, un ambulatorio, ecc.

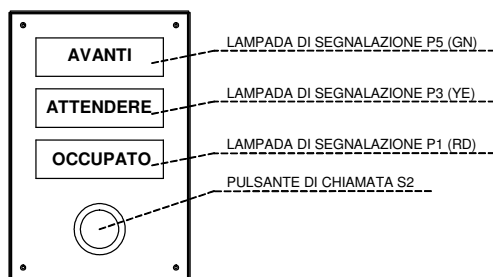


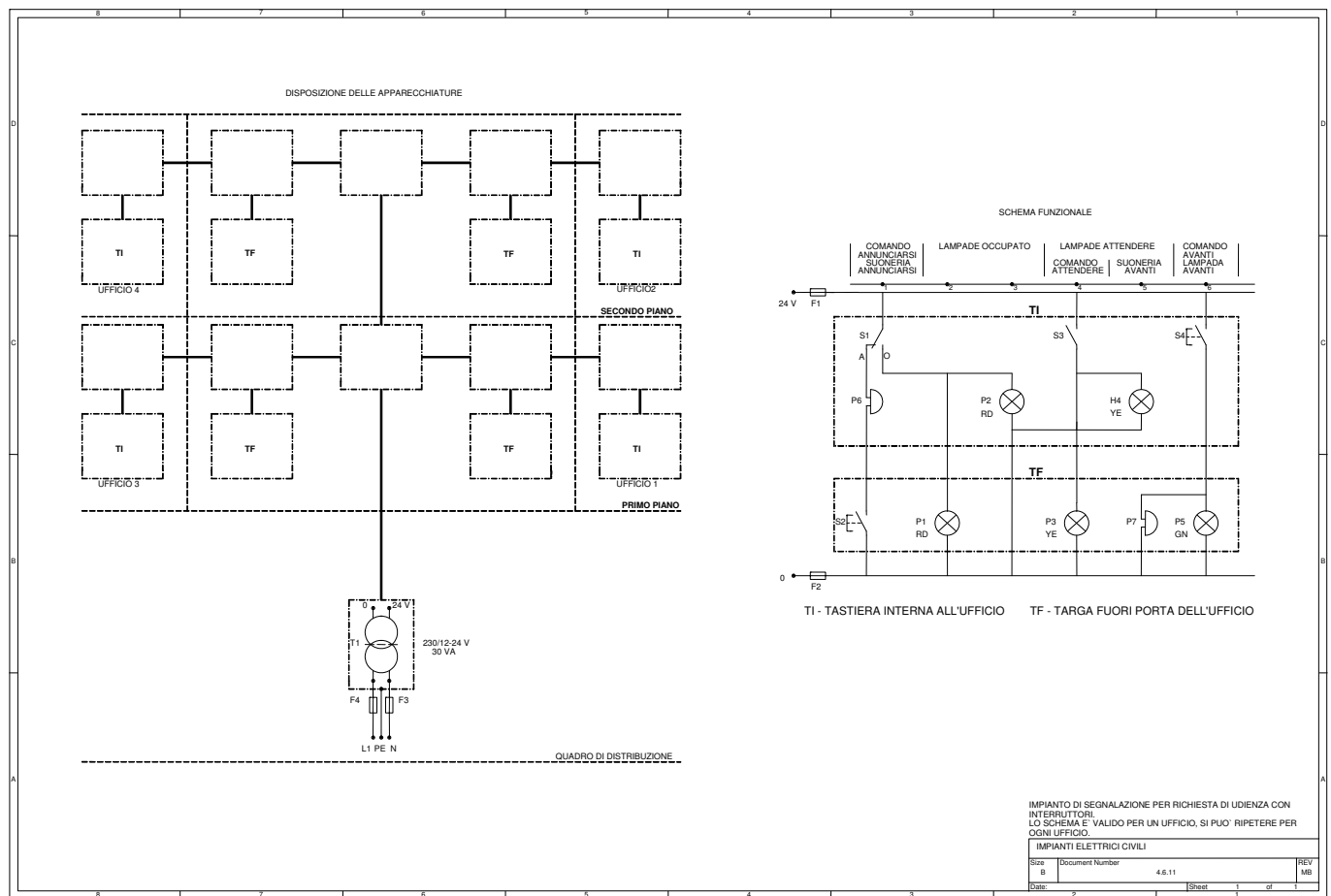
Fig. 4.19 - Esempio di targa fuori dalla porta.

L'impianto prevede l'utilizzo di una tastiera interna (TI) e di una targa fuori dalla porta (TF) del locale dove si intende usare questo tipo di segnalazione. Nel caso, per esempio, di un ufficio, il cliente ha a disposizione un pulsante S2 installato nella targa fuori dalla porta.

Premendo questo pulsante è possibile, se il deviatore S1 è posto con il contatto nella posizione A, azionare una suoneria P6 collocata nella tastiera interna. Se, invece, il deviatore è posto nella posizione O, viene disattivata la suoneria e vengono attivate le due lampade di segnalazione rosse P1 e P2 di occupato, poste rispettivamente nella targa fuori dalla porta e nella tastiera interna che illuminano la scritta "OCCUPATO".

Qualora si voglia far attendere per breve tempo il cliente, è possibile mediante l'interruttore S3, posto nella tastiera interna, far accendere le lampade gialle P3 e P4 in grado di illuminare la scritta "ATTENDERE".

Un pulsante S4 posto nella tastiera interna consente a chi sta nell'ufficio di attivare una segnalazione acustico-luminosa, che consiste in una suoneria P7 e una lampada di segnalazione verde P5 che illumina la scritta "AVANTI"; in questo modo si richiama l'attenzione del cliente e lo si invita ad entrare nell'ufficio.



Viene riportato successivamente un impianto di richiesta di udienza per ufficio, simile a quello precedentemente descritto e prodotto dalla ditta bticino, costituito da un minicentralino di segnalazione fuori porta (fig. 4.20b) con il quale il visitatore si annuncia e da una pulsantiera da tavolo (fig. 4.20a).

Nella fig. 4.20c viene riportato lo schema elettrico che ha il seguente funzionamento.

Il visitatore preme il pulsante (4) che aziona il ronzatore (4A) sulla pulsantiera.

Il dirigente può rispondere in tre modi: con l'interruttore (1) illumina per un tempo indeterminato la scritta **OCUPATO** (1B) sul centralino ed ha conferma sulla pulsantiera tramite la lampada (1A), oppure con la stessa procedura per la scritta **ATTENDA** (3), (3B) e (3A); infine, con il pulsante (2) accende momentaneamente la scritta **AVANTI** (2B) accompagnata dal richiamo del ronzatore (2C) e dalla conferma luminosa (2A).

La lampada (5A), comandabile da un interruttore esterno, illumina la targhetta portanome sul centralino.

Tutto il circuito è alimentato in bassissima tensione di sicurezza (SELV) tramite un idoneo trasformatore; le lampadine impiegate sono del tipo a siluro con attacco S6x38 (diametro x lunghezza in millimetri). Esistono a catalogo due versioni di richiesta per udienze a 12 o 24 V AC.

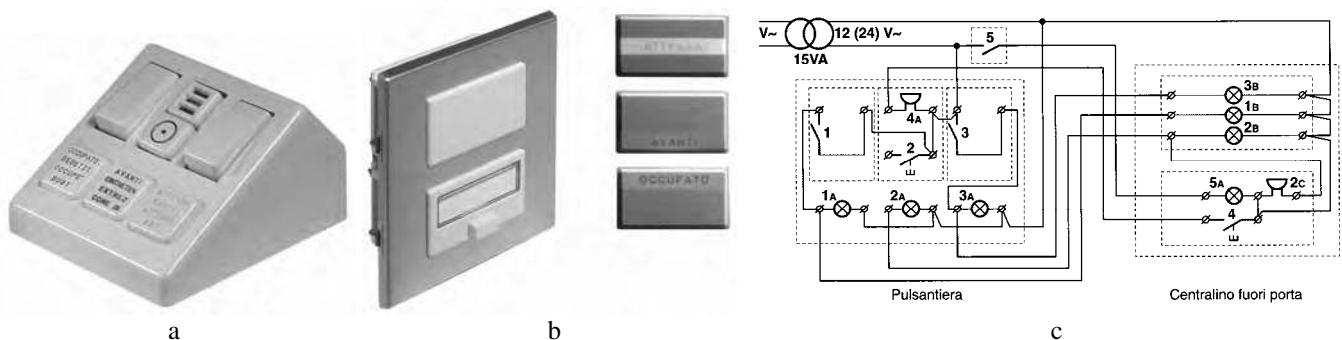


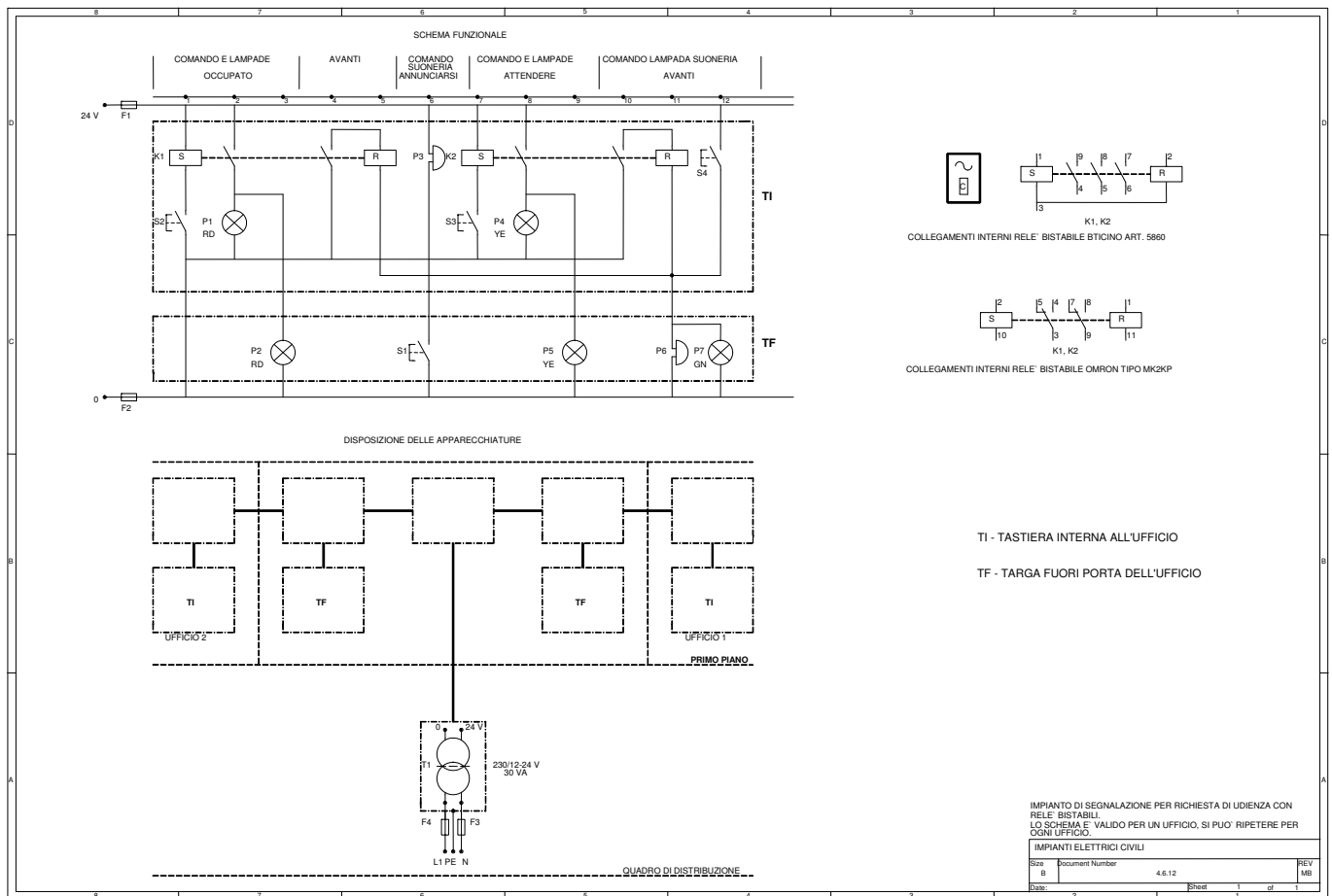
Fig. 4.20 - a) Pulsantiera interna da tavolo per richiesta udienza - b) Centralino fuori porta per richiesta di udienza - c) Schema di collegamento (bticino).

4.6.12 Impianto di segnalazione per richiesta di udienza con relè bistabili

L'impianto per richiesta di udienza presentato nella seguente tavola svolge le medesime funzioni viste per l'impianto precedente, ma il funzionamento è basato sull'utilizzo di due relè bistabili.

Anche in questo caso troviamo una tastiera interna, per esempio, ad un ufficio (TI) e una targa posta vicino alla porta di ingresso dell'ufficio (TF). La persona che desidera entrare nell'ufficio deve premere per annunciarsi il pulsante S1, che attiverà la suoneria interna all'ufficio P3. Chi è presente nell'ufficio può a questo punto, premendo il pulsante S2, segnalare di essere occupato, infatti viene eccitata la bobina di set del relè bistabile K1, il quale con un suo contatto alimenta le lampade di segnalazione rosse P1 e P2 poste, rispettivamente, nella tastiera interna e nella targa fuori porta dell'ufficio (la lampada P2 illumina la scritta rossa "OCCUPATO").

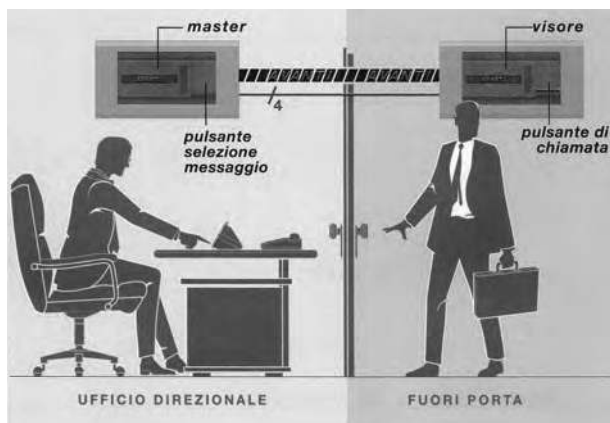
Qualora si voglia far attendere per breve tempo il cliente è possibile, mediante il pulsante S3 posto nella tastiera interna all'ufficio, eccitare la bobina di set del relè bistabile K2 il quale, con un suo contatto, comanda l'accensione di due lampade di segnalazione gialle P4 e P5 in grado di illuminare la scritta "ATTENDERE" sulla targa fuori porta dell'ufficio. Infine, con il pulsante S4, posto nella tastiera interna, è possibile resettare i due relè bistabili per spegnere le segnalazioni di "OCCUPATO" e/o "ATTENDERE" e, contemporaneamente, consentire a chi sta nell'ufficio di attivare una segnalazione acustico-luminosa, posta nella targa fuori porta e composta da una suoneria P6 e da una lampada di segnalazione verde P7 che illumina la scritta "AVANTI", che richiama l'attenzione del cliente e lo invita ad entrare nell'ufficio.



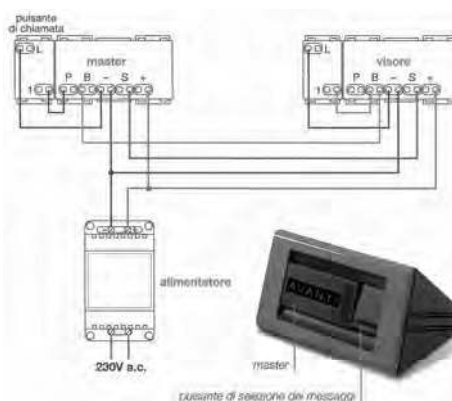
La richiesta di udienza può essere realizzata anche con le moderne tecniche elettroniche mediante apposite apparecchiature tipo quelle mostrate di seguito, nelle quali le scritte appaiono su un visore in forma alfanumerica.

L'apparecchio principale, denominato master (contenuto in un apposito porta apparecchi da tavolo) costituisce il cuore del sistema e va posizionato sulla scrivania; con esso si possono programmare e memorizzare i messaggi che poi verranno inviati al visore fuori porta, selezionandoli con il pulsante di selezione installato a fianco del master stesso. La programmazione si effettua con un accessorio che viene fornito a corredo del master seguendo le relative istruzioni. Completa il sistema un alimentatore che trasforma la tensione di rete da 230 V AC in quella di funzionamento a 9 V DC, convertendo così la corrente alternata in corrente continua. I dispositivi elettronici sono sempre più presenti nell'impiantistica moderna e necessitano di una tecnica di installazione differente dagli schemi tradizionali.

In particolare va rilevato che, in questo caso, non si conosce e non ci si preoccupa del funzionamento elettronico delle apparecchiature, ma ci si limita alle connessioni e alle programmazioni come da istruzioni del produttore.



a



Nello schema di collegamento sono inseriti nel circuito il pulsante esterno di chiamata e quello interno di selezione dei messaggi memorizzati nel master.

Occorre prestare la massima attenzione nella realizzazione del cablaggio perché eventuali errori non solo provocherebbero il mancato funzionamento del sistema, ma potrebbero anche danneggiare qualche apparecchio. In questi casi l'installatore non è in grado di riparare il dispositivo e deve necessariamente rivolgersi al costruttore.

b

Fig. 4.21 - a) Principio di funzionamento di una richiesta di udienza per ufficio di tipo elettronica ed esempi di scritte memorizzabili - b) Schema di collegamento fra i tre componenti del sistema di richiesta di udienza elettronica: alimentatore, master e visore. Da notare che pur consentendo di gestire un maggiore numero di messaggi il cablaggio risulta molto più semplice rispetto alle richieste di udienza tradizionali (bticino).

4.6.13 Impianto di segnalazione per chiamata fattorini con segnalazione fuori porta e lampade direzionali (nel CD-ROM allegato)

4.6.14 Impianto di segnalazione ad un servizio per un albergo a tre piani con segnalazione fuori porta, lampade direzionali, lampade di piano e concentrazione del servizio (nel CD-ROM allegato)

4.6.15 Impianto a chiamata acustico-luminosa per due corsie di una clinica, con possibilità di svolgimento del servizio a più infermiere e concentrazione del servizio (nel CD-ROM allegato)

4.7 Esempio di schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo

Negli alberghi è possibile trovare la tasca portabadge, che viene usata per dare il consenso all'accensione delle luci ed eventuali altri utilizzatori, solo in presenza dell'ospite in camera.

È dotato di una sede sporgente nella quale va inserito il badge/portachiavi usato per l'apertura della porta; il badge inserito determina e mantiene la chiusura di un contatto interno con il quale è possibile abilitare, tramite un relè monostabile, l'accensione delle luci in camera e nell'annesso bagno. Per facilitarne l'individuazione notturna, la tasca è equipaggiata con una lampada di localizzazione a scarica sempre accesa.

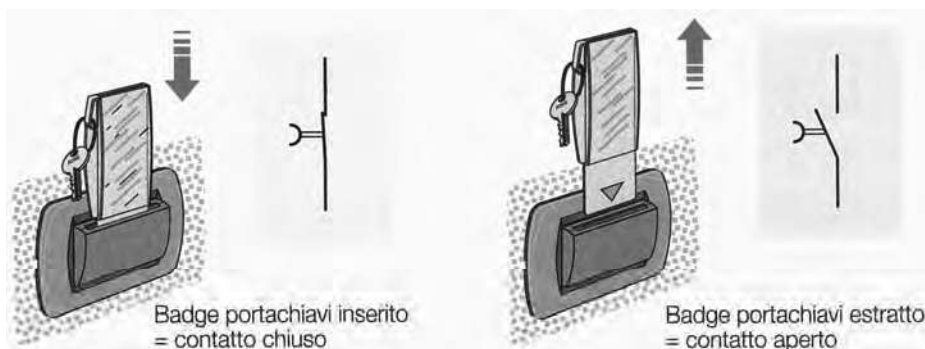


Fig. 4.22 - Principio di funzionamento di una tasca portabadge (bticino).

Di seguito viene riportato lo schema elettrico di una piccola camera ad un posto in un albergo. Lo schema può essere arricchito da ulteriori automatismi e circuiti elettronici; ovviamente il circuito finale risulta più complesso.

Secondo quanto suggerito dal costruttore, lo schema è suddiviso in colonne, ciascuna delle quali ha un numero di riferimento. Nella legenda, riportata nella fig. 4.24, è chiarita la funzione attribuita a ciascun dispositivo.

Nello schema topografico non sono rappresentati i collegamenti in quanto ritenuti superflui e in numero tale da creare confusione grafica. Ci si è limitati a dare la posizione fisica dei vari elementi, facendo sempre riferimento ai numeri riportati nella legenda.

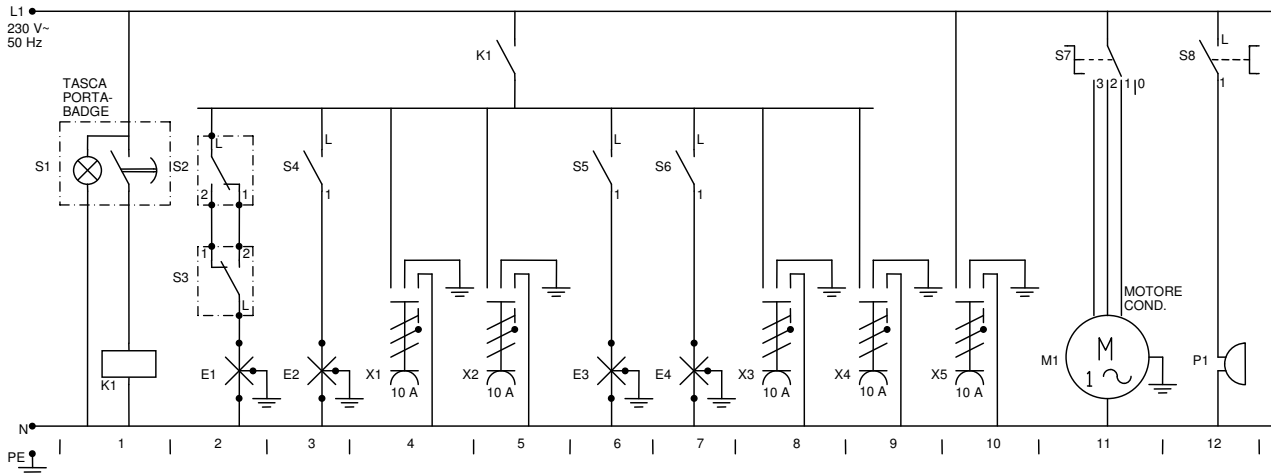
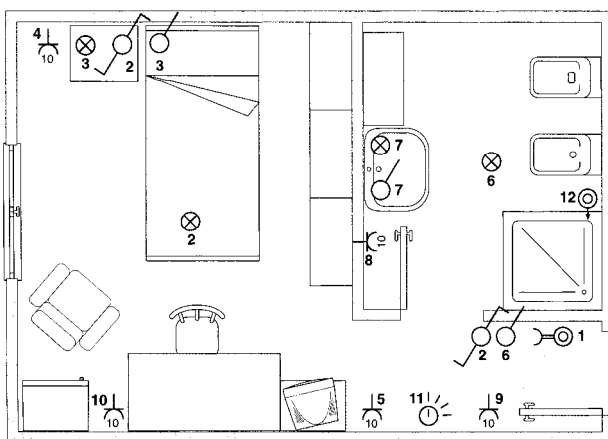


Fig. 4.23 - Schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo. La funzione attribuita a ciascun dispositivo è descritta nella legenda riportata nella fig. 4.24.



Legenda.

- 1) Tasca portabadge.
- 2) Lampada principale in camera con accensione alla porta ed al letto mediante due deviatori.
- 3) Lampada testaletto (funzione di abatjour).
- 4) Presa 2P+PE da 10 A in camera prossima al letto.
- 5) Presa 2P+PE da 10 A in camera per televisione.
- 6) Lampada principale in bagno.
- 7) Lampada su specchiera in bagno.
- 8) Presa in prossimità di specchiera in bagno.
- 9) Presa 2P+PE da 10 A in camera all'ingresso per servizi (aspirapolvere, ecc.).
- 10) Presa 2P+PE da 10 A per frigoriferi (sempre alimentata).
- 11) Commutatore rotativo per il comando del ventilatore del condizionatore (sempre alimentato).
- 12) Pulsante a tirante per comando ronzatore allarme in bagno (sempre alimentato).

Fig. 4.24 - Schema topografico e relativa legenda (bticino).

La camera d'albergo mostrata in fig. 4.24, ma anche una più comune stanza di una abitazione civile, può essere arricchita, come si è detto precedentemente da altri automatismi. Di seguito ne vengono presentati alcuni: comando di una tapparella motorizzata, di un aspiratore/soffiatore e, infine, di un ventilatore a più velocità.

Utilizzando, per esempio, dei finecorsa di tipo NC e un pulsante doppio interbloccato, è possibile motorizzare una tapparella. In particolare, mentre i pulsanti consentono all'utente di comandare l'apertura e la chiusura, i finecorsa hanno lo scopo di fermare automaticamente la serranda nelle posizioni estreme di tutto sollevata o completamente abbassata, anche se l'operatore continua a mantenere premuto il pulsante di movimento.

Con il terminale pulsante doppio si intende un unico apparecchio che comprende 2 pulsanti separati sia elettricamente sia meccanicamente e che, di conseguenza, sul frontale ha due tasti di comando.

Trova applicazione nei circuiti di segnalazione od applicazioni similari, non dimenticando che in un solo modulo sono racchiuse le funzioni di due pulsanti distinti. È disponibile anche una versione con interblocco meccanico, cioè è possibile premere un solo tasto alla volta. Sui tasti sono serigrafate due frecce (una verso l'alto, l'altra verso il basso) perché il suo impiego tipico è appunto il comando di tapparelle motorizzate.

I motori delle tapparelle hanno tre morsetti di collegamento: uno, cosiddetto "comune", da lasciare sempre collegato alla rete e altri due, rispettivamente per la salita e la discesa, da connettere alternativamente per ottenere il movimento desiderato. Il motore e, quindi, la serranda, si muove fintanto che viene premuto il pulsante; saranno i finecorsa ad arrestare automaticamente il motore a tapparella completamente abbassata o alzata.

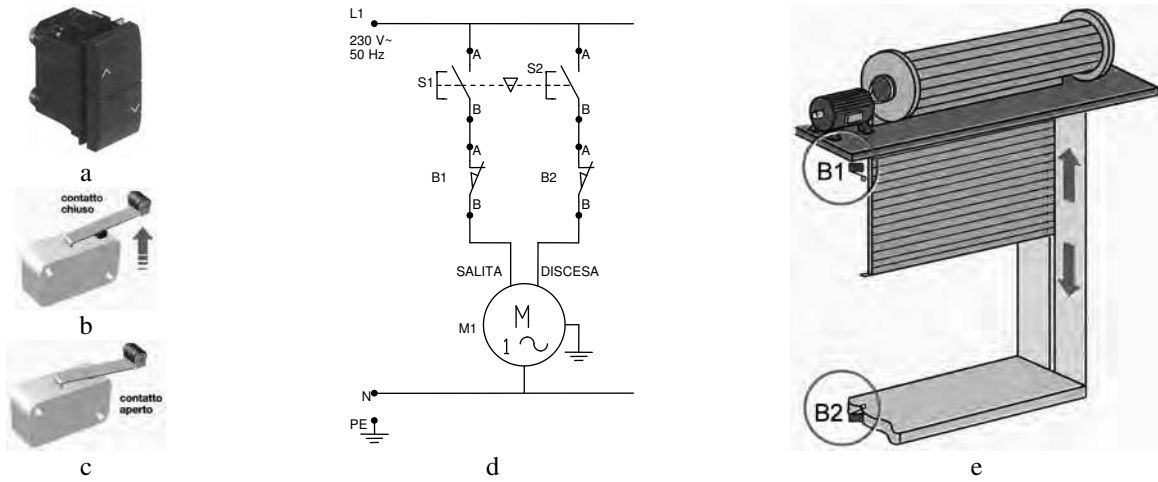


Fig. 4.25 - Motorizzazione di una tapparella: a) Pulsante doppio interbloccato (1NO+1NO) - b) Posizione assunta dalla leva del finecorsa NC se lasciata libera dalla tapparella - c) Posizione assunta dalla leva del finecorsa NC se premuta dalla tapparella - d) Schema elettrico funzionale, i pulsanti sono dotati di interblocco meccanico rappresentato dal triangolo. Si noti che, se la tapparella raggiunge il finecorsa di fine discesa, l'unica manovra possibile, cioè elettricamente attivabile è la salita - e) Principio di funzionamento dei finecorsa per il comando di una tapparella motorizzata.

Il commutatore 1-0-2 a due tasti interbloccati è dimensionalmente ed esteticamente simile al doppio pulsante visto nella fig. 4.25a per il comando motorizzato di tapparelle.

Anche questa apparecchiatura può essere impiegata allo stesso scopo con la differenza che, se si preme un tasto, rimane in posizione ON fino a quando manualmente non lo si riporta in OFF.

In pratica significa che, se l'operatore abbandona il commutatore, l'apparecchio comandato continua a funzionare; nel caso si trattasse di una tapparella motorizzata, sarebbero indispensabili i fine corsa.

Oltre alla funzionalità, nello scegliere il commutatore 1-0-2 va evidentemente tenuto presente l'eventuale pericolo derivante da apparecchiature in movimento senza il diretto controllo umano.

Diverso è il caso del comando di un aspiratore, con possibilità di inversione di rotazione al fine di aspirare l'aria dall'ambiente oppure di soffiarla; in questa condizione, il commutatore a due tasti trova un utilizzo ideale.

L'indicazione 1-0-2 sta a significare le tre posizioni stabili che il commutatore può assumere.

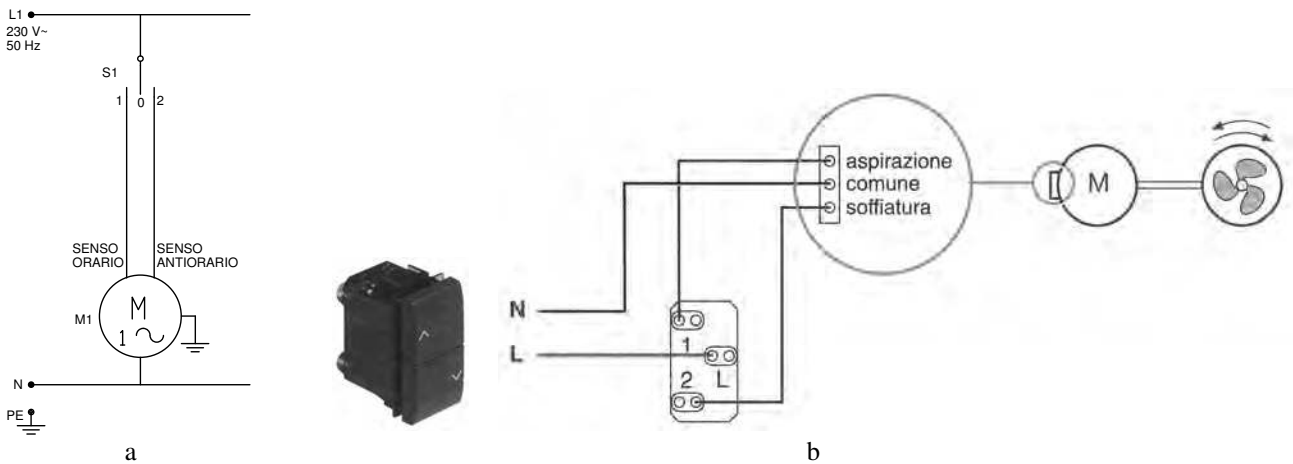


Fig. 4.26 - a) Schema funzionale per il comando di un aspiratore/soffiatore mediante un commutatore a due tasti interbloccati - b) Schema di collegamento. L'aspirazione o la soffiatura è determinata dalla rotazione in senso orario o antiorario della ventola (bticino).

Il commutatore rotativo mostrato in fig. 4.27b è dotato di una manopola che, ruotata manualmente, si arresta in posizioni prefissate alle quali corrispondono altrettante commutazioni.

È realizzato costruttivamente con un comune e con tanti altri morsetti quante sono le posizioni che può assumere, eventualmente senza quello corrispondente allo zero. È spesso usato nel settore impiantistico industriale ed in quello elettronico in configurazioni complesse denominate a "pacco" in quanto si tratta di più commutatori unipolari assemblati sul medesimo perno.

A volte anziché la dizione unipolare, bipolare, ecc. viene usata quella di commutatore ad una via, due vie, ecc.

Nel settore impiantistico civile, l'impiego è solitamente limitato alla versione unipolare per la variazione di velocità di motori monofase. Per esempio, lo si può trovare in camere di albergo, in camere di cliniche o in uffici per il controllo della ventola dei condizionatori, come mostrato in fig. 4.23 (riferimento 11).

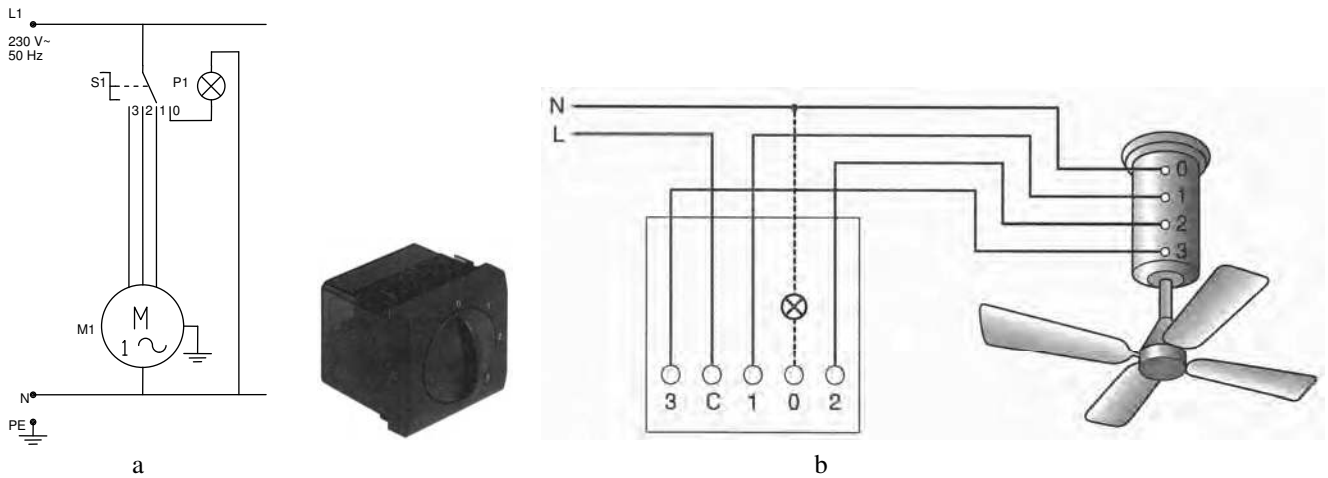


Fig. 4.27 - a) Schema funzionale per il comando di un ventilatore a più velocità mediante un commutatore rotativo unipolare. Le posizioni 1-2-3 alimentano rispettivamente i tre avvolgimenti che consentono altrettante velocità di rotazione delle pale. Il morsetto corrispondente allo zero normalmente non viene utilizzato ma è disponibile per una eventuale lampada di segnalazione di ventilatore spento - **b)** Schema di collegamento (bucino).

4.8 Impianti citofonici e videocitofonici

4.8.1 Impianto citofonico con portiere elettrico

Gli impianti che utilizzano i citofoni consentono la comunicazione tra brevi distanze. Infatti, il citofono è un apparecchio molto più semplice rispetto al telefono, che consente invece comunicazioni a grandissime distanze.

L'apparecchio citofonico è simile a un ricevitore telefonico ed è composto generalmente da un microtelefono, da un corpo e da una serie di contatti commutabili; può inoltre essere equipaggiato con un ronzatore o una suoneria e da più pulsanti di comando per organi ausiliari.

L'apparecchio è costituito dal microtelefono, che è dotato di un microfono del tipo a carbone oppure elettromagnetico o magnetodinamico, e da un ricevitore (per esempio, un altoparlante) anch'esso del tipo elettromagnetico.

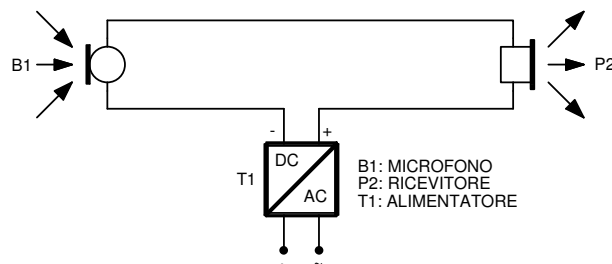


Fig. 4.28 - Esempio di schema di collegamento di un microfono a carbone. La resistenza della capsula microfonica (a sinistra) varia in funzione della pressione dovuta alla voce, in modo da provocare una modulazione della corrente elettrica. L'apparecchio ricevitore (a destra), costituito da un elettromagnete e da una membrana posta di fronte al magnete, ritrasforma le oscillazioni della corrente in onde acustiche. Il circuito è alimentato in corrente continua (DC) mediante un alimentatore che trasforma la corrente alternata (AC) in corrente continua.

In alcuni casi, queste apparecchiature vengono fornite anche in versione amplificata per una migliore resa sonora.

Il citofono può avere la base per essere fissato alla parete oppure per essere appoggiato ad un ripiano; all'interno del citofono trovano posto anche una morsettiere per i collegamenti dei cavi e alcuni contatti sensibili al peso del microfono, un ronzatore e, in alcuni casi, dei pulsanti.

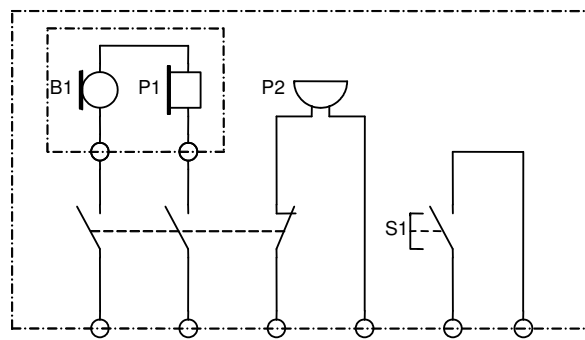


Fig. 4.29 - Esempio di schema dei collegamenti interni di un citofono. I contatti sono rappresentati nella posizione di riposo. Sollevando il microtelefono i contatti commutano, inserendo nel circuito il microfono B1 e il ricevitore P1 e disinserendo la suoneria/ronzatore P2. Il pulsante S1 serve per comandare l'elettroserratura del portone (portiere elettrico).

Gli impianti citofonici possono essere configurati in diversi modi a seconda delle caratteristiche delle apparecchiature utilizzate.

Si possono infatti realizzare impianti che consentono una serie di servizi speciali; digitando dei codici su di una tastiera, è possibile realizzare impianti anche per migliaia di interni utilizzando pochissimi cavi (per esempio, 5).

I circuiti che compongono un sistema citofonico sono in sostanza tre: quello di comunicazione, quello di segnalazione e quello di eventuali comandi ausiliari.

L'impianto viene generalmente alimentato sia in corrente continua sia in corrente alternata con determinate tensioni, tramite particolari alimentatori che variano le loro caratteristiche in funzione delle apparecchiature collegate.

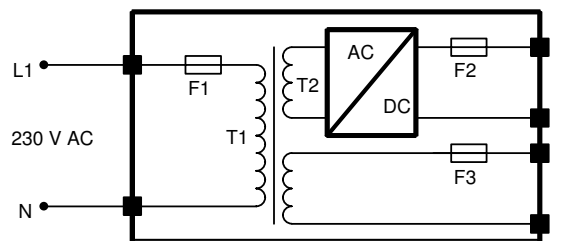


Fig. 4.30 - Esempio di alimentatore per impianti citofonici. Da notare la presenza di un trasformatore T1 che riduce la tensione di rete a valori necessari per l'alimentazione sia del circuito fonico funzionante in corrente continua (DC) che di chiamata funzionante in corrente alternata (AC); il circuito elettronico (T2) di conversione da corrente alternata a corrente continua (AC/DC) necessario al circuito fonico e i fusibili di protezione (F1, F2, F3).

A seconda dello scopo e delle specifiche apparecchiature utilizzate, gli impianti citofonici si diversificano in:

- impianti citofonici in coppia;
- impianti citofonici con portiere elettrico;
- impianti citofonici intercomunicanti;
- impianti citofonici con centralino.

Gli impianti citofonici in coppia prevedono il collegamento di due citofoni derivati da un alimentatore. Questa soluzione, per altro la più semplice, permette di porre in comunicazione due locali dello stesso edificio.

Gli impianti citofonici con portiere elettrico negli edifici residenziali sono i più utilizzati, in quanto mettono in comunicazione un certo numero di posti derivati all'interno e all'esterno di un edificio.

È previsto un posto esterno formato da una pulsantiera e da un porter, un particolare citofono da esterni costituito in genere da un unico blocco che incorpora sia il microfono che il ricevitore.

Completa l'impianto un'elettroserratura, per il comando di portoni e cancelli, comandata da appositi pulsanti situati sia negli appartamenti che nei luoghi comuni dello stabile.

Gli impianti citofonici con centralino richiedono la presenza di una persona (per esempio, portiere) che, ricevuta una richiesta di comunicazione, possa inoltrare la chiamata.

Gli impianti citofonici intercomunicanti sono in pratica un ampliamento degli impianti citofonici in coppia, permettendo una comunicazione reciproca tra un numero elevato di citofoni.

Questi impianti vengono utilizzati laddove si ha la necessità di comunicare frequentemente e senza caricare le linee telefoniche; possono trovare impiego in uffici, ospedali, scuole, ecc.

A questi impianti di base si aggiungono quelli di tipo misto che propongono più soluzioni tra quelle considerate.

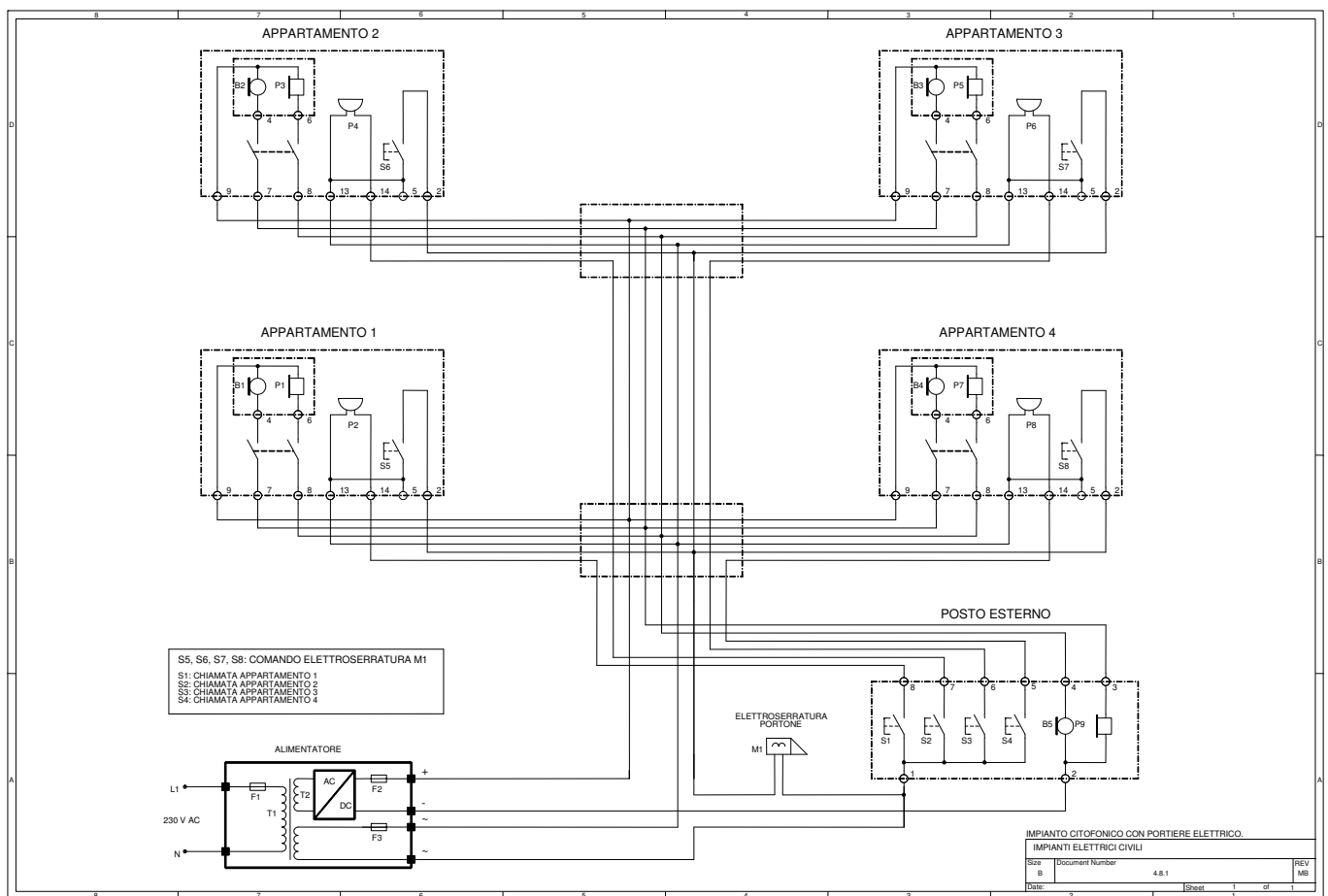
Vengono di seguito forniti alcuni esempi base di collegamento di citofoni, mentre per una conoscenza più specifica, si rimanda alla lettura degli appositi schemi di installazione forniti dai costruttori di citofoni.

Il primo impianto citofonico proposto è quello con portiere elettrico, che permette ad un certo numero di citofoni, interni alle abitazioni, di collegarsi ad un derivato esterno, normalmente posto in prossimità dell'ingresso dello stabile. Il funzionamento dell'impianto si può così sintetizzare.

Premendo uno dei pulsanti situato nella pulsantiera esterna (S1), si determina l'attivazione del ronzatore relativo all'appartamento con cui si vuole comunicare (appartamento 1).

Se chi è nell'appartamento intende rispondere, alzando il microtelefono stabilisce l'inserimento del circuito di conversazione, collegando così il microfono B5 e l'altoparlante P5, posti all'esterno, con il microfono B1 e l'altoparlante P1 posti, nel nostro caso, nell'appartamento 1.

Dopo un'eventuale conversazione, se la persona interessata intende far entrare chi ha effettuato la chiamata, premendo un apposito pulsante S5 o una leva di commutazione, si attiva l'elettroserratura M1 con la conseguente apertura del portone di ingresso.



Il funzionamento negli altri appartamenti risulta identico a quello visto per l'appartamento numero 1.

Si noti la presenza di un alimentatore in grado di alimentare in corrente continua il circuito di conversazione e in corrente alternata il circuito di chiamata e il circuito per il comando dell'elettroserratura.

L'impianto presentato nella tavola è caratterizzato dal fatto di non avere il segreto di conversazione; per garantire questa funzione, tutti i citofoni dell'impianto di portiere elettrico devono essere dotati di un dispositivo di *segreto di conversazione*.

Tutti i citofoni sono allora così normalmente disabilitati alla conversazione; solo il citofono che viene chiamato dall'esterno può iniziare la conversazione con chi ha chiamato, sicuro che nessun altro utente possa intercettare il dialogo.

Alla fine del colloquio, quando si è riagganciato il microtelefono, il dispositivo disinserisce automaticamente il circuito della conversazione.

L'impianto di portiere elettrico può essere modificato per consentire il collegamento tra uno dei posti esterni ed il posto selezionato (per esempio, appartamento).

Questo tipo di impianto è in grado di soddisfare le esigenze di un edificio con due ingressi o di un gruppo di edifici con un ingresso principale e uno singolo per ogni stabile.

Ad un ingresso dell'edificio, quando il visitatore preme un pulsante di chiamata della pulsantiera, attiva il ronzatore del citofono selezionato, segnalando così la chiamata.

Un particolare circuito abilita la conversazione e il circuito del posto esterno da cui arriva la chiamata.

L'utente può così sollevare il microtelefono e iniziare la conversazione; sui due posti esterni è possibile far illuminare l'indicazione "ATTENDERE".

L'utente può agire sul comando per attivare l'elettroserratura e l'eventuale comando per il relè luci scale.

Anche in questo caso è possibile realizzare l'impianto con il segreto di conversazione fra posti esterni e portiere elettrico.

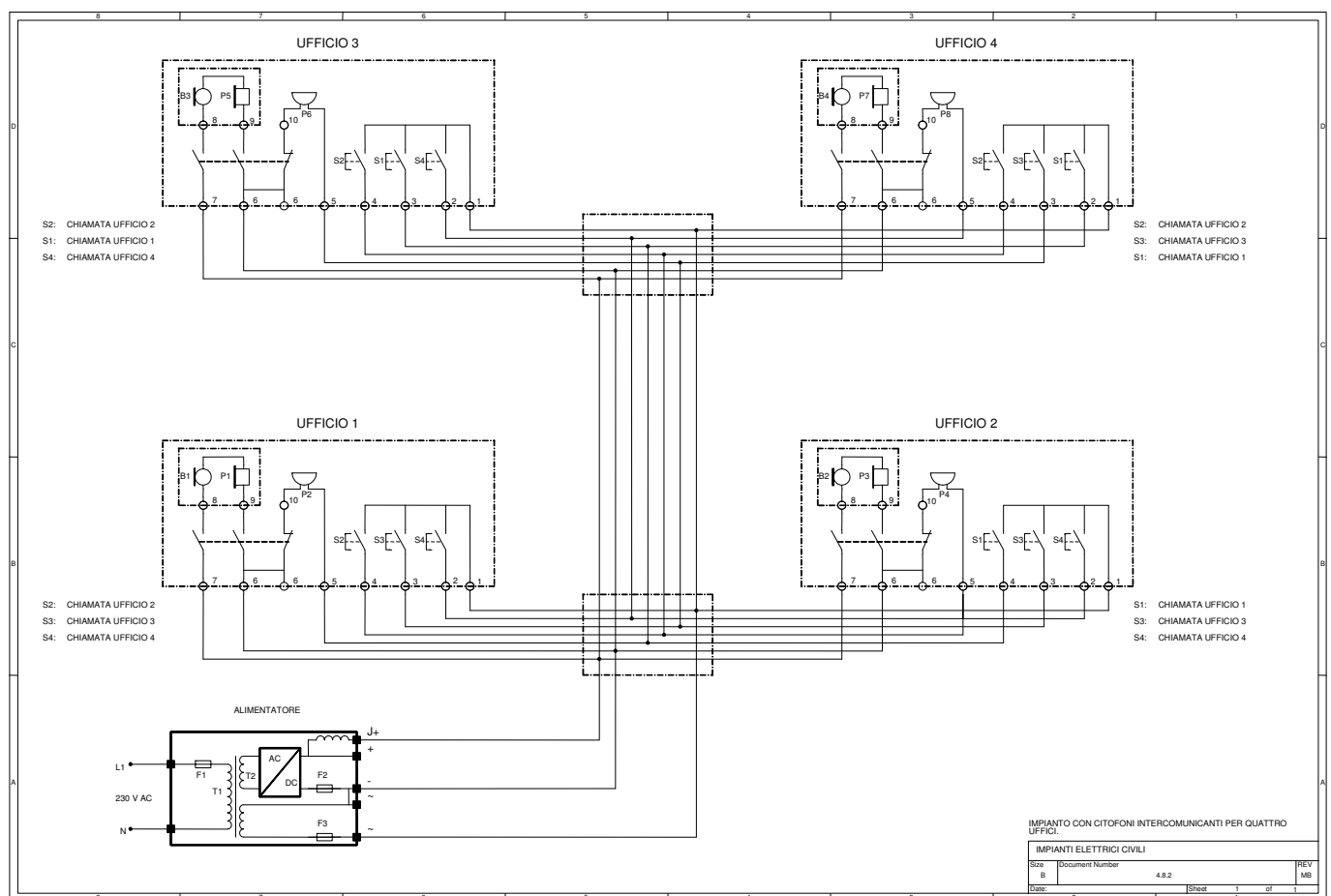
4.8.2 Impianto con citofoni intercomunicanti per quattro uffici

Gli impianti intercomunicanti consentono di porre in comunicazione in modo semplice ed economico vari apparecchi citofonici.

Il funzionamento di un impianto base di questo tipo può essere così sintetizzato.

Premendo un pulsante della pulsantiera del citofono posto nell'ufficio 1, per esempio S2, si effettua la chiamata dell'ufficio 2 nel quale si attiva il ronzatore P2, che richiama l'attenzione del personale presente.

La persona chiamata alza il microtelefono e determina la commutazione dei contatti interni all'apparecchio, inserendo così il circuito fonico.



Si noti la presenza, anche in questo caso, di un alimentatore in grado di alimentare in corrente continua il circuito di conversazione e in corrente alternata il circuito di chiamata.

Nell'alimentatore risulta presente anche un'induttanza (posta in serie sul lato alimentato dalla polarità positiva del circuito raddrizzatore/stabilizzatore): è questo componente che consente all'impianto di funzionare.

Ciascun microtelefono risulta infatti in parallelo alla sorgente di alimentazione; quindi, il segnale proveniente da un microfono non potrebbe circolare nel ricevitore degli altri apparecchi.

Ai capi dell'impedenza, durante il funzionamento, si determinano delle cadute di tensione aventi una modulazione simile a quella della corrente microfonica che la attraversa.

Conseguentemente, alle estremità di ciascun gruppo fonico si producono oscillazioni di tensione complementari a quelle che si producono ai capi della bobina.

In questo modo anche nell'apparecchio in ascolto circolano correnti modulate di forma identica a quelle prodotte dal microfono dell'apparecchio che trasmette.

Il tipo di impianto presentato non consente la conversazione segreta; quindi, chiunque sollevi un microtelefono, può ascoltare la conversazione in atto.

Questa caratteristica permette di effettuare collegamenti fra tre o più apparecchi contemporaneamente.

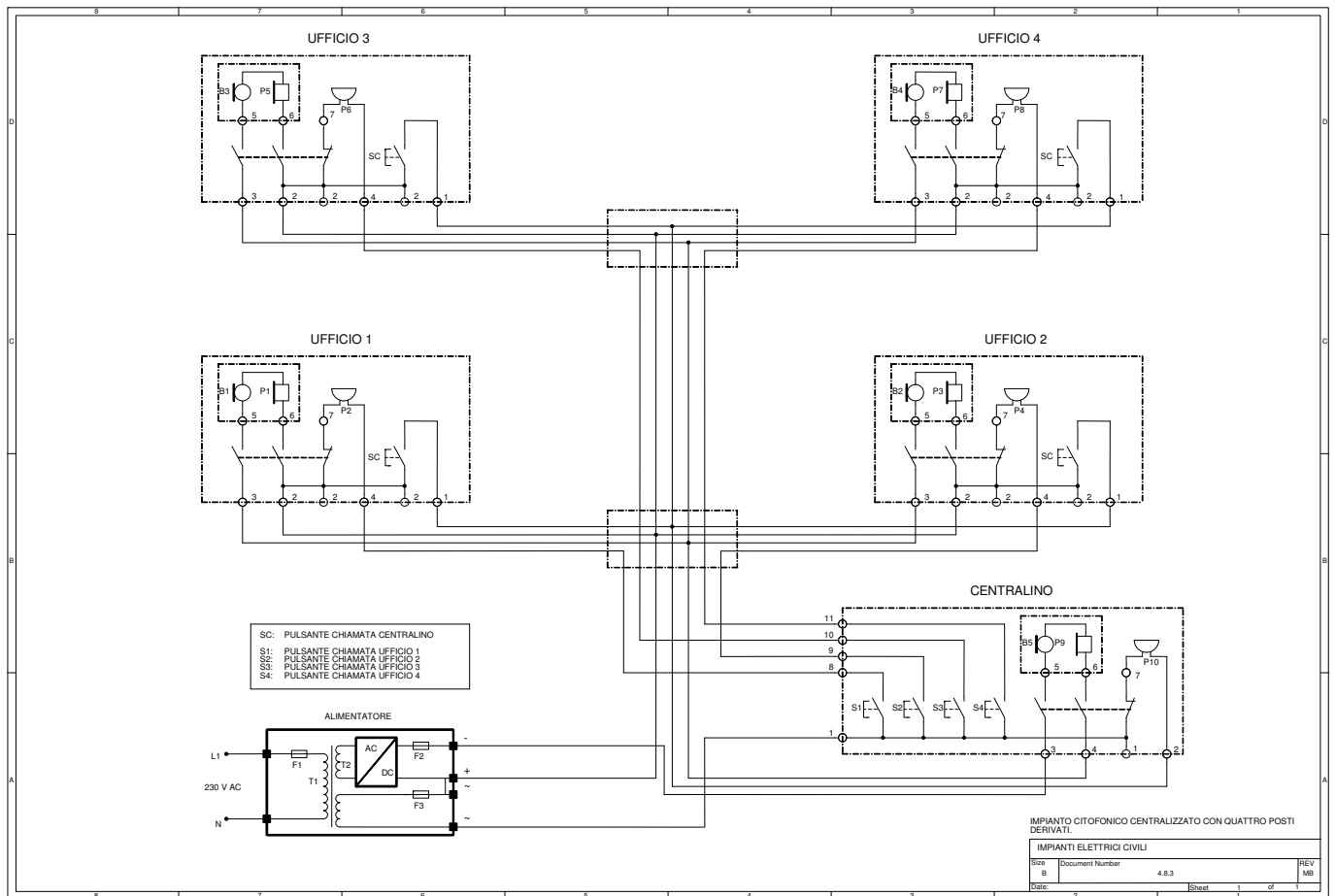
Esistono comunque impianti che consentono più conversazioni contemporanee e segrete fra di loro, anche se la segretezza non è totale in quanto altri posti interni possono inserirsi in una conversazione in atto premendo il tasto corrispondente ad uno degli apparecchi già impegnati.

In questi impianti l'induttanza viene inserita in ogni apparecchio, poiché ciascuno di essi dispone di una propria linea di conversazione.

4.8.3 Impianto citofonico centralizzato con quattro posti derivati

In questo impianto è possibile, dal centralino, premere un pulsante di chiamata (S1) e richiamare l'attenzione degli occupanti un posto derivato (ufficio 1) mediante l'azionamento del ronzatore P2.

Chi riceve la chiamata solleva il microtelefono dalla sua posizione di riposo e interrompe l'alimentazione al ronzatore, abilitando il circuito fonico composto da B1 e P1, P5 e P9, posti rispettivamente nell'ufficio 1 e nel centralino.



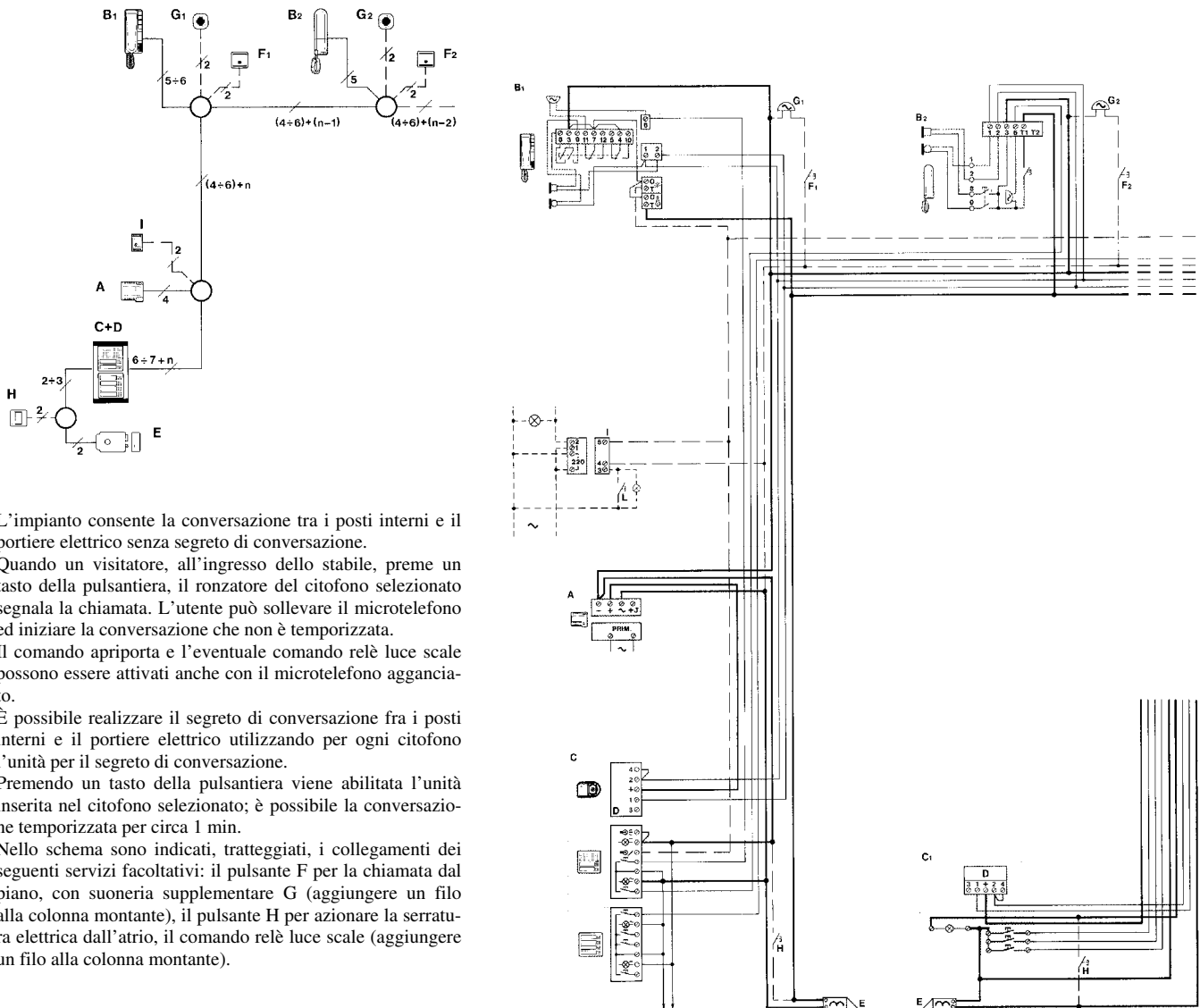
Il funzionamento per gli altri uffici risulta analogo a quello ora descritto.

Da ogni ufficio è inoltre possibile inviare la chiamata al centralino premendo il pulsante SC che aziona il ronzatore P10 per richiamare l'attenzione del personale in servizio al centralino. Anche in questo caso, quando si solleva il microtelefono, il circuito di chiamata viene aperto, disabilitando così la suoneria, mentre viene abilitato il circuito fonico. Si noti che i vari uffici non possono parlare tra di loro, ma solo con il centralino. Inoltre, la conversazione in questo esempio non è segreta e da qualsiasi ufficio basta sollevare il microtelefono per ascoltare il colloquio in atto. Esistono comunque impianti con la possibilità di effettuare conversazioni segrete.

Anche questo impianto prevede un alimentatore in grado di alimentare in corrente continua il circuito di conversazione e in corrente alternata il circuito di chiamata con i ronzatori.

4.8.4 Esempi di schemi elettrici per impianti citofonici tradizionali (analogici)

Di seguito vengono riportati, a titolo di esempio, alcuni impianti citofonici tradizionali (analogici) della ditta LT Terraneo.

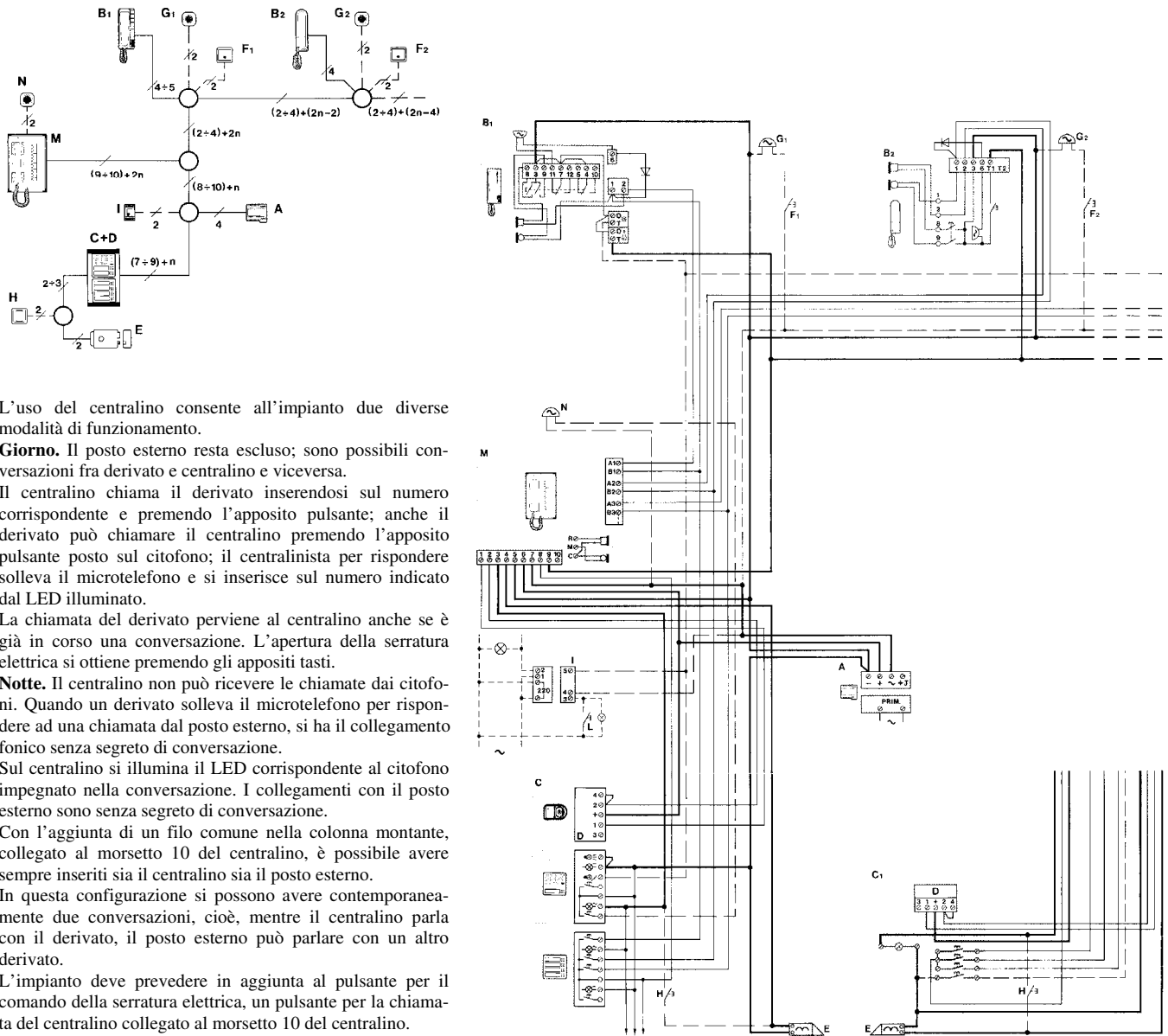


L'impianto consente la conversazione tra i posti interni e il portiere elettrico senza segreto di conversazione. Quando un visitatore, all'ingresso dello stabile, preme un tasto della pulsantiera, il ronzatore del citofono selezionato segnala la chiamata. L'utente può sollevare il microtelefono ed iniziare la conversazione che non è temporizzata. Il comando apriporta e l'eventuale comando relè luce scale possono essere attivati anche con il microtelefono agganciato. È possibile realizzare il segreto di conversazione fra i posti interni e il portiere elettrico utilizzando per ogni citofono l'unità per il segreto di conversazione. Premendo un tasto della pulsantiera viene abilitata l'unità inserita nel citofono selezionato; è possibile la conversazione temporizzata per circa 1 min. Nello schema sono indicati, tratteggiati, i collegamenti dei seguenti servizi facoltativi: il pulsante F per la chiamata dal piano, con suoneria supplementare G (aggiungere un filo alla colonna montante), il pulsante H per azionare la serratura elettrica dall'atrio, il comando relè luce scale (aggiungere un filo alla colonna montante).

Fig. 4.31 - Impianto citofonico di portiere elettrico (LT Terraneo).

Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Alimentatore	1
B	Citofono	1+n
C	Pulsantiera esterna (per esempio, normale, antivandalismo)	1
D	Porter	1
E	Serratura elettrica	1
F	Pulsante interno per la chiamata dal piano	1+n
G	Suoneria supplementare per la chiamata dal piano	1+n
H	Pulsante apriporta per azionare la serratura elettrica dall'atrio	1
I	Relè luce scale	1
L	Pulsante luminoso	1+n

Tab. 4.4 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto di portiere elettrico (LT Terraneo).



L'uso del centralino consente all'impianto due diverse modalità di funzionamento.

Giorno. Il posto esterno resta escluso; sono possibili conversazioni fra derivato e centralino e viceversa.

Il centralino chiama il derivato inserendosi sul numero corrispondente e premendo l'apposito pulsante; anche il derivato può chiamare il centralino premendo l'apposito pulsante posto sul citofono; il centralino per rispondere solleva il microtelefono e si inserisce sul numero indicato dal LED illuminato.

La chiamata del derivato perviene al centralino anche se è già in corso una conversazione. L'apertura della serratura elettrica si ottiene premendo gli appositi tasti.

Notte. Il centralino non può ricevere le chiamate dai citofoni. Quando un derivato solleva il microtelefono per rispondere ad una chiamata dal posto esterno, si ha il collegamento fonico senza segreto di conversazione.

Sul centralino si illumina il LED corrispondente al citofono impegnato nella conversazione. I collegamenti con il posto esterno sono senza segreto di conversazione.

Con l'aggiunta di un filo comune nella colonna montante, collegato al morsetto 10 del centralino, è possibile avere sempre inseriti sia il centralino sia il posto esterno.

In questa configurazione si possono avere contemporaneamente due conversazioni, cioè, mentre il centralino parla con il derivato, il posto esterno può parlare con un altro derivato.

L'impianto deve prevedere in aggiunta al pulsante per il comando della serratura elettrica, un pulsante per la chiamata del centralino collegato al morsetto 10 del centralino.

Il centralino deve sempre essere commutato sulla posizione NOTTE.

Fig. 4.32 - Impianto citofonico con centralino di portineria e posto esterno (LT Terraneo).

Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Alimentatore	1
B	Citofono	1÷90
C	Pulsantiera (per esempio, normale, antivandalismo)	1
D	Porter	1
E	Serratura elettrica	1
F	Pulsante interno	1÷n
G	Suoneria	1÷n
H	Pulsante apriporta per azionare la serratura elettrica dall'atrio	1
I	Relè luce scale	1
L	Pulsante luminoso	1÷n
M	Centralino	1
N	Suoneria per la chiamata notturna al centralino dal posto esterno	1

Tab. 4.5 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto con centralino di portineria e posto esterno (LT Terraneo).

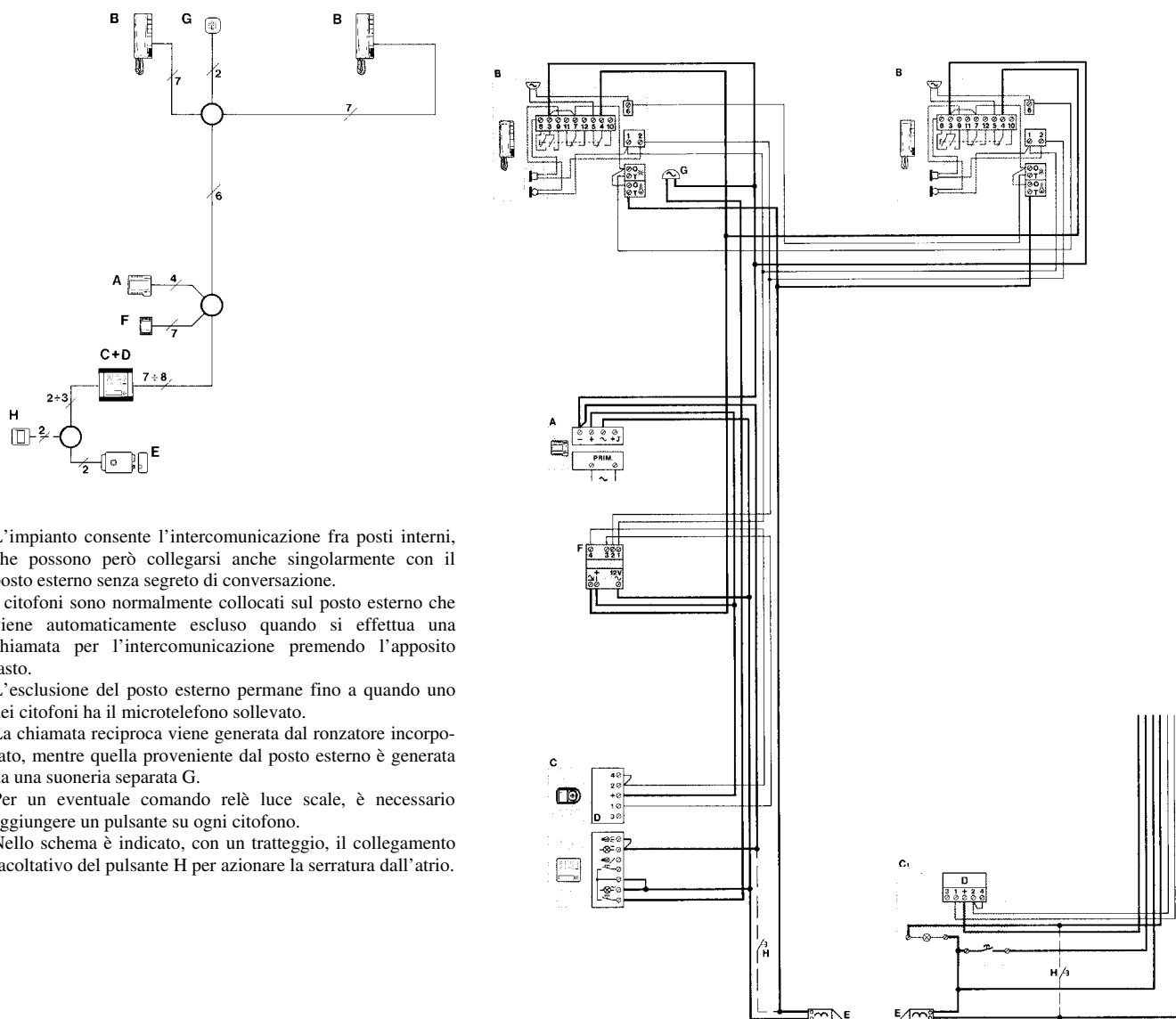


Fig. 4.33 - Impianto citofonico intercomunicante fino a 2 posti interni con un posto esterno (LT Terraneo).

Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Alimentatore	1
B	Citofono	2
C	Pulsantiera (per esempio, normale, antivandalismo)	1
D	Porter	1
E	Serratura elettrica	1
F	Relè di commutazione	1
G	Suoneria	1
H	Pulsante apriporta	1

Tab. 4.6 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto di intercomunicanti fino a 2 posti interni con un posto esterno (LT Terraneo).

4.8.5 I videocitofoni

Gli impianti videocitofonici permettono, oltre alle funzioni tipiche dei sistemi citofonici, di vedere tramite un monitor chi ha effettuato la chiamata. Sono dotati di dispositivo di segreto per cui l'immagine appare solo sul monitor chiamato e la conversazione non può essere udita da altri apparecchi.

Un sistema videocitofonico è costituito da un'unità video-fono composta da una telecamera, da un posto esterno del tipo parla-ascolta e da una pulsantiera di chiamata. Questa unità, detta anche di ripresa, viene installata in un apposito contenitore per posto esterno adatto agli impianti videocitofonici. L'impianto è costituito anche da una o più unità di controllo e risposta, da parete o da tavolo, con monitor da 4 o 6 pollici e citofono incorporato.

La configurazione più semplice è quella che prevede l'installazione di un monitor collegato ad un'unità di ripresa, entrambe asservite ad un'unità di controllo-alimentazione.

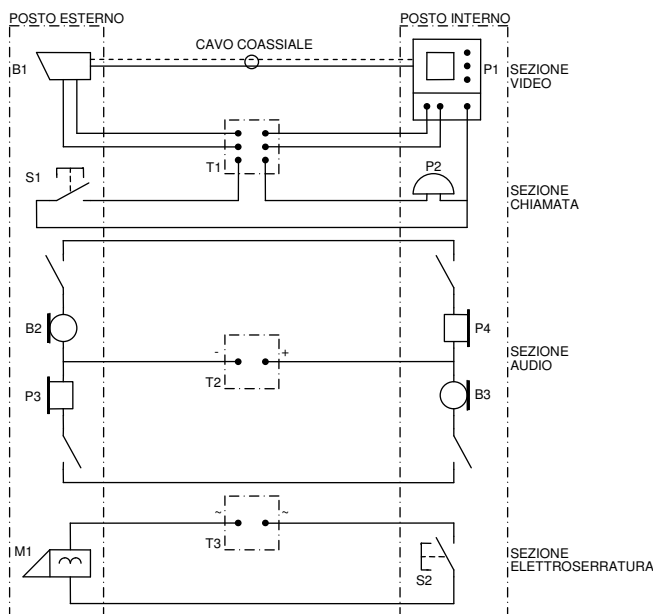
Queste apparecchiature vanno installate seguendo le istruzioni fornite dai costruttori in quanto, oltre ai problemi legati alla distribuzione dei segnali audio, vi sono anche quelli legati alla buona ricezione del segnale video.

Nella fig. 4.35 viene mostrato un impianto videocitofonico monofamiliare con portiere elettrico la cui configurazione di base prevede un posto esterno, un solo derivato interno e un alimentatore.

Si usa prevalentemente nei villini e negli stabili monoappartamento in genere. Il suo impiego può essere esteso a situazioni non propriamente abitative come portinerie di fabbriche e uffici, ingressi di banche e di oreficerie e in tutti quei casi ove, per ragioni di sicurezza, occorre controllare il flusso dei visitatori.

L'impianto può essere suddiviso in quattro sezioni distinte, come mostrato nella fig. 4.34, in particolare:

- la sezione video, composta da una telecamera sul posto esterno e da un monitor sul derivato interno, collegati tramite il cavo coassiale e provvisti di alimentazione elettrica in bassa tensione temporizzata che si attiva con il segnale di chiamata. Possibilità della regolazione delle caratteristiche audiovisive del monitor;
- la sezione di chiamata, consistente in un circuito di suoneria comandata da un punto con alimentazione comune alla sezione video. Il segnale di chiamata attiva la suoneria e il circuito video;
- la sezione audio, formata da un circuito fonico a tre fili, tipico degli impianti di portiere elettrico, anche questa sezione è temporizzata come la sezione video;
- la sezione elettroserratura, per l'apertura del portone o cancello di ingresso dello stabile. Generalmente la durata dell'impulso di apertura è prefissabile, indipendentemente dalla durata della pressione sul pulsante relativo, questo al fine di diseccitare l'elettroserratura onde evitare che si surriscaldi o si guasti se si tiene premuto il pulsante.



Legenda.

Sezione video.

B1: telecamera esterna.

P1: monitor interno.

T1: alimentatore circuito video.

Sezione chiamata.

S1: pulsante di chiamata.

P2: suoneria.

T1: alimentatore circuito di chiamata.

Sezione audio.

B2, B3: microfoni.

P3, P4: altoparlanti.

T2: alimentatore in corrente continua.

Sezione elettroserratura.

M1: elettroserratura.

S2: pulsante apertura portone.

T3: alimentatore in corrente alternata.

Fig. 4.34 - Principio di funzionamento di un impianto videocitofonico monofamiliare.

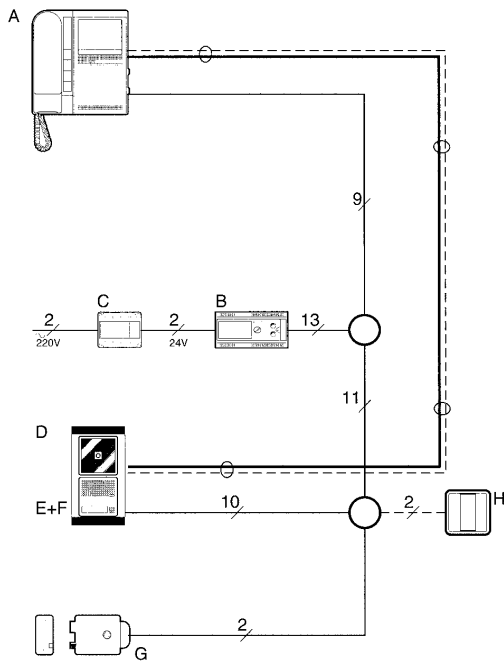
Gli impianti videocitofonici monofamiliari possono essere realizzati in vari modi e possono essere arricchiti con apparecchi aggiuntivi per soddisfare le più svariate esigenze, come, per esempio, il controllo di accensione delle luci delle scale. Le caratteristiche di funzionamento di qualsiasi impianto videocitofonico sono, per la parte fonica, sostanzialmente uguali a quelle dell'analogo impianto di soli citofoni, mentre per la parte video vengono descritte a lato della fig. 4.35.

Un impianto di questo tipo può essere equipaggiato con una seconda telecamera utilizzabile per la sorveglianza di una zona interna della casa, come, per esempio, la camera dei bambini, il garage, o esterna come il giardino, il passo carraio, ecc. La telecamera supplementare, che può essere dotata di brandeggio e zoom motorizzato, si inserisce manualmente mediante uno dei pulsanti del posto interno predisposto per i servizi ausiliari.

Se durante il funzionamento della telecamera di sorveglianza viene effettuata una chiamata dal posto esterno, automaticamente viene commutato il collegamento video sulla telecamera del posto esterno.

L'impianto può essere dotato di un sistema di preaccensione (stand-by) che consente la visione istantanea dell'immagine captata dalla telecamera non appena viene effettuata la chiamata; l'unità di ripresa oltre ad essere dotata di otturatore per la protezione del tubo di ripresa e del sistema stand-by per la visione rapida, può essere dotata di un circuito di climatizzazione antiappannamento e di un dispositivo antiscasso del posto esterno.

Se necessario, può essere inserito automaticamente un sistema di illuminazione del campo di ripresa della telecamera supplementare.



L'impianto consente il collegamento audiovisivo fra un posto esterno ed un posto interno.

Quando il visitatore all'ingresso dello stabile preme il tasto della pulsantiera, viene inviato il segnale di chiamata elettronica al posto interno e, dopo circa 6 s, appare sullo schermo del monitor l'immagine di chi ha chiamato.

L'utente, se lo desidera, può sollevare il microtelefono ed iniziare la conversazione, che rimane temporizzata per 60±70 s.

Il posto interno è inoltre dotato di un pulsante per l'accensione del monitor, senza che sia stata effettuata alcuna chiamata.

L'impianto può essere realizzato in versione antivandalismo utilizzando gli appositi apparecchi.

Si consiglia di posizionare i fili 1-2 + del porter in guaina separata rispetto ai rimanenti dell'impianto, allo scopo di eliminare il rumore di fondo.

Nello schema è indicato, tratteggiato, il collegamento facoltativo del pulsante H per azionare la serratura dell'atrio.

L'impianto può prevedere inoltre dei servizi facoltativi come, per esempio, l'inserzione della luce scala dal posto interno, la chiamata melodica dal posto esterno con suono DIN-DON, la chiamata differenziale dal piano e dal posto esterno e le suonerie supplementari.

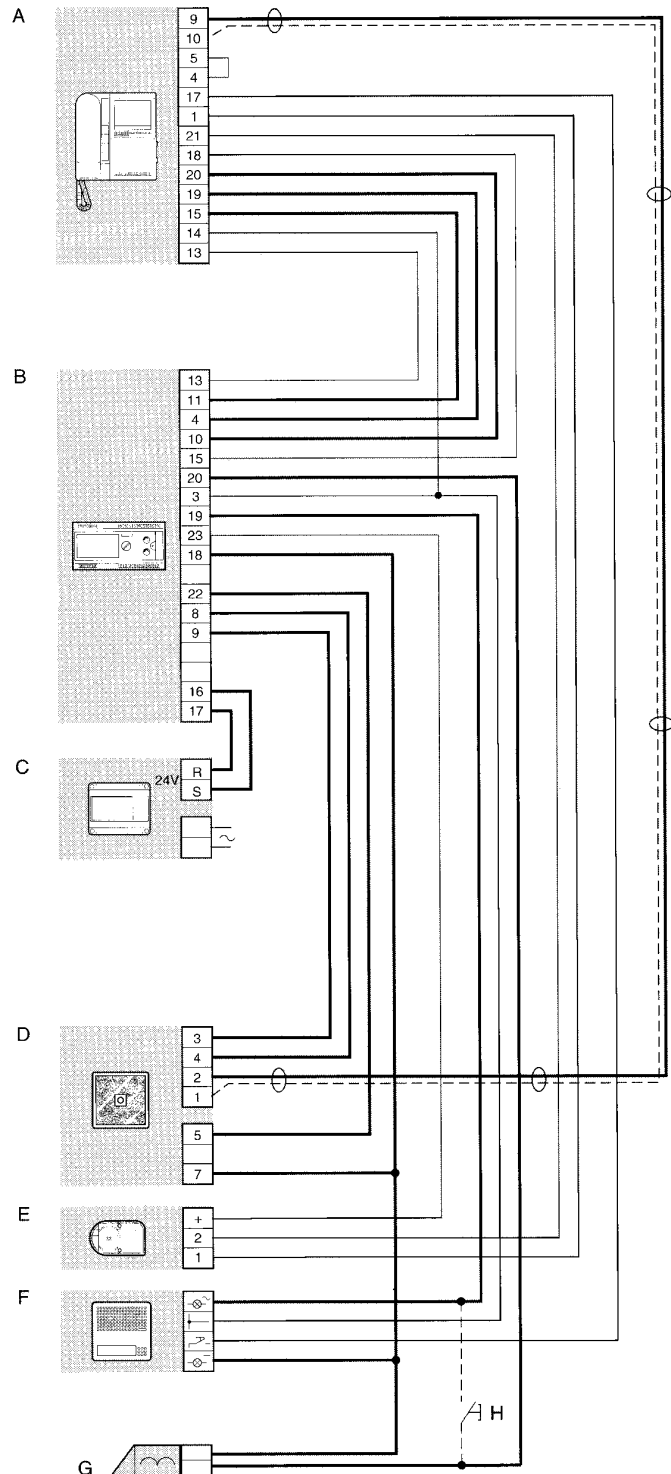


Fig. 4.35 - Impianto videocitofonico monofamiliare (LT Terraneo).

Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Posto interno, posto interno più presa	1
B	Gruppo elettronico	1
C	Trasformatore	1
D	Telecamera (anche in versione antivandalismo)	1
E	Porter	1
F	Modulo per porter	1
G	Serratura elettrica	1
H	Pulsante apriporta (comando serratura elettrica opzionale)	1

Tab. 4.7 - Apparecchiature occorrenti per realizzare un impianto videocitofonico monofamiliare (LT Terraneo).

Nella fig. 4.37 viene mostrato invece un impianto videocitofonico plurifamiliare con portiere elettrica per edifici condominiali, la cui configurazione di base prevede un posto esterno, un certo numero di derivati interni e un alimentatore.

L'impianto può essere suddiviso in quattro sezioni distinte, come mostrato nella fig. 4.35, in particolare:

- la sezione video composta da una telecamera sul posto esterno e da un certo numero di monitor interni (per esempio, due), collegati tramite il cavo coassiale e provvisti di alimentazione elettrica temporizzata che si attiva con il segnale di chiamata;
- la sezione di chiamata consiste in un semplice circuito di suonerie indipendente comandate da un punto, con alimentazione comune alla sezione video. Il segnale di chiamata attiva la suoneria e il circuito video del derivato interno;
- la sezione audio formata da un circuito fonico a tre fili, tipico degli impianti di portiere elettrico. Anche questa sezione è temporizzata come la sezione video;
- la sezione elettroserratura per l'apertura del portone o cancello dell'ingresso principale.

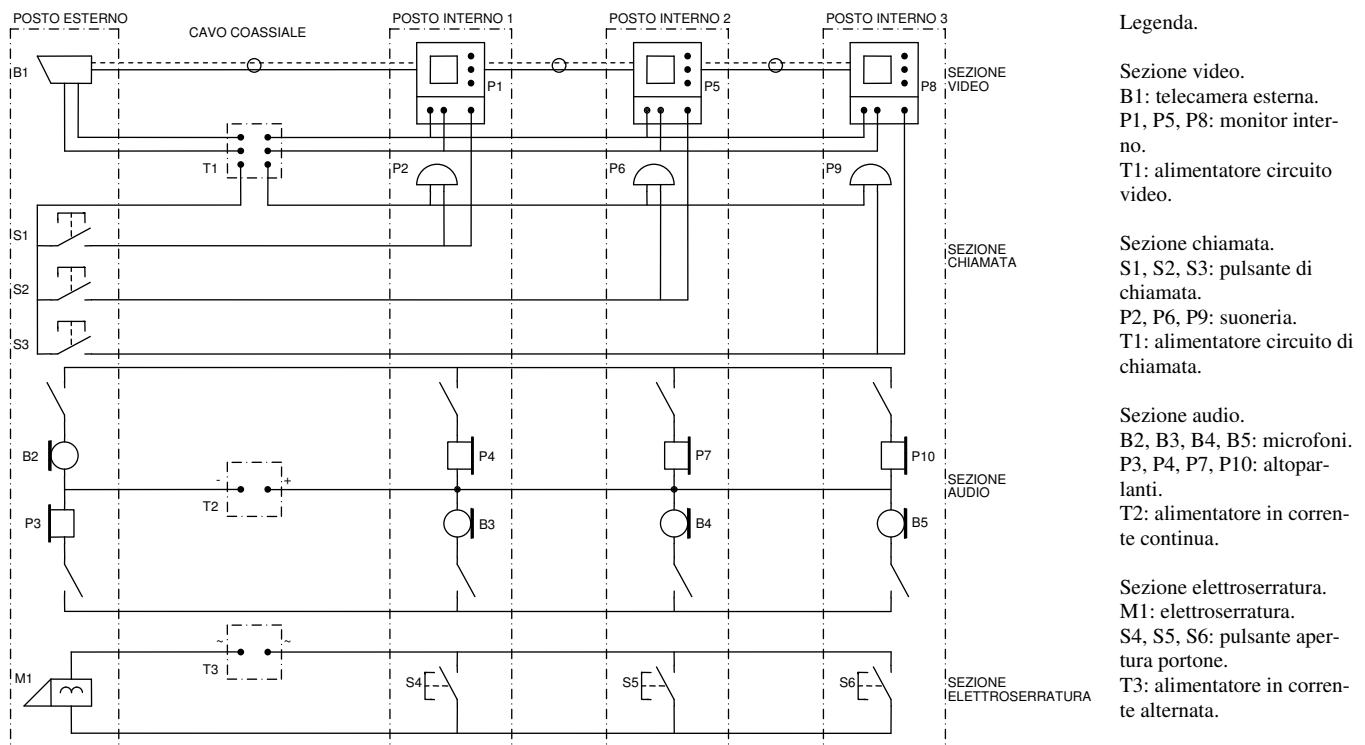


Fig. 4.36 - Principio di funzionamento di un impianto videocitofonico plurifamiliare.

Anche gli impianti videocitofonici possono essere realizzati in vari modi e possono essere dotati di servizi ausiliari e di apparecchi addizionali, come telecamere supplementari o in versione esterna alla targa.

Le caratteristiche di funzionamento di qualunque impianto videocitofonico plurifamiliare sono, per la parte fonica, in pratica uguali a quelle dell'analogo impianto di soli citofoni, mentre per la parte video sono uguali a quelle descritte per gli impianti videocitofonici monofamiliare, ma con le seguenti differenze.

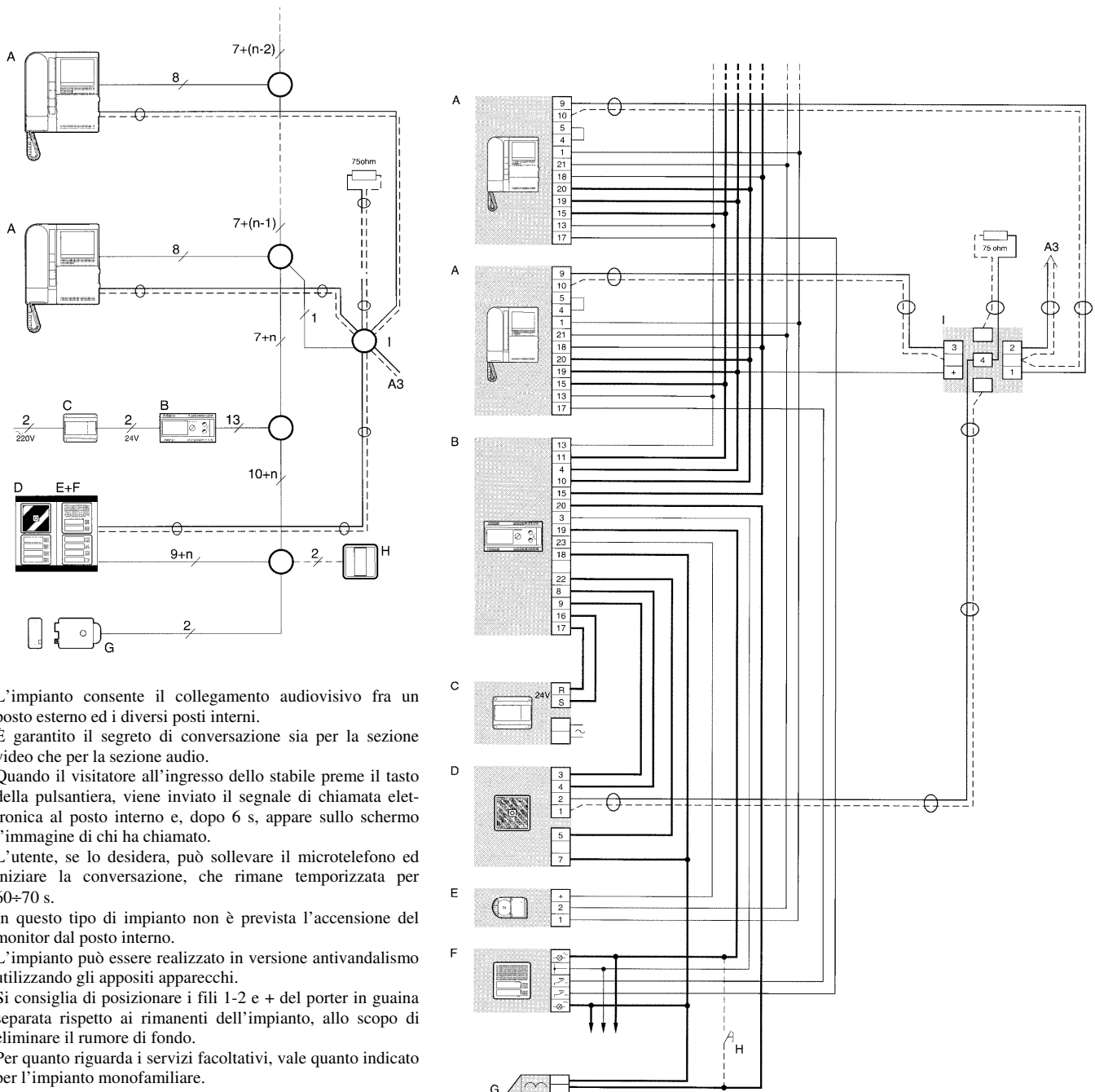
Durante il periodo di collegamento, se il visitatore preme il pulsante di chiamata di un altro posto interno, il collegamento in atto si interrompe immediatamente e si attiva quello con l'altro apparecchio; se, invece, preme ancora lo stesso pulsante, il conteggio del tempo di collegamento riparte da zero.

Negli impianti videocitofonici plurifamiliari è normalmente previsto il segreto di comunicazione audio e video (a volte solo video) e pertanto un utente interno non può attivare il proprio videocitofono (o il solo monitor) se non è stato chiamato.

Gli impianti che richiedono più posti di ricezione hanno i monitor che possono essere collegati con due differenti modi: il collegamento *serie* e il collegamento *parallelo*.

Nel collegamento serie i monitor vengono alimentati e collegati come i citofoni per quanto riguarda i collegamenti audio e i servizi ausiliari, mentre il segnale video viene trasmesso mediante un cavo coassiale con un'impedenza caratteristica di 75Ω . Il cavo coassiale viene collegato al primo monitor ed esce dallo stesso per collegarsi al secondo e così via.

La distribuzione video mediante il collegamento parallelo viene effettuata utilizzando un'apparecchiatura denominata distributore video o derivatore del segnale video, come mostrato nella fig. 4.37 (riferimento I).



L'impianto consente il collegamento audiovisivo fra un posto esterno ed i diversi posti interni.

È garantito il segreto di conversazione sia per la sezione video che per la sezione audio.

Quando il visitatore all'ingresso dello stabile preme il tasto della pulsantiera, viene inviato il segnale di chiamata elettronica al posto interno e, dopo 6 s, appare sullo schermo l'immagine di chi ha chiamato.

L'utente, se lo desidera, può sollevare il microtelefono ed iniziare la conversazione, che rimane temporizzata per 60 ± 70 s.

In questo tipo di impianto non è prevista l'accensione del monitor dal posto interno.

L'impianto può essere realizzato in versione antivandalismo utilizzando gli appositi apparecchi.

Si consiglia di posizionare i fili 1-2 e + del porter in guaina separata rispetto ai rimanenti dell'impianto, allo scopo di eliminare il rumore di fondo.

Per quanto riguarda i servizi facoltativi, vale quanto indicato per l'impianto monofamiliare.

Fig. 4.37 - Impianto videocitofonico plurifamiliare (LT Terraneo).

Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Posto interno, posto interno più presa	1+n
B	Gruppo elettronico	1
C	Trasformatore	1
D	Telecamera (anche in versione antivandalismo)	1
E	Porter	1
F	Modulo per porter	1
G	Serratura elettrica	1
H	Pulsante apriporta (comando serratura elettrica opzionale)	1
I	Derivatore segnale video	1/3A

Tab. 4.8 - Apparecchiature occorrenti per realizzare un impianto videocitofonico plurifamiliare (LT Terraneo).

Questa soluzione viene scelta quando è necessario installare più videocitofoni nello stesso piano di un edificio, dove il collegamento serie risulta poco vantaggioso.

I distributori video possono essere del tipo normale o amplificato: il primo tipo viene usato per impianti con linee lunghe fino a circa 100 m, mentre il secondo tipo per lunghezze superiori al fine di garantire un segnale video sufficiente a garantire una buona ricezione dell'immagine.

In fase di installazione per qualsiasi tipo di distribuzione, sia serie che parallelo, la linea deve mantenere una impedenza costante, per cui il cavo coassiale deve essere equipaggiato con una resistenza di chiusura di 75Ω , come mostrato in fig. 4.37 (riferimento I). Sempre in fase di installazione, è necessario ricordare che l'unità di ripresa deve essere posizionata in modo che eventuali fonti luminose intense colpiscano direttamente la telecamera.

Una luce di elevata intensità, colpendo direttamente la telecamera, può infatti provocare il danneggiamento dello strato fotosensibile, con conseguente decadimento dell'immagine.

L'altezza dal piano stradale o dal marciapiede del posto esterno deve essere compresa tra 1,6 e 1,65 m. I costruttori, inoltre, hanno a catalogo vari obiettivi adatti al tipo di funzione che la telecamera deve svolgere.

Vale comunque la pena ricordare che in ogni confezione di queste apparecchiature è presente un manuale delle istruzioni che consente l'installazione del videocitofono; sono altresì disponibili appositi schemari che i costruttori predispongono per le proprie apparecchiature. Inoltre, gli impianti videocitofonici devono essere realizzati in base agli schemi forniti dai costruttori, utilizzando solo le apparecchiature di volta in volta indicate. Non è possibile, in generale, sostituire un apparecchio con uno simile di un altro costruttore o con uno previsto per impianti di tipo diverso anche se della stessa marca.

Esistono tipi di impianti citofonici che non necessitano del cavo coassiale. Questo sistema consente di sostituire un impianto citofonico con uno videocitofonico utilizzando i cavi già presenti.

Questa soluzione trova applicazione in tutti quei luoghi nei quali esigenze od ostacoli di natura estetica e/o logistica escludono l'esecuzione di opere murarie di qualsiasi genere (edifici o beni di valore storico o artistici).

4.8.6 I sistemi citofonici e videocitofonici a 2 fili

Attualmente gli impianti citofonici e videocitofonici possono essere realizzati non solo in modo tradizionale (analogico) come mostrato nelle pagine precedenti, dove erano previsti, per esempio, un numero di fili variabili da 6 a più 7, come nel caso degli impianti videocitofonici, e il cavo coassiale, ma anche con una tecnica che prevede l'uso di due soli conduttori.

Infatti servono solo due conduttori nell'appartamento, nella colonna montante e spesso verso il lato strada. Inoltre, questi conduttori non sono polarizzati e possono essere collegati senza il rischio di invertirli per errore.

Queste caratteristiche consentono di ridurre il tempo di installazione (circa 40% in meno), facilitando l'installazione e la manutenzione. Quindi, il maggior costo dei vari componenti utilizzati nei sistemi citofonici e videocitofonici a due fili non polarizzati (eliminazione della possibilità di errore) rispetto a quelli tradizionali viene compensato in gran parte da un minor costo di installazione. Questi sistemi, inoltre, garantiscono una maggiore flessibilità di installazione che consente anche successivamente e a costi contenuti di modificare/migliore le caratteristiche dell'impianto. Si prestano, infine, per le ristrutturazioni nei casi in cui si debbano riutilizzare i cavi esistenti. Trovano inoltre applicazione nei vecchi immobili sotto la tutela dei Beni Ambientali in cui non sono possibili opere murarie e dove è già in funzione l'impianto di sola chiamata (pulsante più suoneria).

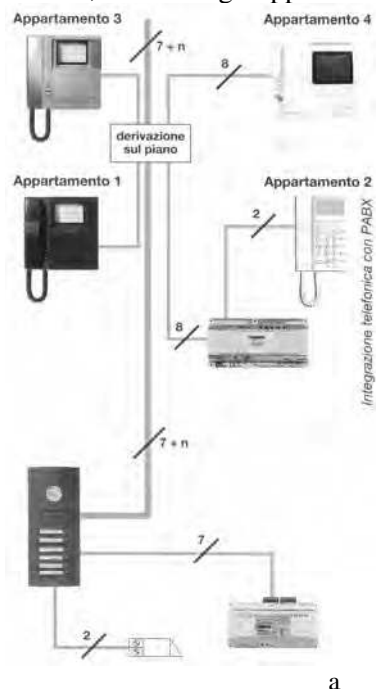
Senza aggiungere o sostituire i conduttori nella colonna montante e negli appartamenti, il servizio esistente di citofonia può essere trasformato in servizio di videocitofonia e/o di portiere elettrico.

I sistemi disponibili in commercio, pur essendo differenti tra loro, presentano caratteristiche comuni. Maggiori dettagli sono disponibili nei cataloghi dei costruttori. Le **postazioni esterne** possono essere di due tipi: con una

pulsantiera tradizionale o con la chiamata a codice, servono ad effettuare la chiamata verso i posti interni in abitazione e possono essere audio o video (con telecamera a colori o in bianco e nero).

Le prime si presentano come le tradizionali pulsantiere, con i classici pulsanti e cartellini portanome, ma al loro interno sono provviste di un apposito circuito che codifica la chiamata corrispondente ad ogni singolo pulsante.

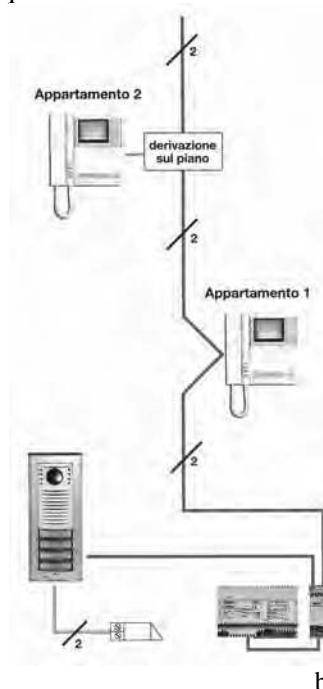
Le altre, invece, sono equipaggiate con una tastiera numerica o alfanumerica, su cui digitare il codice corrispondente all'interno che si intende chiamare, più una rubrica elettronica (con un display LCD retroilluminato) su cui è possibile, mediante gli appositi tasti, scorrere i nomi degli inquilini nel caso non si conosca il codice associato.



Cablaggio tradizionale con 4 o 7 fili, rispettivamente per audio e video, più "n" ritorni di chiamata.

L'impianto video non richiede l'utilizzo del cavo coassiale.

All'interno di ogni singola unità abitativa sono possibili diverse soluzioni che vanno dalla comunicazione tra unità al videocontrollo fino all'integrazione con la telefonia. Ideale per impianti di medie dimensioni.



Vengono utilizzati sempre e solo 2 fili non polarizzati per l'audio e video, anche intercomunicanti.

Rappresenta la soluzione più semplice e rapida.

Il cablaggio rimane identico anche in presenza di più posti esterni.

Ideale per la realizzazione di impianti di medie dimensioni e nelle ristrutturazioni.

Fig. 4.38 - Confronto tra un sistema citofonico e videocitofonico: a) Tradizionale - b) A due fili (biticino).

Caratteristiche principali di un sistema citofonico e videocitofonico a due fili	
Tipo di cablaggio e di cavo per il collegamento di base	2 fili (doppino) attorcigliati (twistati) non polarizzati
Distanza massima tra la pulsantiera e l'ultimo posto interno	600 m
Numero massimo di pulsantiere esterne	96
Numero massimo di posti interni	3900 appartamenti, 39 montanti con fonica indipendente
Alimentazione principale	Direttamente da doppino di cablaggio a 27 V DC
Tipo di illuminazione portanomi	LED verdi
Sistema di chiamata dal posto esterno	Componibile a scelta con moduli: pulsanti, chiamata digitale numerica, chiamata digitale alfanumerica
Tipo di tecnologia e dimensioni della telecamera esterna	Orientabile in b/n con illuminazione IR per riprese notturne (CCD ¼") oppure orientabile a colori con illuminazione a LED bianchi per riprese notturne (CCD ¼")
Tipo di tecnologia e dimensioni dello schermo video per i posti interni	Axolute video station Display LCD da 5,6" a colori e menu OSD (On Screen Display) stereo con vivavoce, permette di avere le funzioni stato porta e studio professionale. Integrabile nel sistema domotico. Installazione a parete su staffa con cornice intercambiabile. Axolute video station Display LCD da 2,5" a colori e menu OSD (On Screen Display) con vivavoce, permette di avere le funzioni stato porta e studio professionale. Integrabile nel sistema domotico. Installazione a incasso su scatola 3+3 moduli e placche a scelta della linea Axolute
Numero massimo di apparecchi collegati in parallelo in un appartamento	5
Possibilità di chiamate intercomunicanti in appartamento	Sì
Possibilità di chiamate intercomunicanti tra appartamenti	Sì
Numero di fili aggiuntivi per chiamate intercomunicanti	Nessuno
Possibilità di installazione di un centralino in portineria	Sì
Possibilità di attuatori aggiuntivi	Sì
Possibilità memoria videocitofonico	Sì (tramite sistema domotico)
Prestazioni aggiuntive	Possibilità di installazione di altri apparecchi biticino a 2 fili. Il sistema può essere inserito senza modifiche direttamente nel sistema domotico biticino, acquisendo la possibilità di controllare e supervisionare le funzioni demotiche in particolare l'automazione di scenari, termoregolazione, antifurto, diffusione sonora
Accessori principali	Alimentatori, nodo audio video, interfacce d'appartamento, espansione impianto, interfacce telecamere, chiamata al piano, interfacce con altri sistemi

Tab. 4.9 - Caratteristiche principali di un sistema citofonico e videocitofonico a due fili (biticino).

L'**alimentatore base** è il cuore del sistema: oltre a fornire l'energia necessaria al funzionamento dei diversi dispositivi, svolge un ruolo di controllo e gestione dei diversi segnali. Gli **alimentatori supplementari** sono necessari quando la potenza erogata dall'alimentatore base non è sufficiente ad alimentare tutti i dispositivi attivi dell'impianto, per via del loro assorbimento o delle distanze. Il **distributore al piano** è necessario per ripartire i segnali video dalla colonna montante verso gli appartamenti e possono essere mono-utenza o pluri-utenze, attivi o passivi. Permette di raggiungere la massima estensione dell'impianto. I **posti interni**, videocitofonici e citofonici, sono proposti da ogni casa costruttrice in molteplici modelli. In particolare, i videocitofoni possono avere il display in bianco e nero o a colori, con cornetta o viva voce, da appoggio a parete o ad incasso.

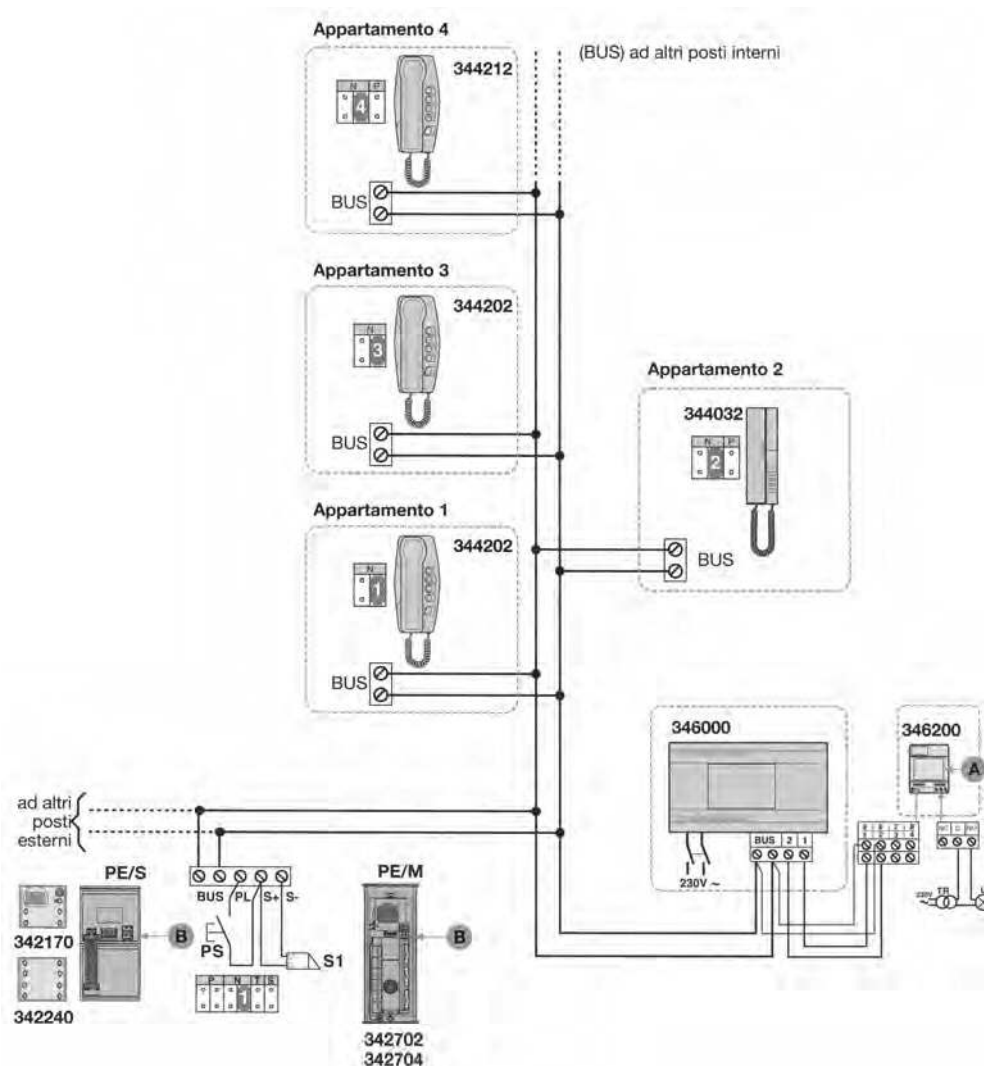
Gli **amplificatori** (o rigeneratori di segnale) permettono di estendere le distanze tra le postazioni di chiamata ed i posti interni più lontani. In genere, non se ne possono utilizzare più di un certo numero nel medesimo impianto e devono essere posizionati a distanze ben definite lungo la linea. Un posizionamento scorretto potrebbe rendere inutile il loro impiego. I miscelatori o **distributori lato strada** servono a convogliare i segnali provenienti da diverse postazioni di chiamata verso le colonne montanti.

Le interfacce o **separatori d'appartamento** consentono funzionalità diverse, secondo il tipo e il sistema, all'interno dell'abitazione, come l'intercomunicante o la possibilità di utilizzare un centralino telefonico (PBX).

I **relè con decodifica** per comandi ausiliari sono utilizzati per pilotare dei carichi elettrici generici, quali l'accensione delle luci scale o l'apertura di passi carrai, direttamente dai posti interni tramite appositi tasti, senza aggiungere fili in appartamento e in colonna montante.

Le interfacce tra sistemi consentono infine l'utilizzo, nel medesimo impianto, del sistema a due fili video insieme ad un sistema differente, per esempio analogico, ovviamente della stessa marca.

Il principio di funzionamento di questi impianti, mostrato in fig. 4.41, si basa sulla tecnica della miscelazione e demiscelazione di più segnali elettrici presenti sulla stessa linea, già largamente usata negli impianti delle antenne riceventi televisive. In particolare, il segnale video, che occupa una banda di frequenza che va da 20 Hz a 5 MHz, viene trasmesso in banda base.



Legenda.

PE/M: posto esterno.
 342702: modulo fonico.
 342704: modulo pulsanti.
 S1: elettroserratura 18 V, 4 A impulsivi, 250 mA mantenimento (30 Ω max.)
 PE/S: posto esterno.
 342170: modulo fonico.
 342240: modulo pulsanti.
 344032: citofono Pivot.
 344212: citofono Sprint accessorabile.
 344202: citofono Sprint base.
 346000: alimentatore.
 346200: attuatore (relè).
 PS: pulsante apertura elettroserratura.
 TR: trasformatore.
 L: luce scale.

Nota.

Configurare ed inserire i jumper ad impianto non alimentato; inoltre, tutte le volte che si modifica la configurazione, è necessario togliere e ridare l'alimentazione all'impianto, attendendo circa 1 minuto.

Si noti il numero 1 relativo al configuratore del posto esterno (PE/S o PE/M) e i numeri progressivi (1, 2, 3, ...) dei configuratori dei posti interni relativi agli appartamenti 1, 2, 3, 4 (344032, 344202, 344212).

- L'impiego dell'attuatore è facoltativo per ottenere il servizio luce scale e attuazioni generiche.
- Per la realizzazione del posto esterno possono essere utilizzate indifferentemente le pulsantiere Sfera o miniSfera oppure il gruppo fonico universale.

Fig. 4.39 - Esempio di applicazione di un impianto citofonico a 2 fili con uno o più posti esterni audio con un massimo di 100 posti interni (bticino).

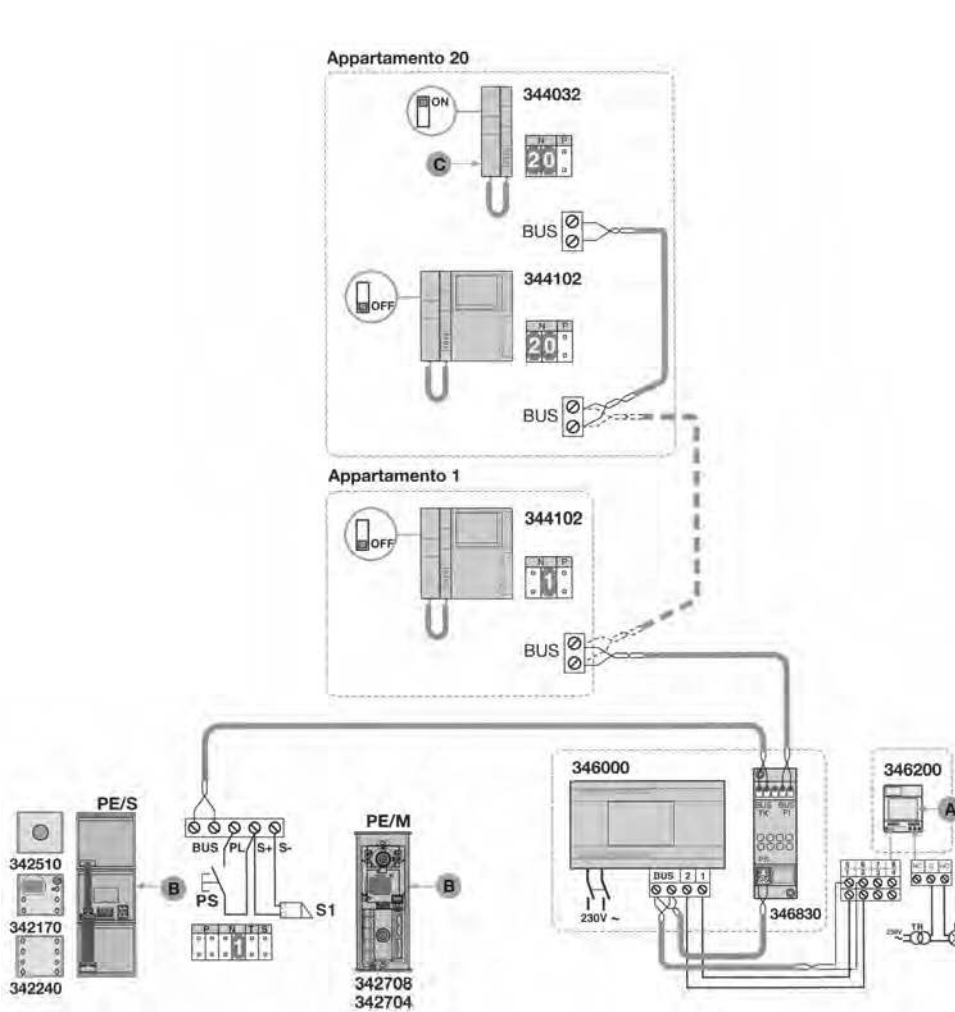


Fig. 4.40 - Esempio di applicazione di un impianto videocitofonico a 2 fili con un posto esterno video, con un massimo di 32 posti interni con cablaggio entra-esce integralmente a 2 fili.(bticino). Per quanto riguarda la configurazione valgono le regole viste per l'impianto mostrato in fig. 4.39.

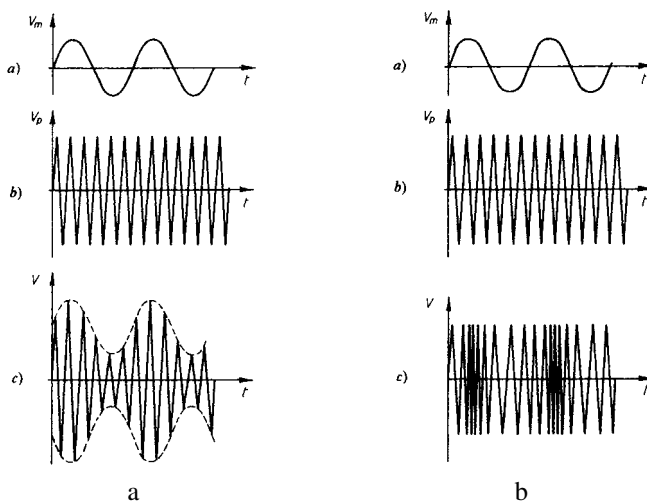


Fig. 4.41 - a) Modolazione di ampiezza: a) Segnale modulante v_m (informazione) nel caso particolare di andamento sinusoidale - b) Andamento della forma d'onda portante v_p non modulata - c) Andamento della portante modulata in ampiezza - b) Modolazione di frequenza: a) Segnale modulante v_m (informazione) nel caso particolare di andamento sinusoidale - b) Andamento della forma d'onda portante v_p non modulata - c) Andamento della portante modulata in frequenza - c) Caratteristiche.

La corrente microfonica generata sul posto esterno va invece a modulare in frequenza una portante di 5,5 MHz, mentre la corrente microfonica relativa al posto interno modula, allo stesso modo, una portante di 6,5 MHz, come mostrato nella fig. 4.41. Il segnale di chiamata viene trasmesso sulla portante microfonica del posto esterno la quale, durante la chiamata, raddoppia la sua ampiezza.

Legenda.

PE/M: posto esterno.
 342708: modulo fonico.
 342704: modulo pulsanti.
 S1: elettroserratura 18 V, 4 A impulsivi, 250 mA mantenimento (30 Ω max.)
 PE/S: posto esterno.
 342510: modulo telecamera.
 342170: modulo fonico.
 342240: modulo pulsanti.
 344102: Videocitofono Pivot.
 346000: alimentatore.
 346830: adattatore video.
 346200: attuatore (relè).
 PS: pulsante apertura elettroserratura.
 TR: trasformatore.
 L: luce scale.

Nota.

Configurare ed inserire i jumper ad impianto non alimentato, inoltre tutte le volte che si modifica la configurazione è necessario togliere e ridare l'alimentazione all'impianto, attendendo circa 1 minuto.

Il cablaggio deve essere realizzato con il metodo entra-esce sui posti interni. In alternativa è possibile realizzare un cablaggio a stella utilizzando il derivatore di piano art. 346840.

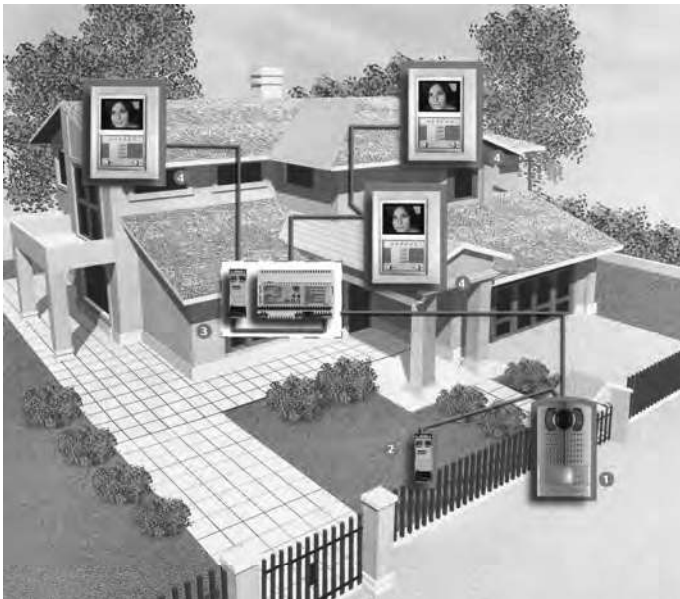
- L'impiego dell'attuatore è facoltativo per ottenere il servizio luce scale e attuatori generiche.
- Per la realizzazione del posto esterno possono essere utilizzate indifferentemente le pulsantiere Sfera o mini-Sfera oppure il gruppo fonico universale.
- Spostare su ON il microinterruttore posto nel retro dell'ultimo videocitofono o citofono della tratta di ogni montante.

Il comando di apertura dell'elettroserratura avviene, in modo analogo, attraverso il raddoppio in ampiezza dell'alimentazione in corrente continua di un circuito attivatore del posto esterno che, sottoposto a tensione doppia, invia un segnale in corrente continua di eccitazione all'elettroserratura.

I suddetti segnali sono miscelati nell'apparecchio di partenza e miscelati su quello di arrivo da appositi circuiti che poi li convogliano all'elemento a cui sono destinati: le correnti microfoniche ai ricevitori, il segnale di chiamata alle suonerie, ecc. Così modulati e miscelati, i segnali possono essere presenti anche simultaneamente sui due fili di linea. Eventuali elettroserrature, funzionanti a tensione diversa o funzionanti in corrente alternata, possono essere comandate tramite un attuatore (relè) ed alimentate separatamente.

La configurazione può avvenire in modo semplice e veloce mediante appositi jumper, come mostrato nella fig. 4.39 e nella fig. 4.40. I vari componenti dell'impianto (posto esterno e interno) possono essere configurati in azienda da una persona prima di essere installati; per essere configurati, infatti, non devono essere alimentati o collegati all'impianto.

La configurazione avviene in modo logico e intuitivo: un numero progressivo assegna ai dispositivi l'indirizzo all'interno del sistema, un numero ben definito ed univoco assegna le funzioni al dispositivo. Nel caso di un successivo intervento sull'impianto, la configurazione è riconoscibile visivamente anche dopo diverso tempo.



Possibilità di ricevere le chiamate videocitofoniche in più punti dell'abitazione. Comunicare tra i vari posti interni dell'abitazione, anche contemporaneamente. Controllare, mediante telecamere aggiuntive, cosa accade all'interno della propria abitazione e dai vari accessi (per esempio, pedonale, passo carraio). Possibilità di comando di più serrature dai posti interni. Autoaccensione e ciclata delle telecamere dell'impianto (posti interni telecamere aggiuntive). Apparecchiature usate per la realizzazione dell'impianto: 1) posto esterno video, 2) relè serratura per apertura cancello carraio, 3) centralino contenente alimentatore e adattatore video, 4) posti interni audio/video.

a



Le apparecchiature consentono di rispondere alle richieste del capitolato. Rispettare il budget, contenendo i costi dei materiali e dell'installazione. Personalizzare ed spandere l'impianto nell'appartamento del singolo cliente. Inoltre consente grande flessibilità del sistema: audio, video o misto. Tempi di installazione ridotti e possibilità di errore praticamente nulla. Modifiche e personalizzazioni successive senza cambiare nulla sull'impianto.

b

Fig. 4.42 - Esempi di applicazione degli impianti videocitofonici a 2 fili: a) Villa monofamiliare con intercettazione dei posti interni - b) Condominio plurifamiliare (bticino).

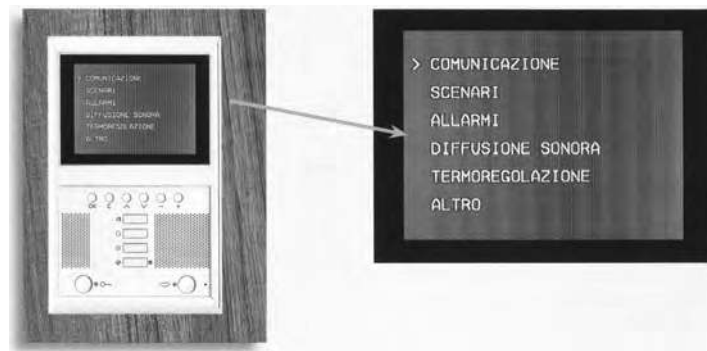


Fig. 4.43 - Esempio di posto interno di un videocitofono. Questa apparecchiatura diventa centro di controllo della casa, da cui si possono comandare e monitorare tutte le funzioni di una moderna abitazione civile: comunicazioni, scenari, impianto di allarme, diffusione sonora, controllo della temperatura ambiente (bticino).

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di come gli impianti videocitofonici a 2 fili (bticino) possono essere modificati al fine di avere ulteriori funzioni quali la diffusione sonora, il videocontrollo e l'antifurto.



Fig. 4.44 - Esempio di integrazione ad un impianto videocitofonico a 2 fili: la diffusione sonora.

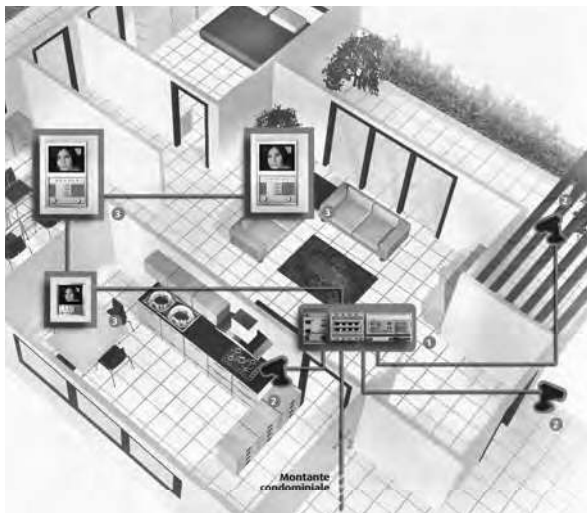


Fig. 4.45 - Esempio di integrazione ad un impianto videocitofonico a 2 fili: il videocontrollo.



Fig. 4.46 - Esempio di integrazione ad un impianto videocitofonico a 2 fili: l'antifurto.

Partendo da un'installazione videocitofonica, è possibile realizzare un impianto integrato di diffusione sonora utilizzando gli stessi 2 fili, gli stessi dispositivi e le stesse regole di configurazione.

L'impianto consente di avere un sistema centralizzato per ascoltare la musica. Permette di comunicare con l'esterno e l'interno dell'abitazione. Tutte le funzioni di controllo possono essere centralizzate nelle postazioni interne del videocitofono.

Il sistema a 2 fili presenta i seguenti vantaggi.

Cablaggio semplificato e dispositivi comuni (alimentatore, cavo e nodo audio/video). Integrazione delle funzioni: gli altoparlanti della diffusione sonora portano la voce dal videocitofono in tutti gli ambienti; inoltre, la musica si abbassa automaticamente all'arrivo di una chiamata dal posto esterno. La postazione interna del videocitofono diventa uno dei dispositivi della diffusione sonora: riproduce la musica e consente di controllare sorgenti sonore ed amplificatori.

Dispositivi utilizzati per la realizzazione dell'impianto.

- 1) Centralino contenente l'alimentatore (art. 346000), nodo audio/video F441, interfaccia d'appartamento (art. 346850).
- 2) Sorgente della diffusione sonora.
- 3) Posto interno audio/video. Centrale di controllo.
- 4) Amplificatore e casse della diffusione sonora.

Partendo da un'installazione videocitofonica è possibile realizzare un sistema di video controllo con telecamere comuni e telecamere private all'interno dei singoli appartamenti.

L'impianto consente di controllare cosa accade all'interno della propria abitazione, inoltre consente di mantenere riservate le immagini riprese.

Il sistema a 2 fili presenta i seguenti vantaggi.

Possibilità di installare più telecamere sull'impianto. Ciclicamento o accensione diretta delle telecamere. Videocontrollo di aree private: le immagini sono visibili solo all'interno dell'appartamento dove sono installate. È possibile, inoltre, il videocontrollo di aree comuni con telecamere visibili da tutti i condomini.

Dispositivi utilizzati per la realizzazione dell'impianto.

- 1) Centralino contenente l'alimentatore (art. 346000), nodo audio/video F441, interfaccia d'appartamento (art. 346850) che isola l'impianto all'interno dell'appartamento impedendo agli altri condomini di visualizzare le immagini delle telecamere private.
- 2) Telecamere private visibili solo dall'appartamento.
- 3) Posti interni audio/video.

Sempre e solo con 2 fili e le stesse regole di configurazione, è possibile realizzare un impianto antifurto integrato con la videocitofonia.

L'impianto consente di proteggere l'abitazione e le persone al suo interno, vedere le immagini della zona da cui proviene l'allarme e, inoltre, permette di visualizzare le cause di allarme in qualunque ambiente della casa.

Il sistema a 2 fili presenta i seguenti vantaggi.

Possibilità di integrare la sicurezza di un impianto di videocitofonia e di un impianto antifurto. Possibilità di visualizzazione in tempo reale, sul videocitofono, delle immagini provenienti dalla zona in allarme. Visualizzazione sulla centrale antifurto e sul videocitofono della causa di un allarme. Dispositivi utilizzati per la realizzazione dell'impianto.

- 1) Centralino contenente l'alimentatore (art. 346000), nodo audio/video F441, interfaccia d'appartamento (art. 346850) che isola l'impianto all'interno dell'appartamento impedendo agli altri condomini di visualizzare le immagini delle telecamere private.
- 2) Telecamera. Le immagini riprese dalle telecamere vengono visualizzate sul videocitofono.
- 3) Posto interno audio/video.
- 4) Centrale antifurto.
- 5) Interfaccia tra i sistemi (art. F422).
- 6) Alimentatore antifurto.
- 7) Sirena.
- 8) Sensori antifurto. Dopo un'intrusione il sensore rileva la presenza.

4.9 Panoramica degli impianti installabili negli edifici residenziali

Nella progettazione degli impianti elettrici è utile suddividere gruppi di utilizzatori aventi caratteristiche analoghe e che presentino una certa indipendenza di funzionamento: ogni gruppo costituisce così un'unità d'impianto.

Nel caso di fabbricati adibiti ad abitazioni civili, ogni appartamento costituisce un'unità d'impianto che ha inizio dal punto di fornitura dell'energia elettrica (contatore). Anche nei grandi complessi con punto di consegna centralizzato (alberghi, ospedali, officine, ecc.), le unità di impianto possono essere individuate in base ai piani degli edifici, alla loro estensione ed alla funzione dei vari reparti.

Prendiamo ora in esame gli impianti elettrici all'interno delle abitazioni.

• Quadro contatori e colonne montanti.

L'impianto elettrico in un edificio civile ha origine dal quadro contatori (cioè dall'Ente distributore).

Il contatore, come la linea di alimentazione che lo precede, è di competenza della società distributrice dell'energia e, quindi, viene installato dalla società stessa; la parte di impianto che si trova dopo il contatore e che si distribuisce nell'appartamento è, invece, competenza dell'installatore.

Le potenze installate nelle unità abitative hanno valori normalizzati: 1,5/3/4,5/6/10 kW. Ciascuna unità abitativa è protetta da un interruttore automatico dell'Ente distributore.

I morsetti a valle dell'interruttore costituiscono il punto di consegna dell'impianto all'utente, che deve a sua volta proteggere il circuito con un interruttore automatico proprio, rispettivamente, da 8/15/25/32/50 A.

A titolo di esempio, unità abitative inferiori a 50 m² possono essere protette da un unico interruttore magnetotermico differenziale da 10 A con un potere di interruzione di 4,5 kA; appartamenti con superfici e potenze maggiori (per esempio, fino a 100 m²) con una potenza pari a 3 kW possono avere un circuito per i punti luce e le prese da 10 A e un circuito per le prese da 16 A, con un interruttore generale magnetotermico differenziale da 20 A e due interruttori automatici magnetotermici, rispettivamente, da 10 e 16 A.

In caso di posa centralizzata dei contatori negli scantinati, le colonne montanti fanno parte dell'impianto utilizzatore e devono essere distinte e separate per ciascun utente. Per separazione si intende la posa in distinte tubazioni ed in distinte scatole rompitratta oppure in un unico condotto con cavi multipolari sotto guaina ed ininterrotti dal locale contatore all'utente (nel locale contatore per non più di 3 m i conduttori unipolari possono essere nella stessa tubazione).

Si devono usare sezioni di portata superiore alla corrente di impiego per avere delle cadute di tensione ridotte.

All'ingresso delle unità abitative devono essere installati i centralini di distribuzione, contenenti gli interruttori automatici e differenziali, le suonerie ed eventualmente i relè.

Alcuni installatori preferiscono inserire un ulteriore interruttore automatico alla base del montante, con corrente nominale uguale a quella dell'interruttore generale dell'appartamento, anche se le norme non lo richiedono.

• Impianto per l'illuminazione interna.

Serve per illuminare i diversi locali dell'appartamento attraverso lampade ad incandescenza o fluorescenti. Il comando, come si è visto nelle tavole presentate in questo capitolo, può essere effettuato da un solo punto o da più punti.

Comprende, inoltre, i circuiti e le prese per l'alimentazione di lampade da tavolo o per il collegamento di elettrodomestici di piccolissima potenza (10 A).

• Impianto per la distribuzione della forza motrice.

Comprende il circuito di alimentazione e le prese alle quali è possibile allacciare elettrodomestici ed accessori fissi con potenza maggiore (corrente massima di 16 A).

• Impianti di segnalazione e di portiere elettrico.

Gli impianti di segnalazione sono costituiti da suonerie e pulsanti che vengono usati per segnalare la presenza di persone fuori dall'appartamento o per chiamate interne all'appartamento stesso, per esempio del personale di servizio. Gli impianti di portiere elettrico sono realizzati con citofoni o videocitofoni e permettono di conversare con la persona che si trova all'ingresso dell'edificio e di aprire il portone o il cancello con la semplice pressione di un pulsante.

• Impianto luce per scale.

Può essere un impianto indipendente oppure abbinato al portiere elettrico e permette l'accensione della luce delle scale in vari punti e lo spegnimento automatico trascorso un determinato tempo.

• Impianto di messa a terra.

Rappresenta uno degli elementi fondamentali per garantire all'utente un impianto elettrico sicuro, come verrà meglio illustrato in seguito.

• Impianto di antenne TV.

Questo impianto, che può essere singolo o centralizzato (può servire tutti gli utenti con un solo gruppo di antenne), serve per distribuire i segnali delle trasmissioni radio - TV in modo da ottenere la massima fedeltà della ricezione.

- **Impianti per i servizi generali.**

È un insieme di impianti comuni a tutto l'edificio e servono per alimentare la centrale termica (caldaie e bruciatori), l'eventuale centrale idrica per il pompaggio dell'acqua, i motori di ascensori o montacarichi, l'illuminazione dei locali ad uso comune.

- **Impianto di distribuzione telefonica.**

In questo caso l'installatore si limita a posare la tubazione necessaria per la distribuzione della linea telefonica che poi verrà realizzata dai tecnici della società distributrice del servizio telefonico.

- **Impianti di illuminazione esterna.**

Sono analoghi agli altri impianti, ma richiedono particolari accorgimenti per funzionare pur essendo sottoposti agli agenti atmosferici. Servono per illuminare viali, giardini, ecc..

- **Impianti di allarme.**

Rappresentano il sistema di protezione da tentativi di furto nell'appartamento o per avvisare del pericolo di incendio o di fughe di gas.

- **Impianti di cancelli o serrande elettriche.**

Consentono il comando a distanza per l'apertura e la richiusura di cancelli o serrande di garage e vengono frequentemente collegate al portiere elettrico.

Attrezzi utili per le operazioni di muratura		Attrezzi utili per le operazioni di installazione	
Matita	Metro di legno	Borsa per attrezzi	Set cacciaviti a taglio
Battispago, polvere	Bolla	Set cacciaviti a croce	Forbici
Filo a piombo	Cemento	Martello	Pinza universale
Sabbia, badile	Carriola	Pinza a becchi piatti	Pinza a becchi tondi
Secchio per malta	Cazzuola	Metro scorrevole	Piombo, battispago e polvere
Martello, chiodi	Mazzetta	Molle piegatubi	Prolunga lunga
Scalpelli	Spatole	Prolunga corta	Seghetto
Canna dell'acqua	Trapano elettrico per cemento	Set di lime da ferro e da legno	Pinza per capicorda
Assi di legno	Scala telescopica	Spelacavi	Sonda tirafili
Trapano manuale	Ponteggio	Trapano elettrico	Cercafase
---	---	Tester analogico	Strumenti per il collaudo

Tab. 4.10 - Elenco dei principali attrezzi utili per le operazioni di muratura e di installazione dell'impianto elettrico.

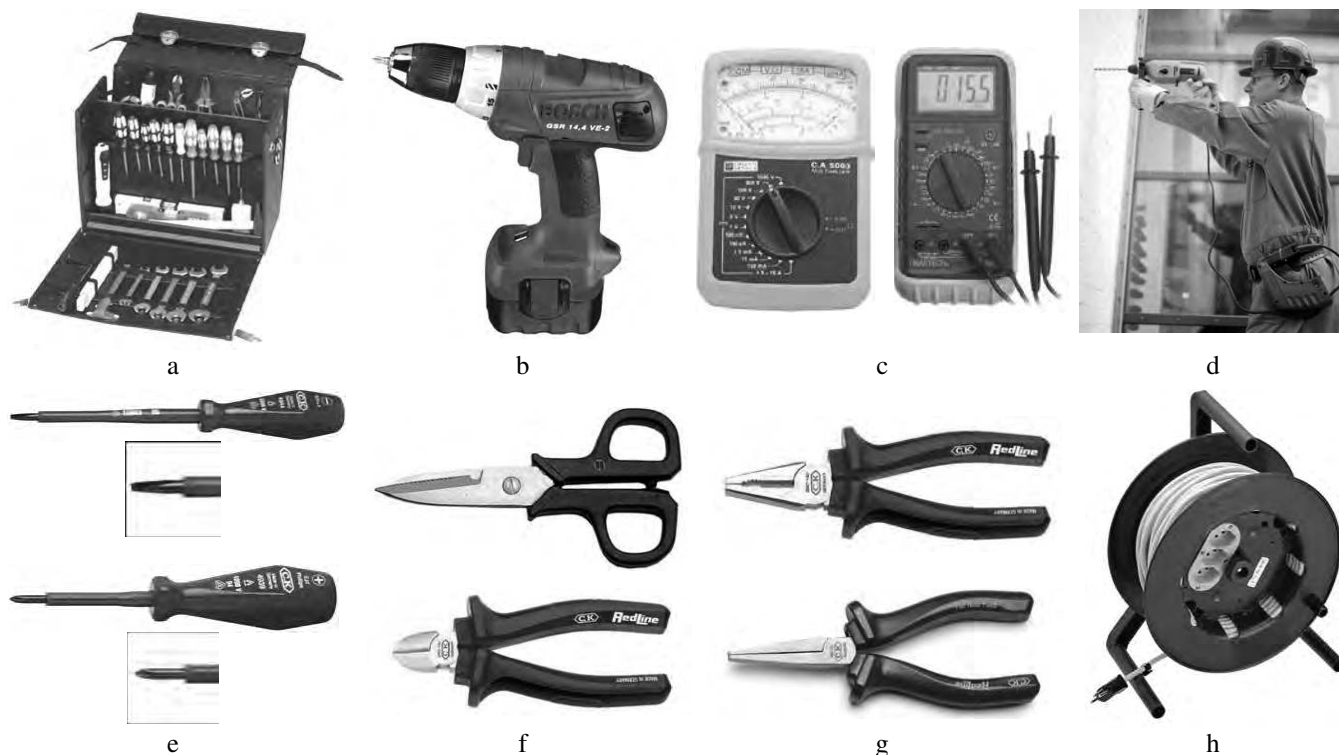


Fig. 4.47 - Alcuni attrezzi, apparecchiature e strumenti utilizzati per la realizzazione degli impianti elettrici: a) Borsa con utensili - b) Trapano e cacciavite ad accumulatore - c) Multimetro analogico e digitale - d) Trapano a percussione ad accumulatore - e) Cacciaviti per elettricisti per viti a taglio e a croce - f) Cesoaia per elettricisti e tronchesino - g) Pinza universale e pinza piatta - h) Prolunga con avvolgicavo con tre prese (Distrelec).

4.10 Alcuni criteri per l'impostazione dell'impianto elettrico di un appartamento

- **Scelta delle scatole portafrutto.**

Trattandosi di impianti normalmente incassati sotto traccia, le scatole portafrutto (destinate a contenere le apparecchiature di comando, alimentazione, segnalazione, ecc.) vanno scelte in funzione del modello di apparecchiatura elettrica stabilita dal committente.

Per impianti molto economici si potranno adottare scatole rotonde in plastica dalla forma cilindrica o, preferibilmente, dalla forma conica aventi il diametro di 60-65 mm (fig. 4.48b).

Si deve tenere presente che le scatole portafrutto rotonde si prestano quasi esclusivamente all'installazione di determinate apparecchiature cosiddette monoblocco.

Usando speciali accessori, è possibile anche l'installazione di apparecchiature del tipo componibile (massimo 1-2 frutti per scatola).

Dal momento che esistono in commercio apparecchiature componibili molto economiche, sarà opportuno adottare sempre su impianti nuovi scatole portafrutto del tipo per apparecchiature componibili (fatta eccezione per quei casi dove vi siano problemi di ingombro).

Sono disponibili in varie dimensioni: scatole portafrutto da 1 a 6 posti e centralini fino a 20 posti.

La scatola che si presta maggiormente alle esigenze di un impianto normale per appartamento è senza dubbio quella standardizzata a 3 posti (fig. 4.48a), che permette l'installazione di 1, 2 o 3 apparecchi componibili che possono venire *coperti* da placche rispettivamente da 1, 2 o 3 fori.

Questa soluzione, oltre a permettere una certa unificazione della dimensione delle scatole, è esteticamente appropriata.

Le scatole di tipo componibile presentano inoltre il vantaggio, rispetto a quelle rotonde, di avere un sistema di fissaggio fra supporto e scatole del tipo a vite e piastrina filettata, molto più sicuro di quello a griffe regolabili.



Fig. 4.48 - Installazione di apparecchi civili modulari come interruttori, deviatori, invertitori, pulsanti, ecc.: a) In scatola rettangolare - b) In scatola rotonda (bticino).

- **Posizionamento delle scatole portafrutto.**

Il posizionamento delle scatole portafrutto è normalmente legato alle esigenze ed alle richieste dell'utente. Sarà tuttavia opportuno tenere conto dei seguenti criteri:

- 1) installare le scatole portafrutto su 2-3 livelli standard, curando l'allineamento anche con altre apparecchiature o scatole di derivazione (anche in senso verticale) ad eccezione di casi particolari di utilizzo. L'altezza di installazione degli apparecchi di comando e delle prese deve essere comunque conforme alla norma CEI 64-50;
- 2) le scatole portafrutto da installare vicino alle porte di ogni locale si dovranno posizionare ad una distanza non eccessiva dallo stipite della porta stessa, per renderle facilmente accessibili;
- 3) posizionare le scatole portafrutto tenendo conto, dove possibile, dell'ingombro dei mobili, in modo da evitare il parziale o totale occultamento delle apparecchiature di manovra e di comando ed in considerazione di una certa rispondenza estetica dell'installazione.

- **Scelta delle scatole di derivazione.**

Si possono adottare scatole rotonde (\varnothing 65 o \varnothing 85), quadrate o rettangolari di dimensioni adeguate all'ingombro, da prevedere in base alla confluenza di vari circuiti ed in base alle apparecchiature che esse dovranno contenere.

Nella scelta della scatola di derivazione, si dovrà anche tenere conto dell'ingombro richiesto da ogni singolo fascio di tubi che si presenterà sui vari lati della scatola stessa.

Per la scelta della profondità della scatola, si dovrà considerare lo spessore della parete nella quale verrà incassata.

Esteticamente è opportuno, dove possibile, unificare al massimo le dimensioni esterne delle scatole di derivazione (profondità esclusa).

- **Corretto impiego e posizionamento delle scatole di derivazione.**

Le scatole di derivazione sono destinate, come si può intendere dalla loro denominazione, a contenere le derivazioni ovvero le confluenze di vari tronchi d'impianto.

Si può facilmente capire come la loro installazione, ma soprattutto la scelta del loro posizionamento, costituisca un elemento assai importante ai fini di una impostazione logica e funzionale dell'impianto.

Per questo motivo, vengono riportati di seguito alcuni criteri da considerare per l'impiego ed il posizionamento delle scatole di derivazione:

- 1) prevedere l'installazione di scatole di derivazione ogni qualvolta sorgano problemi di connessione e di diramazione dei circuiti elettrici, in modo da semplificare al massimo i percorsi e la distribuzione delle singole linee e ridurre così la lunghezza dei tubi e dei conduttori;
- 2) far uso di scatole di derivazione per evitare di effettuare derivazioni nelle scatole portafrutto (vietate dalle norme CEI); in queste ultime è ammessa tuttavia una derivazione per ogni fase, purché il collegamento avvenga sui morsetti delle apparecchiature;
- 3) prevedere l'installazione di scatole di derivazione ogni qualvolta i percorsi dei tubi fra due scatole presentino curve con angolazione complessiva superiore a 270°;
- 4) prevedere l'installazione di scatole di derivazione ogni qualvolta i percorsi dei tubi risultino eccessivamente lunghi; è buona norma, a questo proposito, installare scatole almeno ogni 8÷10 m;
- 5) posizionare le scatole di derivazione allineandole, dove possibile, con altre scatole o con apparecchiature installate vicine ad esse.

- **Criteri per la scelta del luogo di installazione del centralino.**

Nella scelta della dislocazione del centralino, si dovranno tenere in considerazione i seguenti punti:

- 1) il centralino deve essere facilmente e rapidamente accessibile in caso di intervento di emergenza (guasti, pericolo, ecc.);
- 2) il centralino deve essere dislocato molto vicino alla porta di ingresso dell'appartamento per facilitare il ripristino dell'alimentazione in occasione del rientro in casa dopo lunghe assenze;
- 3) il centralino dovrà essere installato nel punto più vicino possibile all'ingresso della linea principale di alimentazione (proveniente dal quadro contatori);
- 4) il centralino dovrà essere installato in un punto tale da non comportare eccessivo contrasto estetico con la disposizione dell'arredamento dell'ambiente circostante.

Alcuni criteri sopra esposti possono risultare fra loro contrastanti, per cui in pratica si dovrà spesso effettuare la scelta mediando fra sicurezza, funzionalità ed estetica.

I locali che rispondono maggiormente ai requisiti richiesti sono, in ordine di preferenza, i seguenti:

- 1) ingresso (possibilmente dietro la porta);
- 2) ripostiglio (se situato nelle vicinanze dell'ingresso);
- 3) corridoio interno (se situato nelle immediate vicinanze dell'ingresso).

- **Scelte e operazioni da effettuare per la corretta esecuzione dell'impianto elettrico di un appartamento.**

- 1) Stabilire la posizione di tutte le apparecchiature, le scatole di derivazione, ecc. in relazione all'utilizzo degli ambienti.
- 2) Scegliere il tipo di distribuzione: circuiti luce e forza motrice separati o uniti, oppure distribuzione radiale.
- 3) Individuare i percorsi dei tubi ed eseguire la tracciatura, dopo aver controllato l'andamento dei travetti del solaio, le posizioni dei pilastri o di altri manufatti in cemento armato, in modo da ridurre al minimo la lunghezza dei tubi, compatibilmente con le esigenze dell'impianto.
- 4) Stabilire il numero e la sezione dei conduttori in ogni tubo compreso il cavo di terra in base alle tabelle.
- 5) Calcolare il diametro dei tubi con la tabella oppure con la formula.
- 6) In relazione ai preventivi, decidere il tipo di apparecchiature da impiegare (marca, modello, ecc.).
- 7) Stabilire la posizione del quadro contatori e degli interruttori automatici.

- **Eventuale ricerca di errori o guasti.**

Se il mancato funzionamento di una parte d'impianto è localizzabile, si può intervenire rapidamente controllando e correggendo l'anomalia. Nel caso in cui non sia invece possibile stabilire l'esatto punto in cui si trova l'errore, nemmeno dopo aver staccato tutti i carichi e aver manovrato gli apparecchi di comando secondo le combinazioni possibili (per esempio, cortocircuito, oppure contatto fra fasi e terra), si dovrà procedere con il metodo del *sezionamento progressivo* delle varie ramificazioni dell'impianto.

Si tenga presente in questo caso che è sufficiente staccare il collegamento nelle varie scatole di derivazione (progressivamente e partendo dal punto più lontano) di una sola fase (cortocircuito) o del solo conduttore di terra (dispersione fra fase e terra) per localizzare la posizione dell'errore o del guasto.

Di seguito vengono presentate alcune tabelle che elencano le anomalie più comuni riscontrabili negli impianti per il comando di una lampada mediante l'uso di interruttori, commutatori, deviatori e invertitori; vengono altresì indicate le possibili cause e i rimedi che l'installatore può adottare.

Lampade ad incandescenza comandate da un interruttore		
Anomalia	Probabile causa	Rimedio
• La lampada, pur agendo sull'interruttore, non si accende.	• la lampada è bruciata	• verificare se il filamento è interrotto e sostituire la lampada controllando che la tensione sia corretta
	• la lampada è allentata nel portalampada	• serrare a fondo nel portalampada la lampada
	• il portalampada è difettoso	• provare la continuità ed eventualmente sostituirlo
	• manca l'alimentazione generale	• accendere le luci negli altri locali e, solo se non si accendono, controllare: a) se è aperto l'interruttore automatico generale; b) se i fusibili sono ben serrati nel portafusibili ed integri; c) se a valle del contatore c'è tensione. Se sono intervenute le protezioni, ricercare la causa del sovraccarico o del cortocircuito e ripristinare le protezioni, dopo aver eliminato la causa del loro intervento
• La lampada, pur agendo sull'interruttore, rimane sempre accesa.	• è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nell'interruttore; b) nel portalampada; c) nella scatola di derivazione	• controllare i collegamenti in a), b) e c) e serrare a fondo tutti i morsetti di collegamento
	• l'interruttore è guasto e non chiude il contatto	• provare la continuità e sostituire l'interruttore
	• l'interruttore è guasto: il contatto è sempre chiuso	• provare la continuità e cercare di sbloccare il contatto picchiettando il contenitore portacontatti, altrimenti sostituire l'interruttore
	• il conduttore di fase o quello di fase interrotto è troppo spelato e stabilisce continuità metallica in modo permanente tra i due contatti	• isolare correttamente i conduttori

Tab. 4.11 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da un interruttore.

Lampade ad incandescenza comandate da un commutatore		
Anomalia	Probabile causa	Rimedio
• I due gruppi di lampade, pur agendo sull'apparecchio di comando, non si accendono	• controllare come indicato nei primi 4 punti per la lampada comandata da un interruttore	
	• è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nel morsetto comune del commutatore, b) nella scatola di derivazione, c) nel morsetto comune del lampadario	• controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
• I gruppi di lampade si accendono sempre contemporaneamente	• il commutatore è guasto	• provare la continuità ed eventualmente sostituirlo
	• è errato il collegamento dei conduttori nel commutatore	• effettuare correttamente i collegamenti
• Un gruppo di lampade rimane sempre acceso	• i conduttori che vanno al lampadario, troppo spelati, si toccano nel commutatore o nel lampadario	• isolare correttamente i conduttori
	• il commutatore di fase, troppo spelato, tocca uno dei conduttori collegati a un morsetto di comando	• isolare correttamente i conduttori
• Pur agendo sul commutatore, i gruppi di lampade rimangono sempre accesi	• il conduttore di fase e i conduttori che vanno alle lampade si toccano nel commutatore o, quelli che vanno alle lampade, nel lampadario	• isolare correttamente i conduttori
• Un gruppo di lampade non si accende da solo	• errato il collegamento del conduttore di fase nel commutatore	• collegare il conduttore di fase al morsetto comune
• Un gruppo di lampade non si accende mai pur agendo sul commutatore	• è interrotta la continuità metallica: a) nel commutatore; b) nella scatola di derivazione; c) nel lampadario	• controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento

Tab. 4.12 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da un commutatore.

Lampade ad incandescenza comandate da deviatori		
Anomalia	Probabile causa	Rimedio
• La lampada, pur agendo sui deviatori, non si accende	• controllare come indicato nei primi 4 punti per la lampada comandata da un interruttore	
	• è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nel morsetto comune di uno dei due deviatori; b) nella scatola di derivazione; c) nel morsetto del portalamпада	• controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
• La lampada, pur agendo sui deviatori, rimane sempre accesa	• è guasto uno dei due deviatori	• provare la continuità e sostituire il deviatore guasto
	• i conduttori in un deviatore sono troppo spelati e cortocircuitano i morsetti	• isolare correttamente i conduttori
• Il comando della lampada non è possibile da uno dei due punti	• sono errati i collegamenti nei due deviatori	• controllare i collegamenti ed effettuarli nel modo corretto
	• i conduttori in un deviatore sono troppo spellati e determinano permanentemente la continuità metallica tra i morsetti del deviatore	• isolare correttamente i conduttori
• In un lampadario una delle lampade non si accende o le lampade si accendono con intensità anomala	• la lampada è guasta	• controllare e sostituire
	• è interrotta la continuità metallica al portalamпада	• controllare i collegamenti e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
	• è difettoso il portalamпада	• controllare e sostituire
	• le lampade sono collegate in serie anziché in parallelo	• effettuare il collegamento in modo corretto

Tab. 4.13 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da deviatori.

Lampade ad incandescenza comandate da deviatori ed invertitori		
Anomalia	Probabile causa	Rimedio
• La lampada, pur agendo sui deviatori, non si accende	• controllare come indicato nei primi 4 punti per la lampada comandata da un interruttore	
	• è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nel morsetto comune di uno dei due deviatori; b) nella scatola di derivazione; c) nel morsetto del portalamпада	• controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
	• è guasto uno degli apparecchi di comando	• controllare la continuità di deviatori ed invertitori e sostituire l'apparecchio guasto
• Il comando della lampada non è possibile da tutti i punti	• sono errati i collegamenti negli apparecchi di comando	• controllare i collegamenti ed effettuarli nel modo corretto
	• è interrotto un collegamento in uno degli apparecchi di comando	• controllare i collegamenti e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
• In un lampadario le lampade sono accese con intensità anomala	• la lampada è guasta	• controllare e sostituire
	• è interrotta la continuità metallica al portalamпада	• controllare i collegamenti e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
	• è difettoso il portalamпада	• controllare e sostituire
	• le lampade sono collegate in serie anziché in parallelo	• effettuare il collegamento in modo corretto

Tab. 4.14 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da deviatori e invertitori.

4.11 Esempi di soluzioni impiantistiche secondo le guide CEI: edilizia ad uso residenziale e terziario

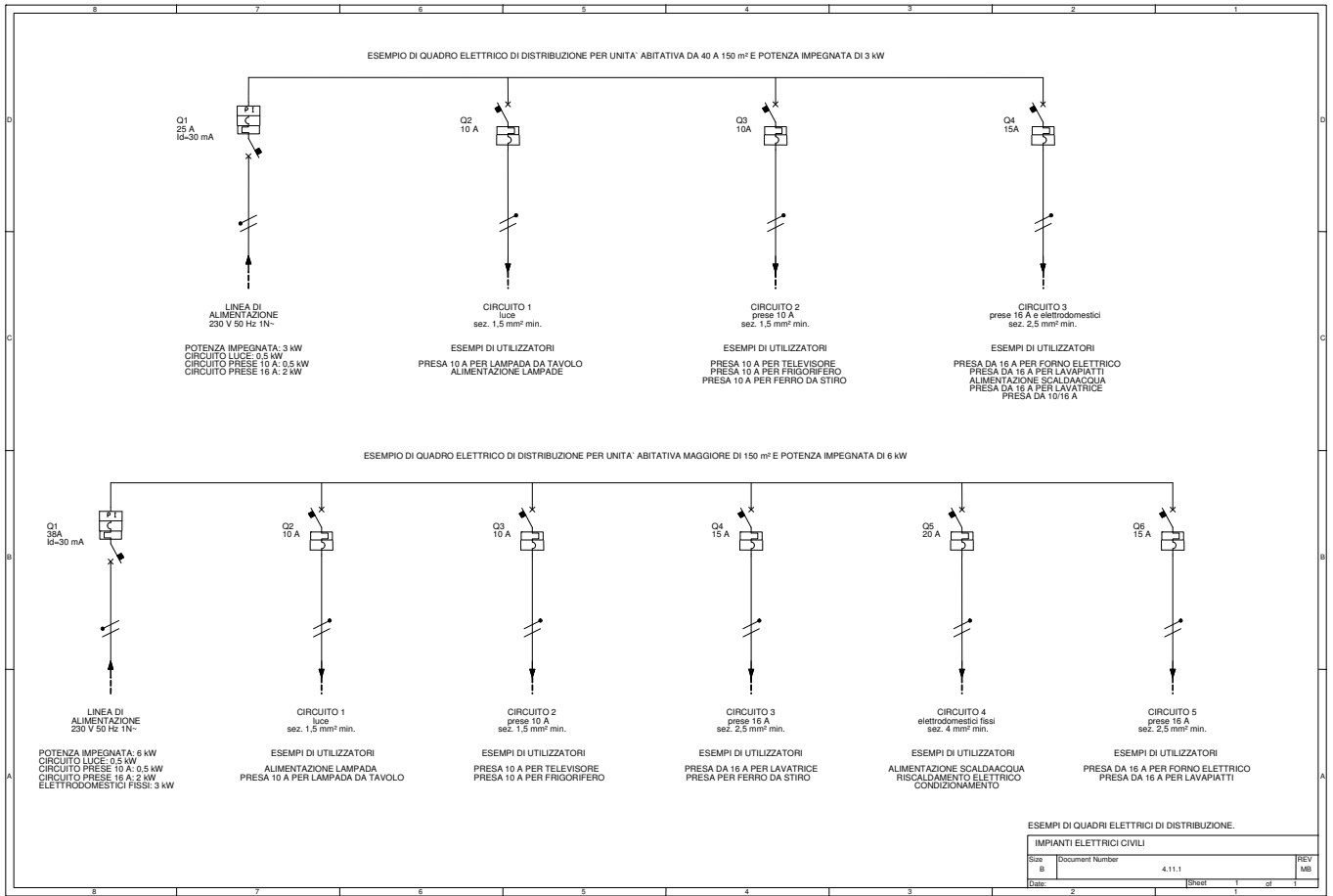
Il mercato e gli utenti diretti delle norme, che non sono solo i costruttori di componenti, ma anche, e soprattutto, gli installatori, i progettisti, i manutentori, ecc., hanno particolarmente bisogno di manuali, di guide installative e di formazione continua e aggiornata sulle novità tecniche e normative.

Da qualche anno il CEI pubblica una serie di guide impiantistiche, destinate all'installazione e alla prevenzione tecnica dei lavori nel settore residenziale e similare: CEI 64-50 (Criteri generali), CEI 64-51 (Criteri particolari per centri commerciali), CEI 64-52 (Criteri particolari per edifici scolastici), CEI 64-53 (Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale), CEI 64-54 (Criteri particolari per locali di pubblico spettacolo), CEI 64-55 (Criteri particolari per strutture alberghiere), CEI 64-57 (Impianti di piccola produzione distribuita). Le guide affrontano, tra l'altro, gli aspetti tecnici del problema, elencando alcune soluzioni proposte per diversi ambienti e consigliando le apparecchiature necessarie.

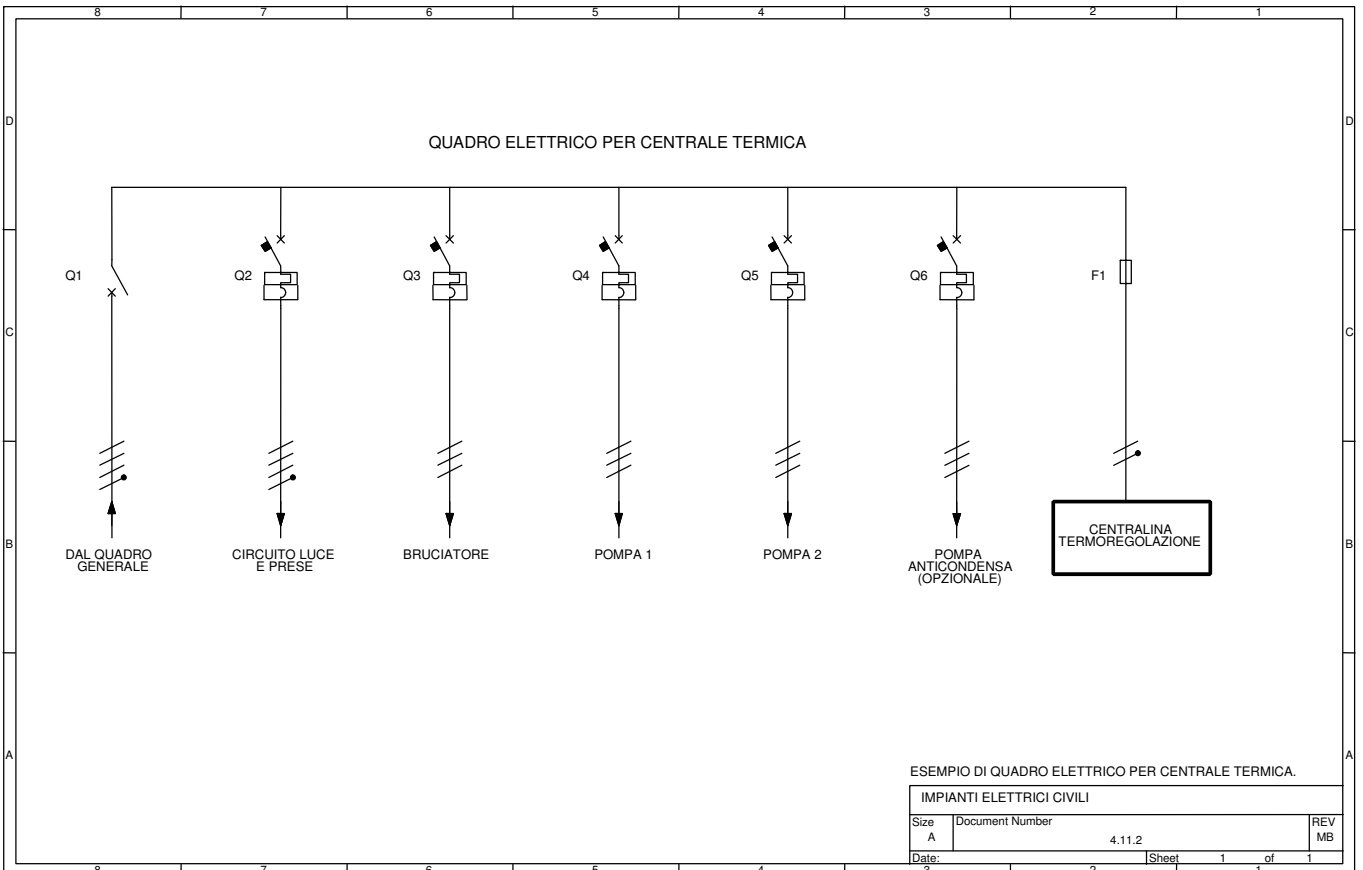
Di seguito vengono presentate alcune tavole, conformi a queste guide, che mostrano degli esempi relativi a quadri elettrici di distribuzione e un quadro elettrico per una centrale termica.

Inoltre, viene fornito un esempio di tavola (da riprodurre) utile per compilare lo schema elettrico di un quadro di distribuzione, con la possibilità di elencare le principali caratteristiche tecniche dell'utenza, dell'interruttore o del fusibile posto a protezione della linea, di un eventuale contattore, del relè termico e dei conduttori costituenti la linea stessa. Sono riportati esempi di dotazioni per locali uso soggiorno, ingresso, ripostiglio, cucina, bagno, camera matrimoniale, camera singola, ufficio. Vengono altresì mostrate alcune tavole di impianti completi per un appartamento relative al circuito di illuminazione e alle prese di corrente sia con i percorsi principali a parete che a pavimento e la disposizione dell'impianto telefonico.

4.11.1 Esempi di quadri elettrici di distribuzione



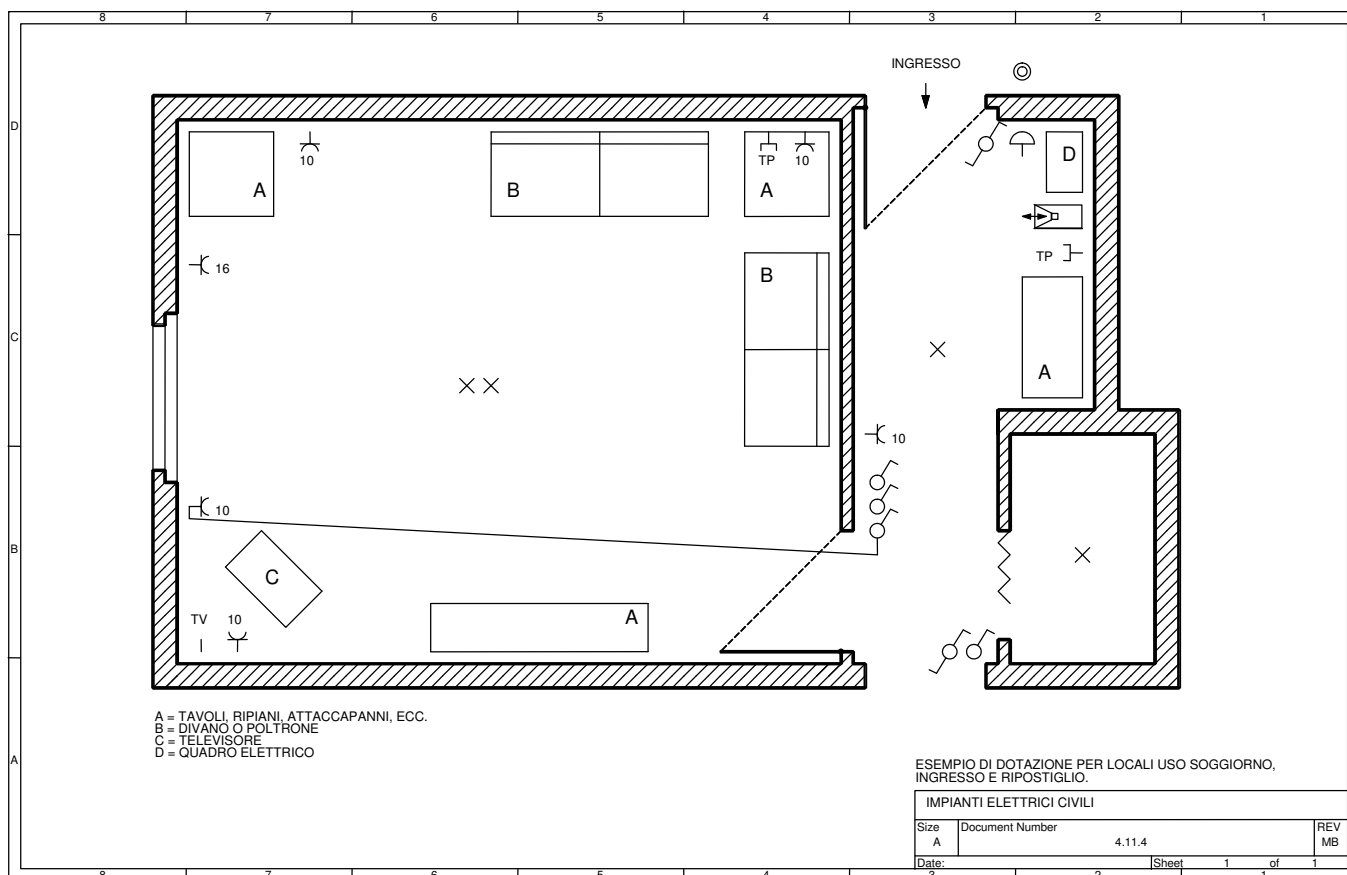
4.11.2 Esempio di quadro elettrico per centrale termica



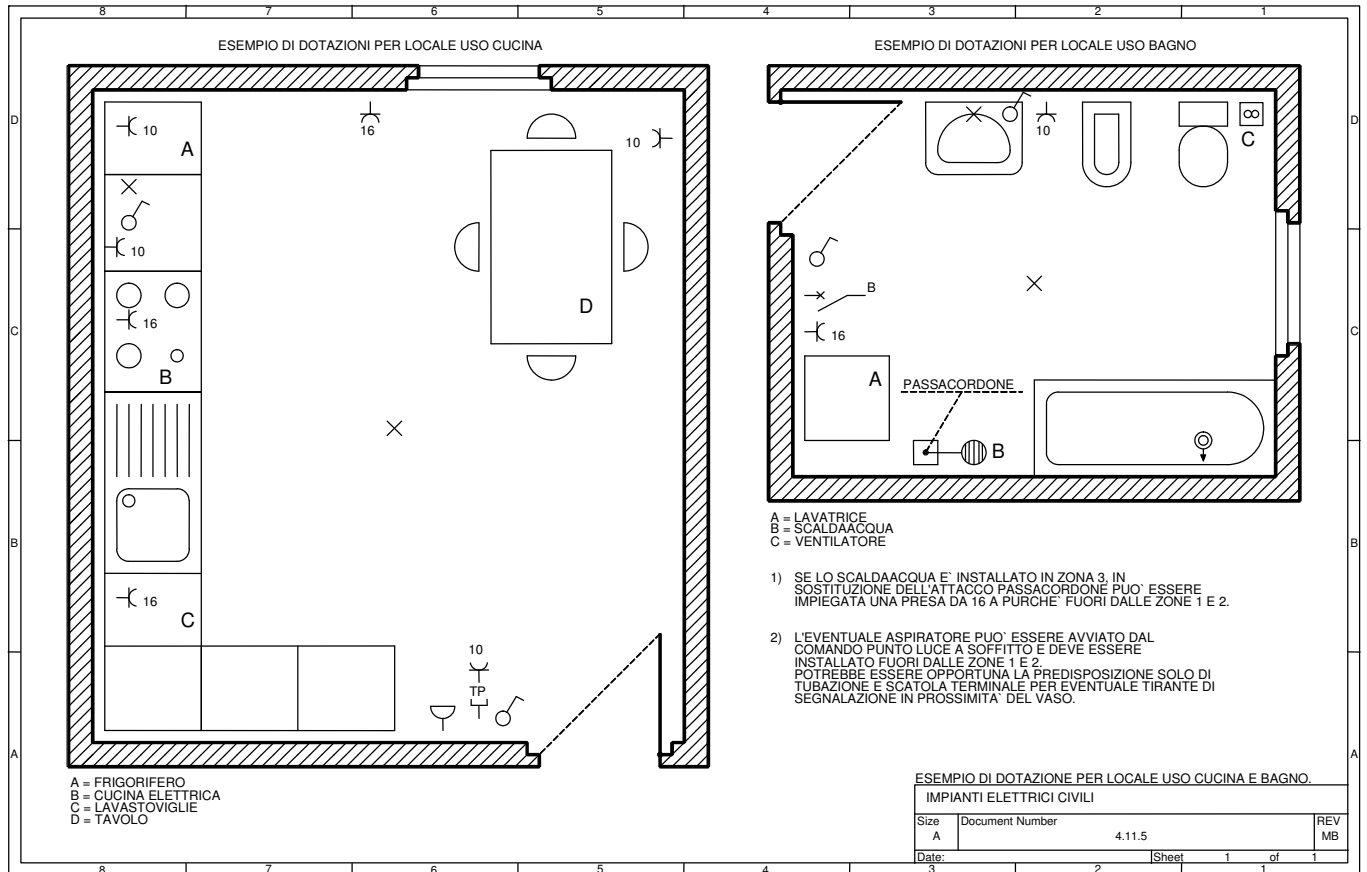
4.11.3 Esempio di modulo per la preparazione dello schema elettrico di un quadro elettrico di distribuzione

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UTENZA	SIGLA	-										
	TIPO DI SERVIZIO	-										
	POTENZA NOMINALE	[kW]										
	TENSIONE NOMINALE	[V]										
	CORRENTE ASSORBITA I _b	[A]										
INTERRUTTORE O FUSIBILE	COSTRUTTORE - TIPO	-										
	ESECUZIONE/NUMERO POLI	-										
	CORRENTE NOMINALE I _n	[A]										
	POTERE DI INTERRUZIONE	[kA]										
CONTATTORE	I _d RELE' DIFFERENZIALE	[A]										
	CORRENTI NOMINALI I _b - I _c	[A]										
	TENSIONI NOMINALI U _i - U _c	[V]										
RELE' TERMICO	CATEGORIA	-										
	CORRENTE NOMINALE/TARATURA	[A]										
CONDUTTORI	TIPO - SIGLA	-										
	FORMAZIONE - SEZIONE	-										
	LUNGHEZZA LINEA	[m]										
	CADUTA DI TENSIONE	[V]										
	PORTATA I _z	[A]										
	I _{z2} LINEA	[kA]										
COGNOME: _____		COMMITTENTE: _____		OGGETTO: _____				DISEGNATO: _____		DISEGNO: _____		
NOME: _____		CLASSE: _____ SEZIONE: _____						REVISIONE: _____ DATA: _____		FOGLIO: _____ DI _____		

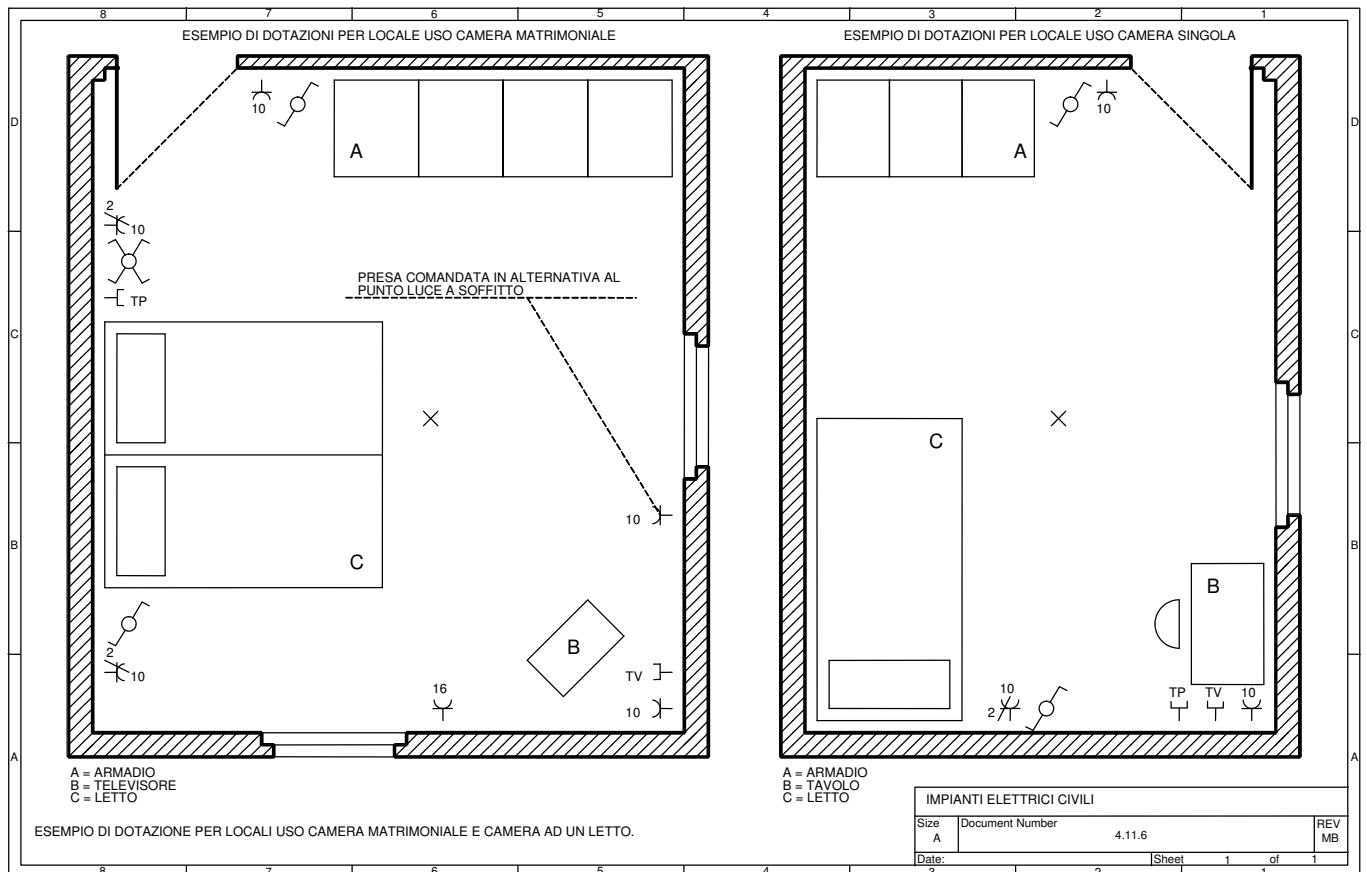
4.11.4 Esempio di dotazione per locali uso soggiorno, ingresso e ripostiglio



4.11.5 Esempio di dotazione per locali uso cucina e bagno



4.11.6 Esempio di dotazione per locali uso camera matrimoniale e camera singola



4.11.7 Esempio delle dotazioni relative alle tavole 4.11.4, 4.11.5, 4.11.6

LOCALE	ILLUMINAZIONE	ALTRI USI	OSSERVAZIONI
Ingresso	1 punto luce a soffitto con 2 deviatori unipolari	1 presa 2P + PE 10 A 1 primo punto telefono 1 pulsante esterno a suoneria	Qui è di solito ubicato il quadro elettrico da cui, in generale, partono 3 circuiti
Ripostiglio	1 punto luce a soffitto con un interruttore		Interruttore all'esterno del ripostiglio
Soggiorno	2 punti luce a soffitto 2 interruttori 1 presa 2P + PE 10 A comandata con interruttore (eventualmente)	3 presa 2P + PE 10 A 1 presa 2P + PE 16/10 A 1 presa telefono 1 presa antenna	2 Presa 2P + PE 10 A, vanno ubicate vicino alle prese telefono e antenna
Locale cucina	1 punto luce a soffitto 1 punto luce a parete 2 interruttori	4 presa 2P + PE 10 A (una comandata) 3 presa 2P + PE 16/10 A 2 presa 2P + PE 16 A 1 presa telefono 1 presa antenna 1 suoneria (interno)	In caso di installazione di cucina elettrica (di potenza superiore a 3,6 kW) prevedere un proprio circuito diretto dal quadro. La presa da 16 A per lavastoviglie va installata vicino alle predisposizioni idrauliche.
Camera matrimoniale	1 punto luce comandato da 2 deviatori e un invertitore 1 presa 2P + PE 10 A comandata (alternativa al punto luce a soffitto)	2 presa 2P + PE 10 A 2 presa 2P + PE 10 A doppie 1 presa 2P + PE 16/10 A 1 presa telefono 1 presa antenna	Le due prese doppie disposte ai lati del letto.
Locale bagno	1 punto luce a soffitto 1 punto luce a parete 2 interruttori di comando	1 presa 2P + PE 10 A 1 presa da 16 A 1 pulsante a tirante con suoneria in cucina Inoltre eventualmente: 1 attacco per scaldacqua 1 interruttore automatico di comando	1 Comando aspiratore (eventuale) 1 La presa da 16 A per lavatrice va installata vicino alle predisposizioni idrauliche. Idem per lo scaldacqua. Attenzione al rispetto delle norme particolari per locale bagno.
Camera singola	1 punto luce a soffitto 2 deviatori	1 presa 2P + PE 10 A doppia 1 presa 2P + PE 10 A 1 presa 2P + PE 16/10 A 1 presa telefono 1 presa antenna	1 La presa doppia vicino al letto presa da 10 A vicino alla presa TV
Corridoio	1 punto luce a soffitto o punti a parete e loro comandi. Eventuale punto luce emergenza	1 presa 2P + PE 10 A ogni 5 m	Comandi almeno alle due estremità

ELENCO DELLE DOTAZIONI RELATIVE ALLE TAVOLE 4.11.4 - 4.11.5 - 4.11.6.

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

Size	Document Number	REV
A	4.11.7	MB
Date:	Sheet	1 of 1

4.11.8 Esempio di dotazione per unità uso ufficio e relativo elenco

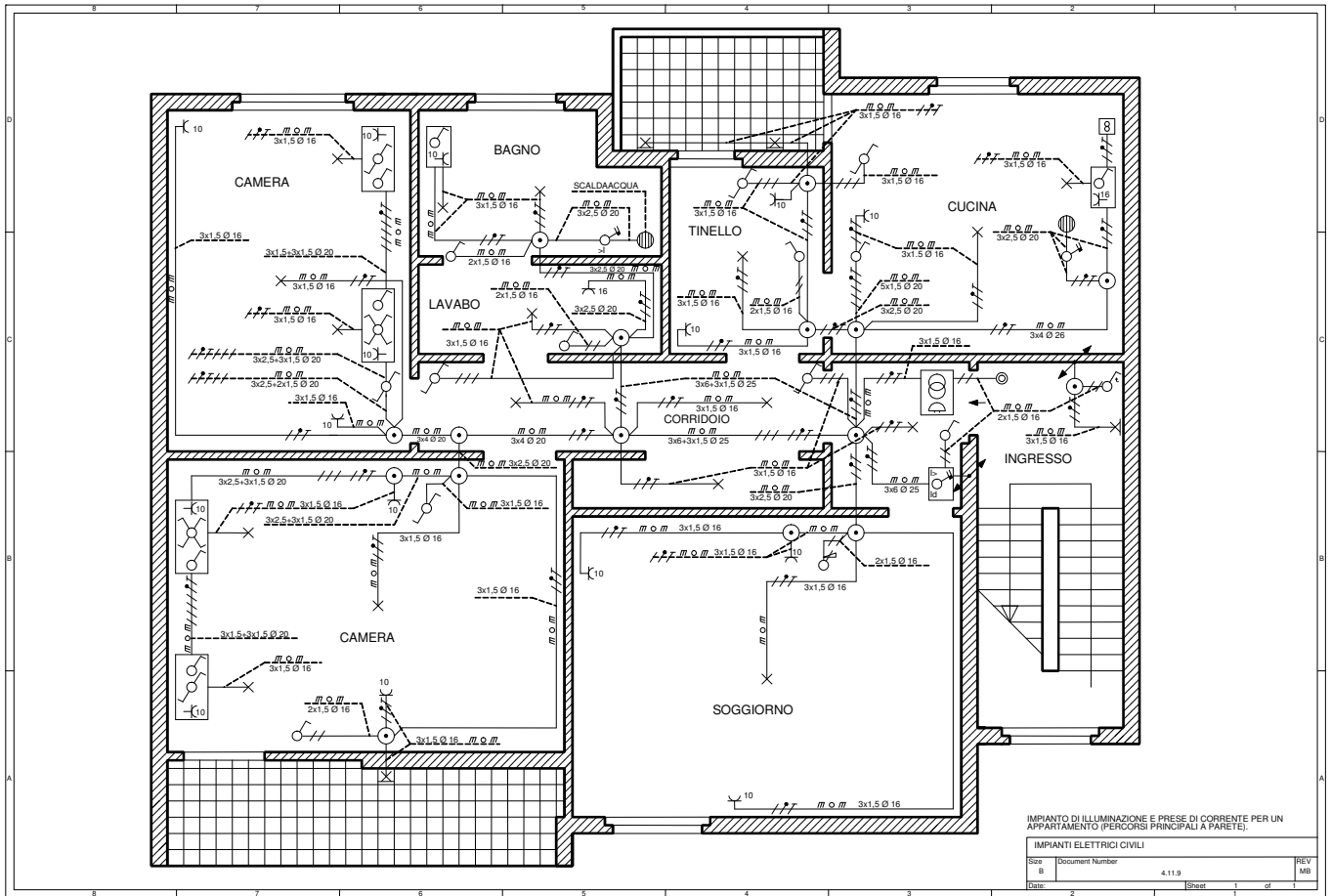
LOCALE	ILLUMINAZIONE	ALTRI USI	OSSERVAZIONI
Ingresso	1 punto luce a soffitto 1 interruttore	1 presa 2P + PE 10 A 1 pulsante suoneria 1 presa 2P + PE 16 A 1 interruttore automatico 1 citofono 3 prese telefoniche/EDP	In questo locale è di solito ubicato il quadro elettrico. In generale si prevedono: 1 circuito prese 16 A 1-2 circuiti illuminazione e prese da 10 A
Ufficio	2 punti luce a soffitto 2 interruttori	4 presa 2P + PE 10 A 1 presa 2P + PE 16/10 A 3 prese telefoniche/EDP	Per una maggiore flessibilità d'impiego, le prese possono essere installate mediante una canalina battiscopa e relativi accessori.
Corridoio	1 punto luce a soffitto eventuali punti luce a parete eventuale punto luce emergenza	1 presa 2P + PE 10 A ogni 5 m 1 suoneria	Comandi almeno alle estremità. Tubazioni di riserva per impianti o canalina battiscopa e relativi accessori.
Locale servizi igienici	1 punto luce a soffitto 1 punto luce a parete 2 interruttori	1 presa 2P + PE 10 A 1 pulsante a tirante con suoneria in ufficio Inoltre eventualmente: 1 attacco per scaldacqua 1 interruttore automatico di comando	

ESEMPIO DI DOTAZIONE PER UNITÀ USO UFFICIO E RELATIVO ELENCO.

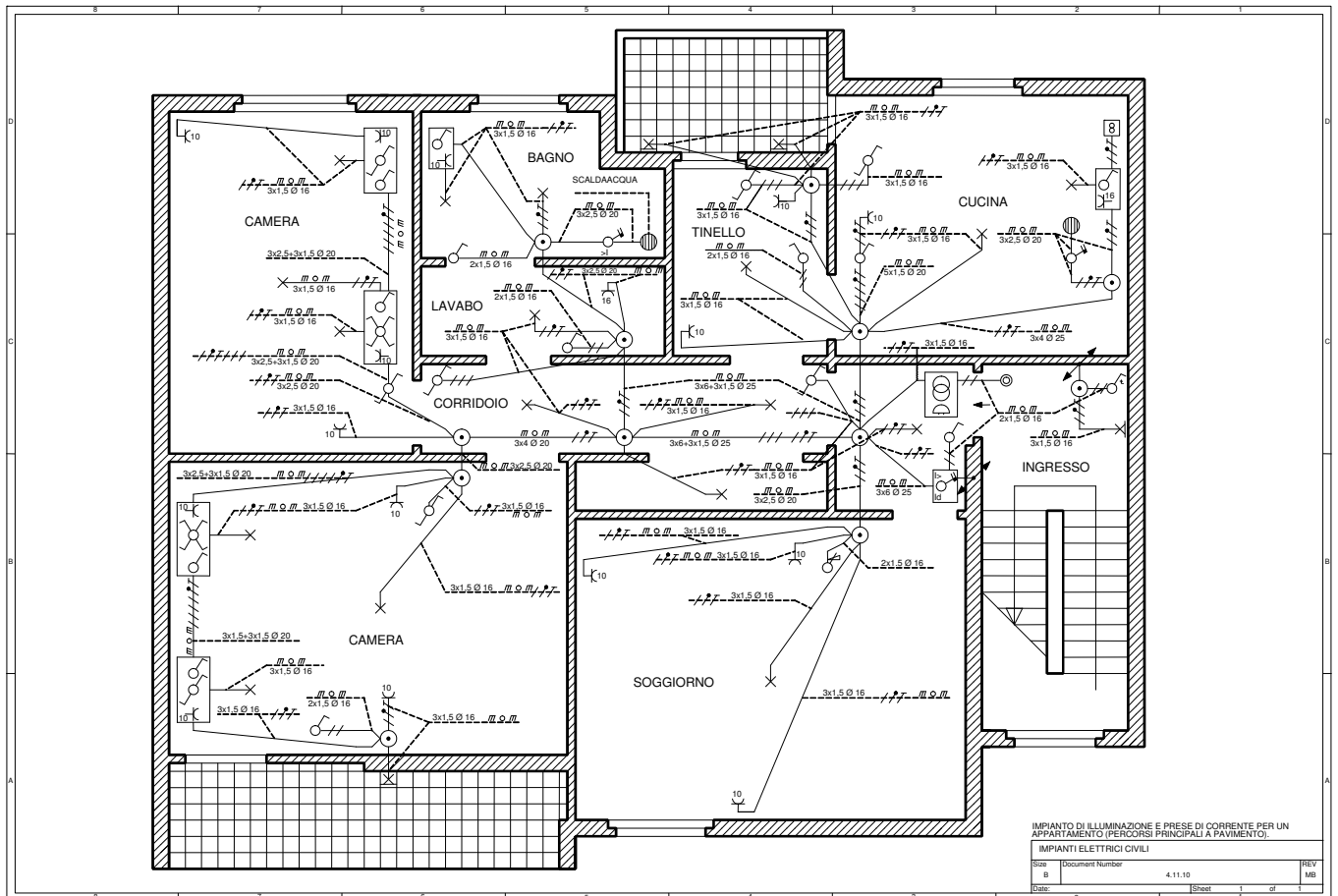
IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

Size	Document Number	REV
B	4.11.8	MB
Date:	Sheet	1 of 1

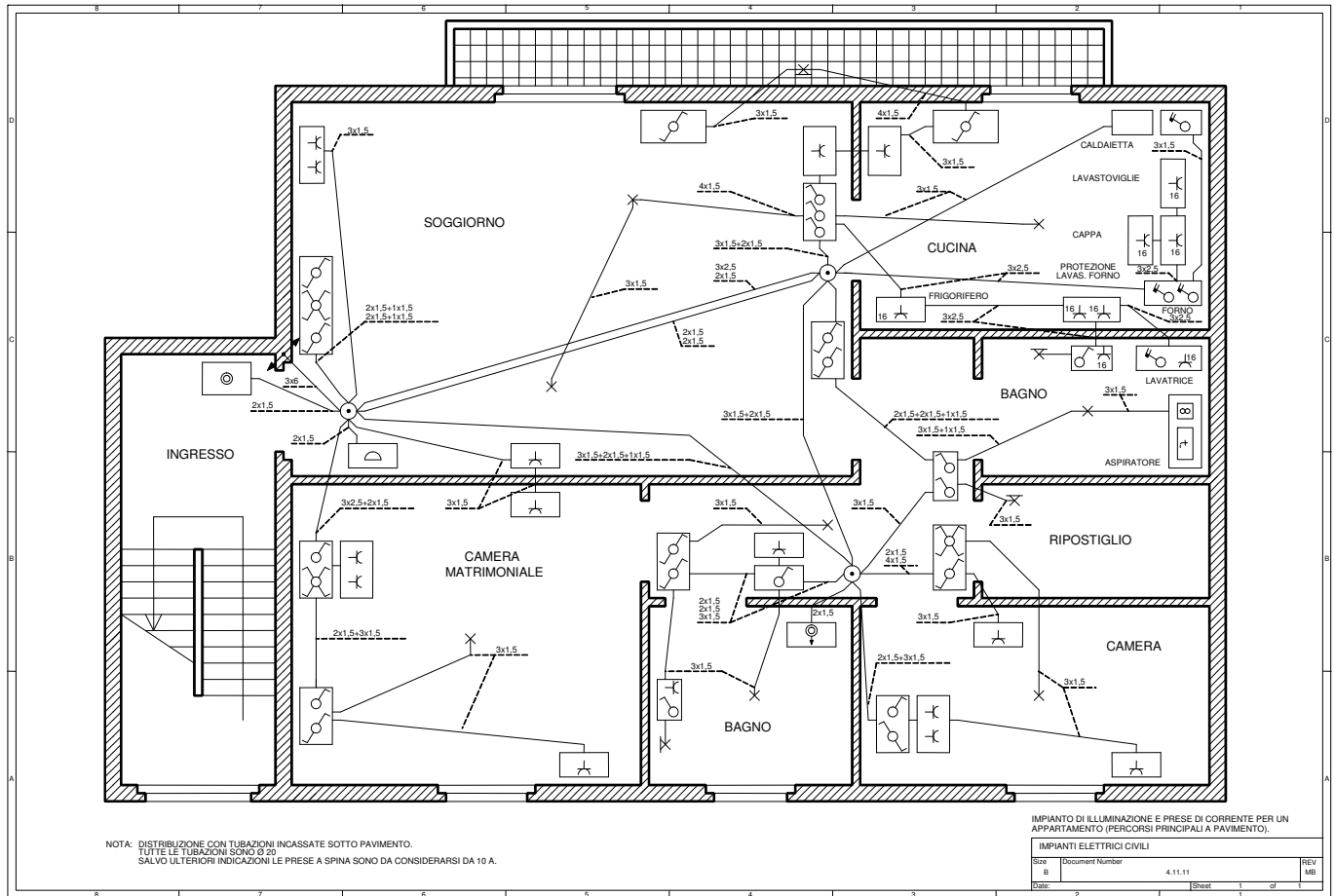
4.11.9 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a parete)



4.11.10 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a pavimento)



4.11.11 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a pavimento)



4.11.12 Esempio di disposizione dell'impianto telefonico per appartamento relativo all'esempio 4.11.11

Gli impianti telefonici collegati alla rete telefonica pubblica si possono suddividere in due categorie: impianti interni normali, forniti a tariffe stabilite dalla legge, e impianti interni speciali, di maggiore complessità, erogati con tariffe stabilite dalla società concessionaria del servizio telefonico.

Il tipo più semplice di impianto interno speciale è costituito dagli intercomunicanti, che possono essere realizzati con una o due linee urbane e fino a cinque o dieci interni.

I centralini possono essere automatici o manuali: i primi sono particolarmente adatti per uffici e utenze industriali, i secondi trovano più frequente impiego in alberghi, ospedali o altre comunità.

Con gli impianti interni normali si realizza invece il tipo più semplice di collegamento per utenze domestiche, costituito in genere da un apparecchio singolo da muro o da tavolo; la linea di collegamento viene realizzata mediante un doppino telefonico (cavetto bipolare con isolante in plastica), il tutto fa capo ad un protettore che contiene due fusibili per proteggere l'apparecchio dell'utente da eventuali sovraccarichi.

Per quanto riguarda la realizzazione degli impianti telefonici interni normali, le esigenze legate alle varie forme di utilizzazione del servizio telefonico possono essere soddisfatte predisponendo un adeguato numero di punti-telefono, costituiti da una scatola in plastica da incasso alla quale arrivano i tubi per la distribuzione telefonica.

La tubazione per il collegamento con la rete telefonica esterna deve essere concordata con l'Ente fornitore del servizio telefonico. Normalmente viene realizzata mediante tubi rigidi in PVC aventi un diametro ≥ 125 mm. Il terminale è posto normalmente in un apposito armadio unificato e ad incasso fornito dallo stesso Ente fornitore del servizio, di solito installato nel vano scale ad un'altezza che può variare da 90 a 120 cm dal pavimento oppure in solaio se la linea è aerea.

Dall'armadio partono i montanti che fanno capo alle cassette di derivazione poste ai vari piani, normalmente collocate a 25÷35 cm dal pavimento. Il diametro dei tubi utilizzati è normalmente di 32 mm circa, mentre il numero dei tubi dipende dal numero degli appartamenti, solitamente è 1 fino a 10 appartamenti, 2 fino a 24.

Le scatole di derivazione hanno dimensioni minime 200x140x70 mm e devono essere messe in opera dal costruttore dell'edificio.

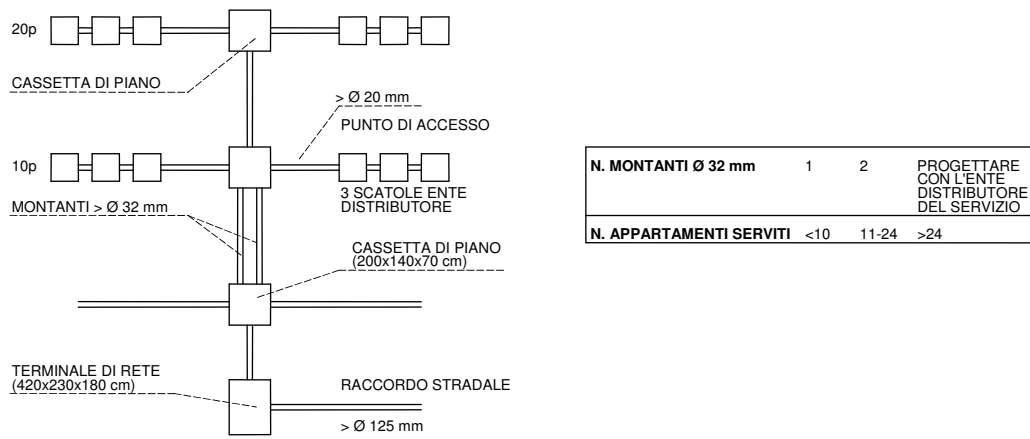


Fig. 4.49 - Distribuzione generale dei tubi per un impianto telefonico.

Disposizioni normative e legislative vietano la coesistenza nelle stesse tubazioni di altri impianti presenti nell'edificio (citofoni, impianti di antenna radio-TV, ecc.). Pertanto, tutti i tubi protettivi relativi al servizio telefonico sia per i montanti sia all'interno delle abitazioni devono essere adibiti ad uso esclusivo del servizio telefonico e di filodiffusione.

Dalle cassette di piano partono le condutture che arrivano ai vari appartamenti, nei cui ingressi sono poste tre scatole da incasso unificate, installate con i lati adiacenti per realizzare un unico box, se necessario; le scatole devono contenere le protezioni già citate ed eventuali accessori.

Gli apparecchi telefonici fanno capo a delle prese poste in scatole da incasso unificate (a 25÷35 cm dal pavimento), collegate al punto di ingresso per mezzo di un tubo avente un diametro di 20 mm posto sotto il pavimento o all'interno della parete.

La tubazione, come si può vedere dallo schema che segue, realizza una canalizzazione chiusa, in modo da permettere l'allacciamento degli apparecchi telefonici da entrambe le direzioni.

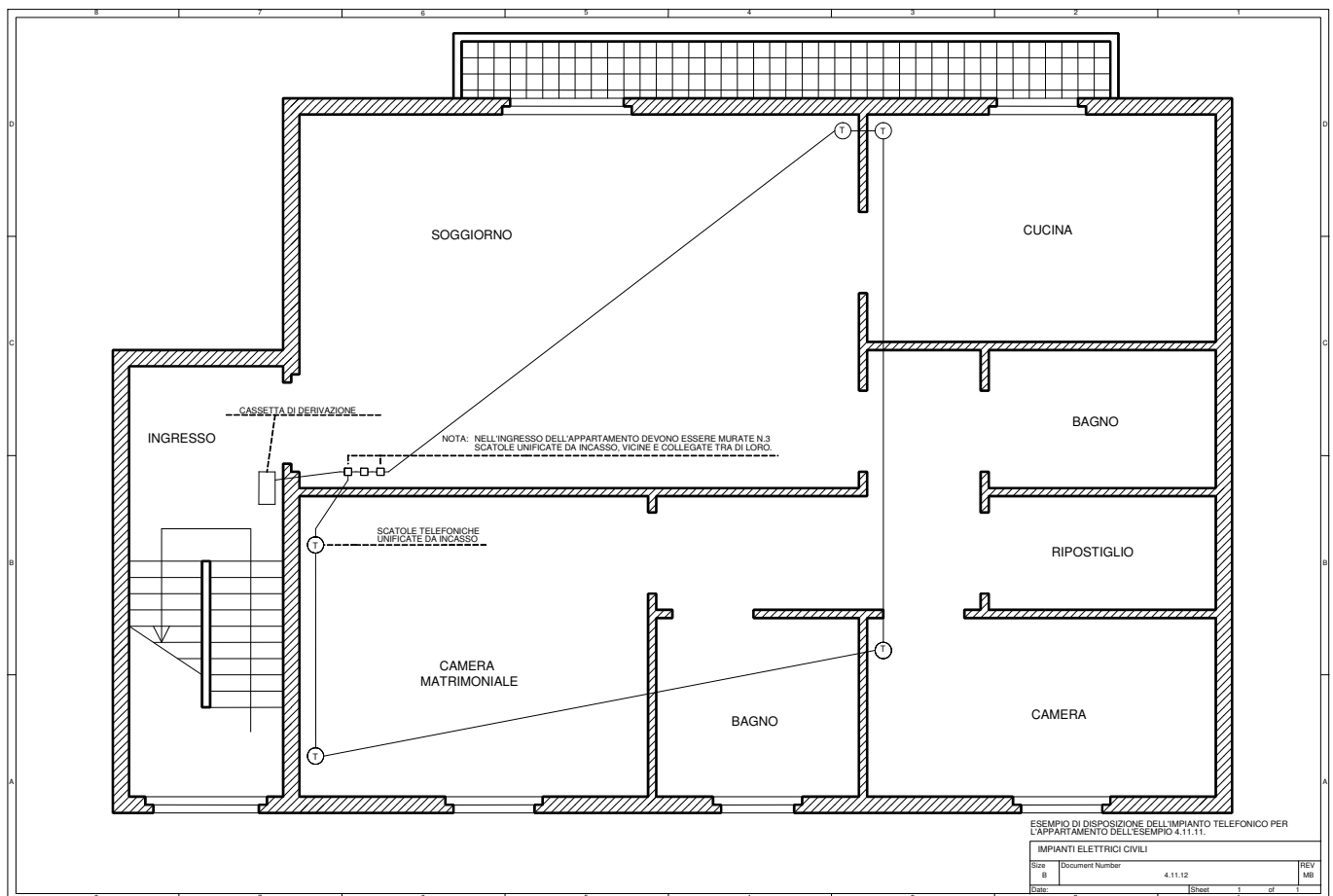


Fig. 4.50 - Esempio di disposizione dell'impianto telefonico per l'appartamento dell'esempio 4.11.11.

In modo analogo a quanto visto per l'impianto elettrico, è opportuno installare delle scatole rompitratte nei punti dove si ha un brusco cambiamento di direzione del percorso.

La dislocazione dei punti telefono nei vari locali deve essere preventivamente concordata con l'utente oppure con l'impresa edile per soddisfare l'esigenza di collocare più punti telefono nello stesso appartamento (per esempio, nell'ingresso, nel soggiorno e nella camera da letto).

Nelle tubazioni devono essere previste due treccie telefoniche (doppini telefonici). Ogni trecciola è costituita da due conduttori in rame da 0,6 mm, stagnati ed isolati in PVC. Una di esse (colore rosso-bianco) è destinata al telefono; l'altra (colore verde-bianco) alla filodiffusione.

In corrispondenza di ogni scatola, è opportuno lasciare uno spezzone di trecciola di circa 40 cm per consentire il collegamento alle prese o per altre esigenze dei tecnici della società che fornisce il servizio telefonico.

Le prese telefoniche, quelle per la filodiffusione e le scatole da incasso devono essere del tipo approvato dalla società che gestisce il servizio telefonico.

Se sono previste apparecchiature telematiche come videotel, fax, ecc., vicino a ciascuna presa telefonica deve essere posta una presa di corrente per l'alimentazione elettrica delle apparecchiature. La rete telefonica deve essere realizzata rispettando le indicazioni delle guide CEI e le prescrizioni della società che gestisce il servizio telefonico.

4.12 Domande ed esercizi: introduzione

Nel CD-ROM allegato al testo è presentata una serie di esercizi utili per la comprensione degli impianti elettrici civili.

Ogni esercizio è introdotto da un breve testo che può prevedere delle domande o il tema del problema.

Oltre al testo, ogni esercizio è, in genere, corredato dallo schema elettrico o topografico necessario per la sua risoluzione. Le sigle e i disegni sono conformi alle norme CEI citate nel capitolo 1.

4.12.1 Domande di verifica (nel CD-ROM allegato)

4.12.2 Esercizi da risolvere (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 5

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

5.1 Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici negli edifici residenziali

Vengono ora proposte delle tavole, tratte dalla “Guida per l'esecuzione degli impianti elettrici negli edifici residenziali” edita da bticino, che raccolgono una serie di dati tecnici necessari per la corretta progettazione di un impianto elettrico negli edifici di uso civile e similare, nel pieno rispetto delle norme CEI.

Le prime tavole mostrano i concetti basilari dettati dalle norme CEI concernenti il dimensionamento delle linee e la corretta scelta degli apparecchi.

Di seguito, altre tavole prendono in considerazione la consistenza degli impianti nei singoli locali, suggerendo per ciascun locale le dotazioni fondamentali e i più aggiornati servizi, realizzabili in particolare con gli apparecchi della serie Living e Magic. Si tratta di esempi pratici, coerenti con i contenuti della guida CEI 64-50, intesi a fornire validi riferimenti sulla quantità e sulla qualità dei servizi, in armonia con le più recenti esigenze di comfort e di sicurezza elettrica della casa.

Negli edifici ad uso residenziale, sovente coesistono unità immobiliari con destinazione specializzata diversa dall'abitazione; esempi non riguardano solo i tradizionali locali domestici, ma anche uffici, negozi, magazzini, autorimesse, bar, ristoranti, ambulatori medici.

Sotto la voce “*impianto fondamentale*” sono indicati i servizi elettrici essenziali, determinati tenendo come base le raccomandazioni della guida CEI 64-50, mentre la voce “*impianto completo ad alta funzionalità*” sintetizza progetti atti a soddisfare anche l'utente più esigente e aggiornato.

Quest'ultima scelta, considerata la semplicità d'installazione derivante dalla modularità e componibilità degli apparecchi, ha costi aggiuntivi abbastanza contenuti ed offre notevoli miglioramenti in termini di sicurezza e comfort agli utenti dell'impianto.

È doveroso precisare che né le norme CEI né le leggi antinfortunistiche trattano questioni riguardanti la consistenza degli impianti nei singoli ambienti e, pertanto, soluzioni diverse da quelle proposte nelle seguenti pagine non possono essere escluse, purché siano rispettati i criteri di sicurezza fondamentali.

Di seguito sono presentate, sotto forma di schede, le caratteristiche fondamentali dei servizi elettrici maggiormente richiesti negli edifici adibiti alle attività terziarie.

Queste schede possono essere utilizzate come primo orientamento per prevedere, in sede di progetto, la quantità e la qualità degli impianti, la normativa da seguire e le apparecchiature più adatte ai diversi casi.

Infine, vengono richiamate le principali disposizioni normative riferite ad applicazioni comuni a vari ambienti.

Sono argomenti generalmente complessi, che vengono in questo caso trattati in forma semplificata, al fine di fornire un richiamo sintetico agli installatori.

Risulta opportuno, per una corretta progettazione di un impianto, uno studio più approfondito delle specifiche norme e leggi, anche mediante l'ausilio di software come quelli scaricabili dal sito della Società Gewiss, seguendo le istruzioni riportate in fondo al testo.

Con questi software è possibile realizzare computi metrici e schemi elettrici, effettuare progettazioni illuminotecniche, redigere preventivi, disegnare impianti elettrici, configurare quadri elettrici, compilare le dichiarazioni di conformità e definire la documentazione completa da allegare ai progetti.

5.2 Circuiti di distribuzione

Criteri di dimensionamento. Si definisce circuito ciascuna parte dell'impianto utilizzatore avente un'unica alimentazione protetta contro le sovracorrenti da uno specifico dispositivo di protezione (interruttore magnetotermico).

Il numero dei circuiti di un impianto utilizzatore è, quindi, pari al numero di interruttori automatici divisionali installati nel quadro o nel centralino.

Ogni circuito e ogni tratto di circuito, facente parte della rete di distribuzione interna, deve essere dimensionato in modo da poter convogliare la corrente d'impiego (I_b) ad esso pertinente.

La corrente I_b pertinente ai circuiti terminali è pari alla corrente nominale dell'apparecchio utilizzatore allacciato.

La corrente I_b pertinente ai circuiti dorsali o principali va calcolata tenendo conto della contemporaneità di funzionamento degli utilizzatori serviti.

In mancanza di dati specifici, si possono utilizzare i coefficienti di contemporaneità indicati nella tab. 5.1.

Per garantire l'integrità e la durata di ciascun tronco di circuito, la portata in regime permanente dei conduttori (I_z) non deve essere inferiore alla corrente d'impiego I_b .

Uso	Circuito	Tipo di edificio			
		abitazioni	uffici	laboratori	negozi
Luce ed usi elettrodomestici	punti luce	0,65	0,90	-	0,90
	prese a spina	0,25	0,50	-	0,50
	bollitore più potente	1	1	-	1
	secondo bollitore	0,75	0,75	-	0,75
Piccola forza motrice	utilizzatori fissi	0,70	0,50	0,50	0,50
	prese a spina 10A	0,20	0,10	0,10	0,10
	prese a spina > 10A	0,15	0,05	0,05	0,05
Cucina	apparecchio più potente	1	-	-	-
	altri	1	-	-	-
Ascensori e montacarichi	motore più potente	-	1	-	1
	secondo ascensore	-	1	-	1
	altri	-	0,70	-	0,70
Condizionamento	circuito di potenza	1	1	1	1
Riscaldamento	centrale termica	0,80	0,60	0,60	0,60

Tab. 5.1 - Coefficienti di contemporaneità (bticino).

Suddivisione e protezione dei circuiti. Gli impianti utilizzatori più semplici e ritenuti sufficienti per unità abitative fino a 40 m² possono essere costituiti da:

- un unico circuito per punti luce e prese di corrente da 10 A;
- un circuito per prese da 16 A.

In genere occorrono più circuiti, determinati in base a precisi criteri fondamentali elencati qui di seguito.

Suddivisione per gruppi funzionali. Ogni circuito alimenta un gruppo funzionalmente omogeneo (prese, centri luce, grossi elettrodomestici, centrale termica, ecc.).

Nel caso di abitazioni con superficie compresa tra 40 e 150 m², è consigliabile prevedere almeno:

- due circuiti per punti luce e prese di corrente da 10 A;
- un circuito per prese da 16 A.

Oltre i 150 m², è opportuno aumentare proporzionalmente i circuiti relativi.

Suddivisione per zone. Ogni circuito alimenta gli utilizzatori ubicati in una zona (ufficio A, ufficio B, servizi, magazzino, ecc.).

Suddivisione per gruppi di potenza. Ogni circuito alimenta un gruppo di utilizzatori che comporta correnti d'impiego di intensità conveniente per uno sfruttamento ottimale dei conduttori installati. Per gli utilizzatori con potenza superiore a 3,6 kW, occorre prevedere distinte linee di alimentazione. Ogni circuito deve essere protetto alla sua origine (centralino o quadro elettrico) dal cortocircuito e, se soggetto, anche dal sovraccarico.

La protezione dal cortocircuito si ottiene scegliendo interruttori automatici con un potere di interruzione non inferiore alla corrente presunta di cortocircuito valutata al centralino (tab. 5.3).

La protezione dal sovraccarico si ottiene scegliendo interruttori automatici magnetotermici con una corrente nominale non superiore alla portata massima in regime permanente della linea protetta, come spiegato nel secondo capitolo.

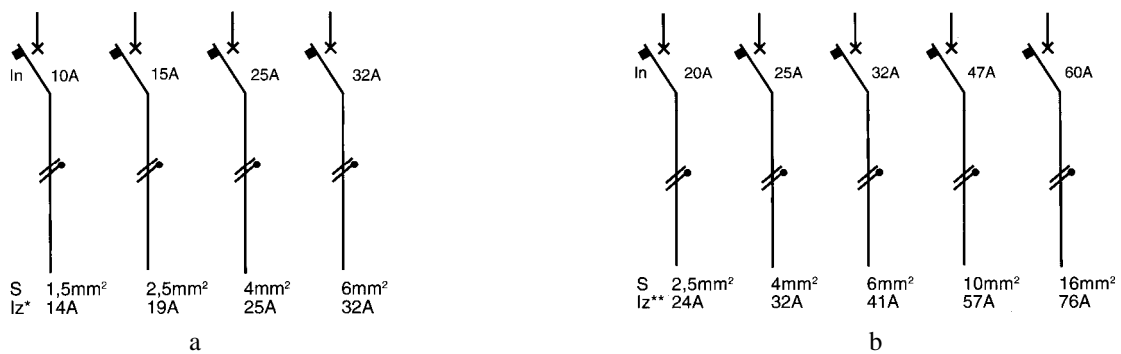


Fig. 5.1 - Protezione dalle sovracorrenti: a) Dei circuiti terminali b) Delle colonne montanti (*) per quattro conduttori attivi in tubo, (**) per due conduttori attivi in tubo.

Esempi di distribuzione. Ogni tipo d'impianto ha un proprio sistema ottimale di distribuzione, valutabile con i criteri esposti precedentemente.

Per gli impianti in edifici residenziali, è consuetudine effettuare la distribuzione su 2, 3 e 4 circuiti, in funzione della potenza impegnata (solitamente la potenza impegnata è vincolata all'estensione della superficie abitativa).

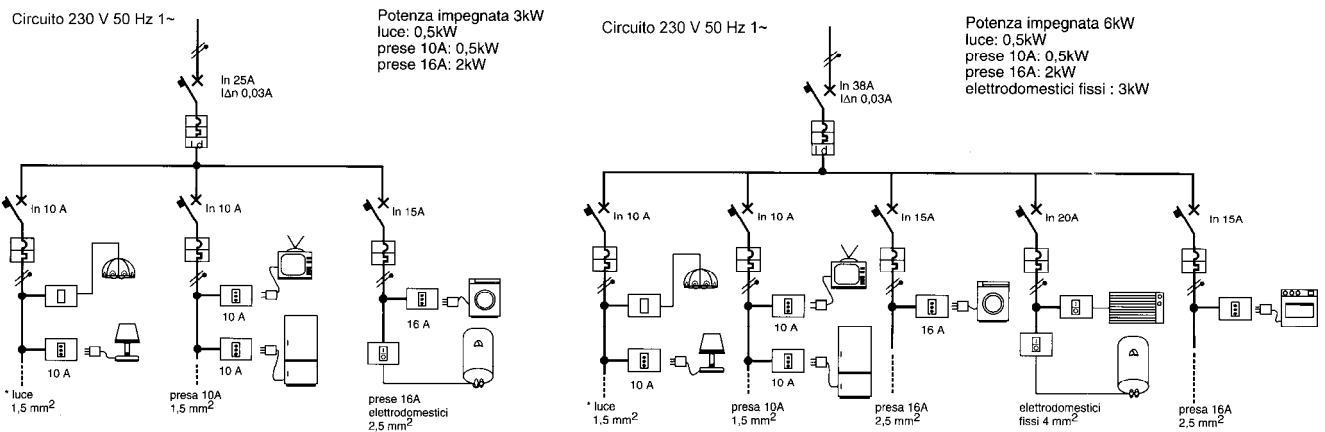


Fig. 5.2 - Esempi di circuiti di distribuzione. (*) La guida CEI 64-50 consente di utilizzare una medesima linea per l'alimentazione mista luce + prese da 10 A.

Queste reti di distribuzione sono caratterizzate in genere da bassi coefficienti di contemporaneità e di utilizzazione: la potenza effettivamente transitante nel centralino è bassa e, quindi, non si hanno problemi di temperatura.

La situazione termica favorevole consente la miniaturizzazione dei centralini, con possibilità di distribuzione anche su 6÷8 circuiti.

Colonne montanti. In caso di posa centralizzata dei contatori (installati dall'ente fornitore dell'energia elettrica), le colonne montanti fanno parte dell'impianto utilizzatore e devono essere distinte e separate per ciascun utente.

Il montante può essere costituito da una conduttura in cavo multipolare con guaina installata, in modo da rendere minimo il rischio di cortocircuiti; il cavo deve essere integro dal contatore al centralino, cioè privo di derivazioni intermedie, per esempio per alimentare il box, il solaio o la cantina.

Inoltre, bisogna realizzare, mediante tubi, canali, ecc., un'adeguata protezione contro le sollecitazioni meccaniche, termiche e contro l'ingresso di acqua o umidità.

È opportuno utilizzare per ogni utente un cavo distinto, individuabile almeno alle due estremità mediante opportuni contrassegni.

In alternativa, il montante può essere costituito da cavi unipolari in tubo distinto per ogni utente.

Non sono ammesse cassette di derivazione, ma solo cassette rompitratta che possono essere comuni a più montanti con cavi multipolari.

Se si utilizzano cavi unipolari entro tubi, occorre far uso di scatole distinte.

Il conduttore di protezione può essere unico per tutte le unità immobiliari; in tal caso deve essere installato in un proprio tubo di protezione con adeguate scatole di derivazione e occorre utilizzare un apposito morsetto di tipo passante.

Le colonne montanti vanno protette all'ingresso nell'unità immobiliare dal sovraccarico e dal cortocircuito.

La corrente di cortocircuito all'ingresso dell'unità immobiliare può essere valutata utilizzando la tab. 5.3 e conoscendo la corrente di cortocircuito I_{cc} ai contatori.

In mancanza di dati, escluso il caso di cabina ubicata nello stesso edificio, il potere di interruzione può essere presunto in 4500 A per i montanti monofase e 6000 A per i montanti trifase.

	Potenza installata [kW]	Interruttore automatico sul contatore ENEL I_n [A]	Interruttore dell'utente I_n [A]	Caratteristiche del montante			
				Cavi singoli o distanziati di almeno due diametri		Cavi accostati su un solo strato	
				Sezione [mm ²]	Portata [A]	Sezione [mm ²]	Portata [A]
	3	15	20	4	32	4	22
*Per appartamento	6	32	40	10	57	10	40
	10	50	63	16	76	25	53
**Per luce scale	0,6	--	10	1,5	17	1,5	12

(*) È possibile impegnare anche 1,5 kW, ma non è consigliabile dimensionare il montante per una potenza così bassa.
 (**) La potenza impegnata per la fornitura condominiale comprende anche le esigenze della centrale termica, della luce esterna, ecc..
Esempio di dimensionamento. Potenza impegnata 3 kW, montante realizzato con cavi multipolari disposti distanziati di due diametri. Interruttore utente: $I_n = 20$ A; cavi 2 x 4 mm² (il PE può essere unico per più utenti); portata massima del montante 32 A.

Tab. 5.2 - Dimensionamento dei montanti in funzione della potenza installata (guida CEI 64-50).

Per un dimensionamento di massima dei montati, è possibile considerare le seguenti potenze in funzione delle dimensioni e della collocazione dell'edificio: per l'illuminazione, circa 10 W/m² (minimo 500 W), per gli scaldacqua elettrici, 1000 W per appartamento fino a 4 locali e 2000 W per appartamento se i locali sono più di 4, per i servizi, circa 40 W/m² se l'edificio è collocato in zone urbane, 20 W/m² se è posizionato in una zona rurale.

Colonna montante in m	Correnti di corto circuito I_{cc} in kA															
26	15,6	10,4	6,5	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	
18,8	11,3	7,5	4,7	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	
13,6	8,2	5,4	3,4	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,6	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	
10	6,0	4,0	2,5	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	3,1	3,6	3,8	3,9	4,2	4,3	
7,2	4,3	2,9	1,8	1,6	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,7	4,4	4,7	4,9	5,4	5,6	
5,2	3,1	2,1	1,3	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,4	4,2	5,1	5,7	6,0	6,7	7,2	
10	6	4	2,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	6	7,5	9	10	12,5	15	
Sezioni in mm ²	Correnti di corto circuito I_{cc} in kA															

Esempio (seguire la linea retinata in tabella).

Corrente di cortocircuito ai contatori: 4,5 kA.
 Sezione della colonna montante: 6 mm².
 Lunghezza della colonna montante: 10 m (si prenda per difetto 8,2 m).
 Correnti di cortocircuito all'ingresso dell'appartamento: 2,2 kA.

Tab. 5.3 - Determinazione delle correnti presunte di cortocircuito all'ingresso dell'appartamento.

Nel dimensionare la colonna montante si deve tenere conto non solo della corrente d'impiego, ma anche della caduta di tensione, specialmente per linee di lunghezza superiori a 15÷20 m (tab. 5.4).

La caduta di tensione, misurata dal contatore al centralino con i carichi dipendenti dall'impegno di potenza, può essere scelta liberamente purché complessivamente non superi il 4% all'utilizzatore più sfavorito.

Un valore ragionevole può essere fissato attorno al 2% lungo il montante e al 2% all'interno dell'unità immobiliare.

Sezione mm ²	Correnti d'impiego (I_B) Ampère														
	2	2,5	3,5	4,5	6,5	8,5	12	16	20	30	40	50	70	90	125
1,5	74	59	42	33	23	17	12,3	9	7	-	-	-	-	-	-
2,5	-	98	70	54	38	29	20	15	12	8	-	-	-	-	-
4	-	-	113	87	60	46	33	24	19	13	10	-	-	-	-
6	-	-	-	131	91	69	49	37	29	19	14	11	-	-	-
10	-	-	-	-	151	115	81	61	49	32	24	19	14	-	-
16	-	-	-	-	-	183	130	97	78	52	39	31	22	17	-
25	-	-	-	-	-	-	206	154	123	82	61	49	35	27	19
35	-	-	-	-	-	-	-	214	171	114	85	68	49	38	27

Esempio.

Per una linea bifilare realizzata con un cavo avente una sezione di 4 mm² e una corrente di impiego $I_B = 20$ A, ci si deve preoccupare della caduta di tensione ΔU per lunghezze superiori a 19 m.

Tab. 5.4 - Limiti di lunghezza di linee dorsali monofase 220 V $\cos \phi = 1$ per $\Delta U = 2$ %.

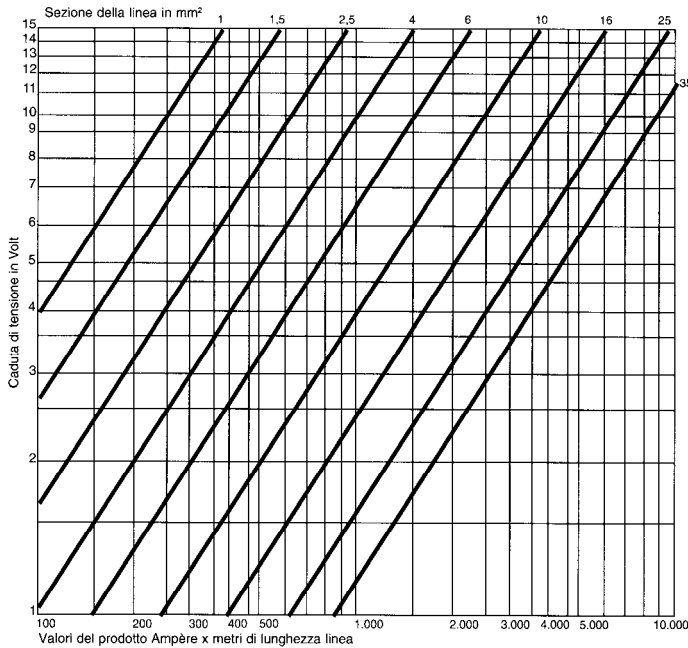


Fig. 5.3 - Caduta di tensione di una linea di 2 cavi unipolari in monofase $\cos \varphi = 0,9$.

I cavi che costituiscono la colonna montante devono avere una tensione nominale $U_0/U = 450/750$ V (H07...), comunque non inferiore a 300/500 (H05...) per tensioni d'impiego 230/420 V.

Le sezioni devono essere scelte in modo che la portata massima in regime permanente I_z non sia inferiore alla corrente d'impiego I_b valutata in funzione della potenza impegnata.

I cavi devono essere protetti fino a 2,5 m dal pavimento. I tubi protettivi devono avere un diametro interno conforme alle condizioni imposte dalla norma CEI 64-8.

Esempio 1.

Una linea bifilare realizzata con un cavo avente una sezione di 6 mm^2 , una lunghezza di 50 m, una corrente di impiego $I_b = 35$ A: è caratterizzata da $50 \cdot 35 = 1750$ Ampermetri e una caduta di tensione $\Delta U = 12$ V.

Esempio 2.

Una linea bifilare realizzata con un cavo avente una sezione di $2,5 \text{ mm}^2$, una lunghezza di 165 m, una corrente di impiego $I_b = 2,5$ A: è caratterizzata da $2,5 \cdot 165 = 412$ Ampermetri e una caduta di tensione $\Delta U = 4,1$ V.

Tipo di cavo	Sigla
Bipolare isolato in PVC sotto guaina di PVC $U_0/U = 300/500$ V	A05VV-R
Bipolare isolato in gomma sotto guaina di policloroprene	H07RN-F
Unipolare isolato in PVC senza guaina	H07V-K, H07V-R

Tab. 5.5 - Tipi di cavo più usati per realizzare colonne montanti.

Grandezza	16	20	25	32	40	50	63
Diametro esterno D	16	20	25	32	40	50	63
Diametro interno d	10,7	14,1	18,3	24,3	31,2	39,6	50,6

Tab. 5.6 - Caratteristiche dimensionali dei tubi protettivi flessibili adatti a realizzare colonne montanti incassate.

5.3 Centralino di distribuzione

Sezionamento per manutenzione elettrica. Richiede apparecchi che aprono tutti i poli attivi (fasi e neutro); non si possono effettuare riparazioni su una parte d'impianto sezionato solo con un apparecchio unipolare.

Protezione dei circuiti. Richiede, come già visto, apparecchi sensibili alle sovracorrenti (interruttori automatici magnetotermici) con corrente minima non superiore alla portata massima in regime permanente delle linee allacciate.

L'intero circuito, sia nel tratto dorsale che terminale, deve avere uguale sezione, in modo da poter risultare protetto in ogni suo tronco.

Fanno eccezione i circuiti terminali di apparecchi non sovraccaricabili (lampade ad incandescenza) dimensionati con fattore di contemporaneità unitario.

Se la colonna montante non è protetta da un interruttore di proprietà dell'utente e posto immediatamente a valle del contatore, la protezione da sovracorrenti è affidata agli apparecchi installati nel centralino.

Qualora sia presente nel centralino un interruttore generale magnetotermico, basta porre $I_b \leq I_z$ (dove I_z è la portata della colonna montante). Se tale interruttore non esiste, la protezione può essere affidata agli apparecchi divisionali, a condizione che la somma delle loro correnti nominali non sia superiore a I_z .

	Sezione [mm ²]				Tipo di cavo e sistema di posa
	2 x 4	2 x 6	2 x 10	2 x 16	
Portata I_z	32	41	57	76	Posa singola o distanziata
I_n interruttore	32	40	50	60	Cavi o tubi accostati su un solo strato
Portata I_z^*	22	28	40	53	Cavi o tubi accostati su un solo strato
I_n interruttore	20	25	40	50	

(*) la portata I_z è ridotta del 30% rispetto alle tabelle UNEL 35024 come indicato nella guida CEI 64-50.

Tab. 5.7 - Condizioni di protezione dalle sovracorrenti della colonna montante (guida CEI 64-50).

I conduttori isolati in PVC possono sopportare, durante il cortocircuito, un numero di A^2s non superiore a $13225 \times S^2$, dove S rappresenta la sezione del conduttore.

Questa condizione risulta normalmente verificata se si scelgono degli interruttori limitatori o interruttori di tipo rapido con una corrente nominale indicata nella tab. 5.8.

Esempi di utilizzo della tab. 5.8.

Un interruttore limitatore da $I_n = 10$ A protegge una linea con sezione di $1,5$ mm² fino a correnti di cortocircuito di 10 kA; fino a 4,5 kA proteggerebbe anche una linea da 1 mm², ma è una sezione non ammessa per gli impianti fissi.

Un interruttore di tipo rapido con una $I_n = 10$ A protegge fino a correnti di cortocircuito di 3 kA linee con una sezione di $1,5$ mm²; se la corrente di cortocircuito fosse di 10 kA, occorrerebbe che la linea avesse una sezione non inferiore a 6 mm².

Tipo di interruttore		Corrente I_{cc} al centralino kA				
		1,5	3	4,5	6	10
Limitatore	I_n 10 A	(1)	(1)	(1)	1,5	1,5
	I_n 15 A	(1)	(1)	(1)	1,5	2,5
	I_n 20 A	(1)	(1,5)	(1,5)	2,5	4
	$I_n \geq 25$ A	(1)	(1,5)	(2,5)	(2,5)	4
Rapido	I_n 10 A	(1)	1,5	2,5	4	6
	I_n 15 A	1,5	2,5	4	6	10
	I_n 20 A	(1,5)	2,5	4	6	10
	$I_n \geq 25$ A	(1,5)	(2,5)	4	6	10

Nota: le sezioni in grassetto sono quelle pertinenti alla protezione dalle sovracorrenti. Le sezioni tra parentesi sono sconsigliabili perché inferiori ai minimi prescritti o di difficile protezione in caso di linee lunghe.

Tab. 5.8 - Sezioni minime sicuramente protette dalle sollecitazioni termiche di cortocircuito per cavi in PVC.

Protezione delle persone. Gli apparecchi generali posti nel centralino devono essere in grado di interrompere entro 5 s le correnti di guasto verso terra di intensità tale da mantenere sulle masse tensioni superiori a 50 V.

In termini matematici, quindi, si deve realizzare la seguente condizione: $I_s \leq 50/R_T$, dove I_s è la corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro 5 s (se è un interruttore magnetotermico), misurata in ampere, ed R_T è la resistenza del dispersore di terra e dei conduttori di protezione, misurata in ohm.

Se l'interruttore è del tipo magnetotermico, I_s rappresenta la corrente minima che provoca l'apertura del dispositivo.

Se l'interruttore è del tipo differenziale, I_s è uguale a I_{dn} che rappresenta la corrente differenziale nominale dell'interruttore.

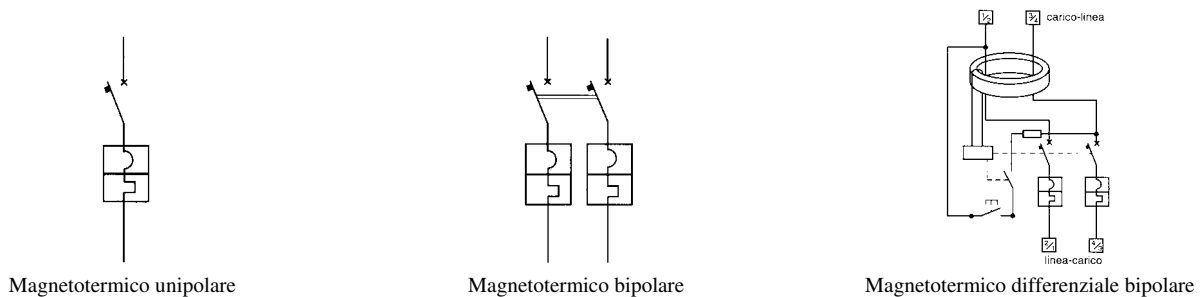


Fig. 5.4 - Esempi di interruttori automatici.

Nella tab. 5.9 sono riportati i valori della corrente nominale I_n degli interruttori automatici magnetotermici e della corrente nominale differenziale I_{dn} degli interruttori differenziali, correlata con la resistenza di terra del dispersore.

Come si vede, usando gli interruttori differenziali, la cui installazione risulta obbligatoria secondo il D.M. n. 37/2008, oltre ad ottenere maggiore sicurezza, il dispersore di terra diventa di più facile esecuzione.

In particolare, anche per ottenere efficaci protezioni nei locali più pericolosi, l'interruttore generale negli appartamenti deve essere sempre dotato di interruttore differenziale (vedere le prescrizioni indicate in questo capitolo per i locali da bagno e doccia).

Tipo di interruttore automatico	Corrente nominale	Resistenza di terra
Magnetotermico	15 A	0,75 Ω
	20 A	0,55 Ω
	25 A	0,40 Ω
Differenziale con un valore qualsiasi di I_n	I_{dn} 0,03 A	1666 Ω
	I_{dn} 0,1 A	500 Ω
	I_{dn} 0,3 A	167 Ω
	I_{dn} 0,5 A	100 Ω
	I_{dn} 1 A	50 Ω

Tab. 5.9 - Coordinamento tra resistenza di terra R_T e correnti degli interruttori automatici.

Caratteristiche dei centralini e degli altri apparecchi da centralino. Sovente nelle strutture residenziali sono richiesti impianti a bassissima tensione (suonerie), ad inserimento programmato o temporizzato (luci esterne, luci scale), telecomandati (relè luce, segnalazioni, ecc.).

Gli apparecchi destinati a queste funzioni trovano la più logica ubicazione nel centralino, che diventa un vero e proprio centro di protezione, controllo e comando automatico. Sono così facilitate tutte le operazioni di riparazione e manutenzione dell'impianto elettrico.

In particolare, le suonerie modulari complete di trasformatore di sicurezza e le suonerie a doppia funzione (ronzatore + campanello) sono indicate per ottenere una miniaturizzazione dei centralini e per la modernizzazione dell'impianto. I centralini sono in genere del tipo componibile, con ampie possibilità di equipaggiamento.

Per esempio, i numerosi apparecchi modulari offerti dai costruttori si fissano ad incastro su guida DIN 35 e coprono tutte le esigenze dei piccoli impianti (case, negozi, uffici, ecc.).

Con queste apparecchiature si possono centralizzare, oltre alle funzioni tipiche fondamentali (sezionamento e protezione dei conduttori e delle persone), anche importanti servizi necessari nei nuovi impianti:

- alimentazione a bassissima tensione per suonerie e segnalazioni ottiche;
- temporizzazione di impianti luce scale e similari;
- programmazione giornaliera o settimanale.

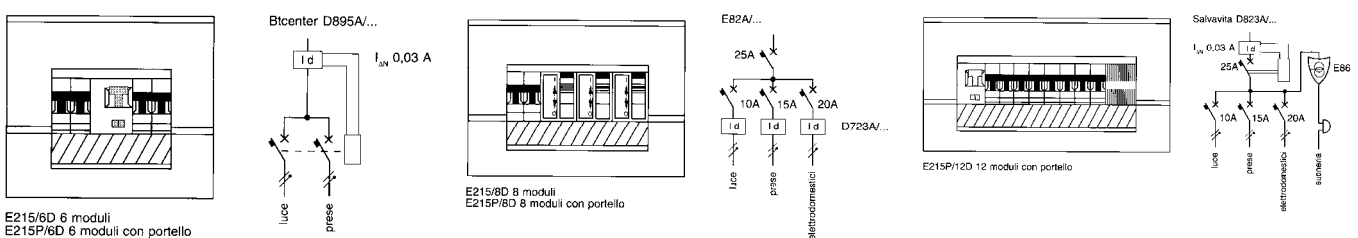


Fig. 5.5 - Esempi di allestimento di centralini Btdin (bticino).

5.4 Quadro di distribuzione

Negli edifici destinati a residenze condominiali, è necessario prevedere la collocazione del quadro per i servizi comuni oppure di quelle utenze di uso esclusivo difficilmente allacciabili al centralino d'appartamento come box, cantine, solai.

Il tipo e le caratteristiche dei circuiti variano con il tipo e il livello dei servizi comuni disponibili e con la struttura dell'edificio (numero delle scale, numero degli ascensori, giardino, viali d'accesso).

Risultando impossibile stand arduo questo tipo di quadro elettrico, occorre ricorrere ai quadri costruiti su misura, caso per caso (tipo ANS secondo la norma CEI 17-13/1).

Di seguito viene riportato un esempio di corretta suddivisione dei circuiti per un condominio con dotazione completa di servizi comuni.

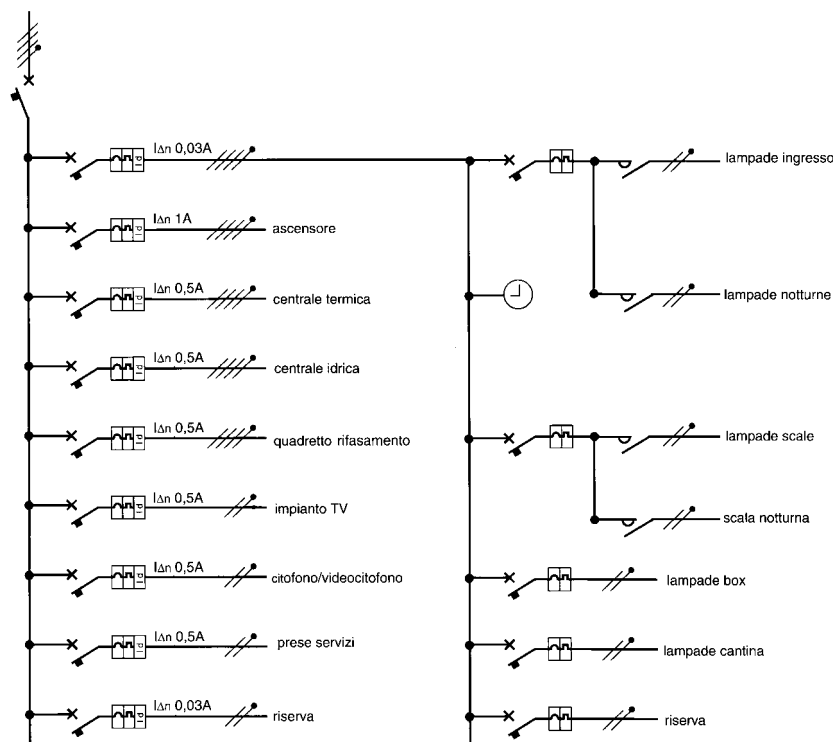


Fig. 5.6 - Esempio di schema dei circuiti di un quadro per servizi generali.

Per ragioni funzionali e di disponibilità di idonei spazi, la soluzione più ricorrente è quella di situare il quadro di distribuzione nel locale portineria.

Qualora le dimensioni o altri fattori consigliassero la sua installazione altrove, è opportuno riservare allo scopo un apposito locale con accesso limitato a persona autorizzata (portiere). In tal caso, le segnalazioni e i comandi a parte di essi possono essere eventualmente riportati in un apposito pannello posto in portineria.

In previsione di futuri possibili ampliamenti dei servizi, il quadro dovrebbe essere predisposto per un certo incremento delle linee in partenza (+20%) ricorrendo, per impianti estesi, a quadri di tipo modulare componibile.

La scelta del tipo di interruttore automatico magnetotermico per la protezione contro le sovracorrenti si attua ponendo $I_b \leq I_n \leq I_z$ dove I_b = corrente di impiego, I_n = corrente nominale dell'interruttore, I_z = portata massima in regime permanente della condotta protetta.

La tab. 5.10 riporta, per ogni valore normalizzato della corrente nominale I_n degli interruttori automatici, le sezioni minime protette, con riferimento alle situazioni di posa normalmente utilizzate per gli edifici residenziali.

Corrente nominale dell'interruttore I_n [A]	Sezioni minime protette per cavi con isolamento		
	PVC [mm ²]	Gomma G2 [mm ²]	EPR [mm ²]
6	1 ⁽²⁾	0,75 ⁽²⁾	0,75
10	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
13	1,5	1	1 ⁽²⁾
16	2,5	1,5	1,5
20	4	2,5	2,5
25	4	4	4
32	6	4	4
40	10	6	6
50	16	10	10
63	25	16	16
80	35	25	25
100	50	25	25
125	70	35	35

La tabella fa riferimento ad una posa entro tubi incassati sotto muratura o aggraffati a parete con massimo 4 conduttori attivi raggruppati.
⁽²⁾ Solo per allacciamenti mobili.

Tab. 5.10 - Sezioni minime protette dalle sovracorrenti mediante interruttori magnetotermici.

Affinché l'interruttore possa proteggere l'impianto contro i cortocircuiti, deve avere una corrente nominale di cortocircuito I_{ccn} non inferiore alla corrente di cortocircuito presente nel punto di installazione I_{cc} .

La tab. 5.11 consente di determinare rapidamente la I_{ccn} in relazione al rapporto tra la lunghezza L e la sezione S della linea che c'è tra il quadro generale e il contatore dei servizi generali dell'edificio.

I_{ccn} [kA]	I_{cc0} [kA]					
	10	8	6,5	5	4	3,5
3	2,7	2,5	2,25	1,6	0,85	0,8
4,5	1,5	1,3	1	0,3	Rapporto L/S	
6	0,9	0,6	0,2			

Tab. 5.11 - Corrente nominale di cortocircuito I_{ccn} in relazione alla I_{cc0} (corrente di cortocircuito al contatore) del rapporto tra la lunghezza e la sezione della linea di alimentazione del quadro.

Esempio di utilizzo della tab. 5.11.

Corrente di cortocircuito al contatore 5 kA.

Linea tra il contatore e il quadro con le seguenti caratteristiche: 14 m con un cavo 2x6 mm².

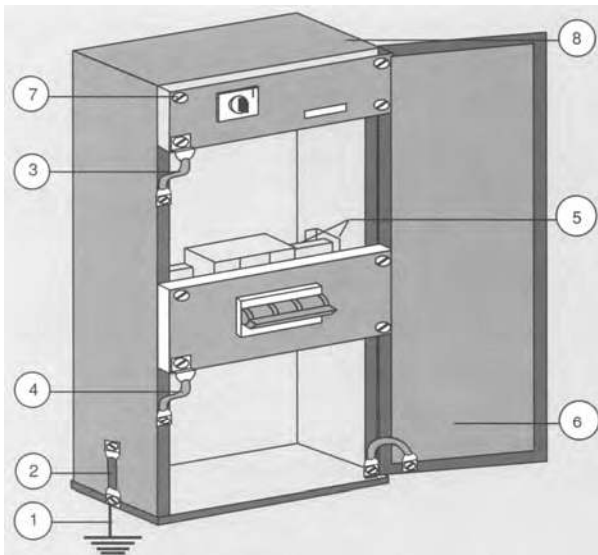
Il rapporto L/S risulta essere 14/6 = 2,33, il valore nella tabella più vicino per difetto è 2,25.

Dalla tabella si può rilevare che è sufficiente un interruttore automatico magnetotermico con una $I_{ccn} \geq 3$ kA.

Nella norma CEI 17-13/1 è possibile trovare gli articoli riguardanti i provvedimenti necessari per la protezione delle persone contro i contatti diretti e indiretti, che è indispensabile considerare per la costruzione di un quadro elettrico in lamiera.

Di seguito vengono riportati anche i punti necessari per la realizzazione di quadri elettrici aventi l'involucro in materiale isolante.

Infine, viene riportato un esempio di schema completo delle indicazioni obbligatorie.

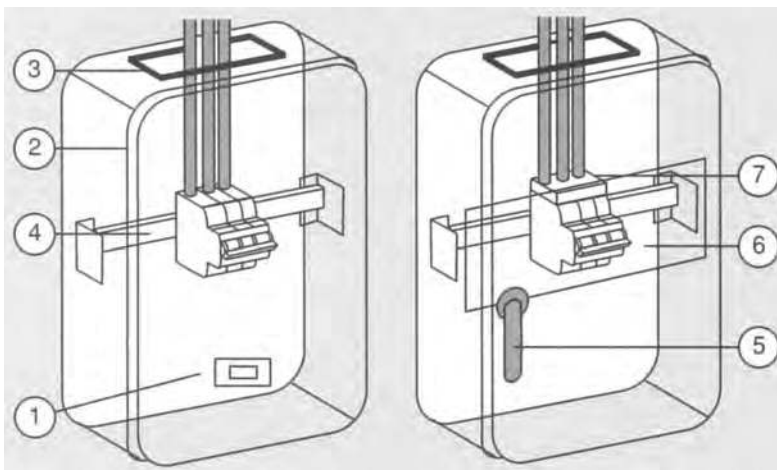


Riferimenti della figura.

- 1) Collegamento del conduttore di terra PE alla struttura metallica.
- 2) Collegare le diverse parti del quadro con dei ponticelli (sono in genere forniti tra gli accessori del quadro elettrico) in modo da realizzare un circuito con una sezione non inferiore a quanto prescritto per il conduttore PE (vedere la tabella).
- 3) Collegare con dei ponticelli i pannelli frontali che sostengono le apparecchiature elettriche; tali ponticelli non devono avere una sezione inferiore al conduttore di fase di maggior sezione dell'apparecchio sostenuto.
- 4) Collegare con dei ponticelli i pannelli frontali che non sostengono le apparecchiature solo se le viti non riescono a garantire un buon contatto elettrico con la struttura (si può utilizzare una sezione di 6 mm²).
- 5) Non necessitano di collegamento al conduttore PE quelle parti metalliche che non sono accessibili.
- 6) Le porte, che coprono frontali che hanno un grado di protezione maggiore di IP20, non vanno collegate al conduttore PE.
- 7) Non è necessario collegare al PE le viti di fissaggio e le targhette di piccole dimensioni (per esempio, 60 x 60 mm).

Il quadro è bene che abbia un grado di protezione minimo contro la penetrazione dei corpi solidi di IP20.

Fig. 5.7 - Provvedimenti necessari secondo la norma CEI 17-13/1 contro i contatti diretti e indiretti per la realizzazione di quadri elettrici in lamiera (Gewiss).



Riferimenti della figura.

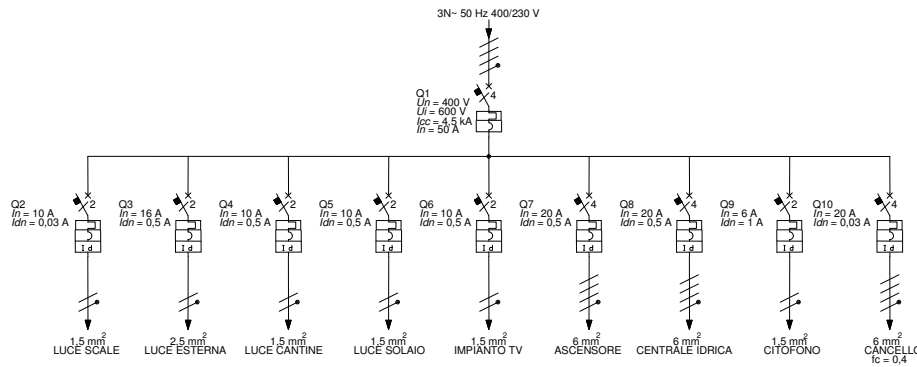
- 1) L'involucro deve essere robusto e deve riportare il contrassegno di doppio isolamento.
- 2) Il grado di protezione non deve essere inferiore a IP40.
- 3) I cavi sia in ingresso che in uscita devono essere isolati tra loro (compreso il conduttore di protezione PE).
- 4) Le parti metalliche interne non devono essere collegate al PE.

Per accedere al quadro, qualora sia necessario aprire una portella con apertura a maniglia, è utile considerare i seguenti punti:

- 5) la maniglia deve essere opportunamente isolata;
- 6) le parti metalliche interne devono essere protette con delle barriere in materiale isolante;
- 7) deve essere assicurata, mediante l'uso di calotte o coperture, la protezione contro i contatti diretti (morsetti, barre nude, ecc.).

Per i piccoli quadri realizzati assemblando degli involucri vuoti, si possono applicare le stesse norme CEI 23-48, 23-49 e 23-52 usate per la realizzazione dei centralini.

Fig. 5.8 - Provvedimenti necessari secondo la norma CEI 17-13/1 contro i contatti diretti e indiretti per la realizzazione di quadri elettrici con involucro isolante.



Un quadro di distribuzione, dotato di apparecchi di protezione contro le sovracorrenti, deve essere dotato di schema elettrico che riporta i seguenti dati:

- U_n = tensione nominale.
- U_i = tensione d'isolamento.
- I_n = corrente nominale di ogni interruttore.
- I_{dn} = corrente di intervento differenziale.
- I_{cc} = corrente di cortocircuito massima (potere di interruzione).
- f_c = fattore di contemporaneità (se diverso da 1).

Ogni circuito di uscita deve indicare la sezione, la formazione del cavo e la destinazione.

Fig. 5.9 - Esempio di schema per quadro elettrico e relative indicazioni obbligatorie.

5.5 Impianto luce

Criteri di progettazione e di dimensionamento. L'impianto luce, è costituito da punti luce fissi a soffitto ed a parete e dalle prese luce per lampada da terra e da tavolo.

Il più piccolo conduttore installabile, secondo le norme CEI, deve avere la sezione di 1,5 mm², alla quale corrisponde una portata massima in regime permanente di 14 A (4 conduttori attivi entro tubi incassati sotto intonaco).

Pertanto, ciascuna linea da 1,5 mm² in partenza dal centralino sarà protetta da un interruttore da 10 A e potrà raggruppare centri luce per complessivi 2000 W (è possibile arrivare a 2500 W utilizzando una sezione di 2,5 mm²). Il sempre più frequente impiego di lampade alogene nei soggiorni rende consigliabile l'installazione di una specifica linea luce per questo locale.

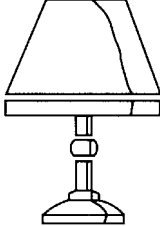
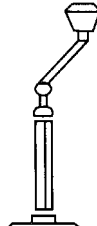
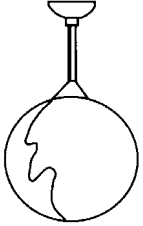
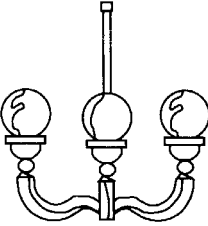
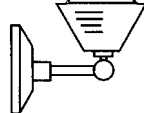
Potenza unitaria				
100 W	500 W	100 W	2 x 200 W	500 W
				
Prese da 10 A generiche	Prese da 10 A luce per lampade alogene (soggiorno)	Punti luce generici	Punto luce per lampadario (soggiorno)	Punti luce indiretti per lampade alogene

Fig. 5.10 - Esempi di impianti utilizzatori luce.

Collegamenti. L'impianto luce, solitamente, si sviluppa su una dorsale che alimenta anche le prese da 10 A di uso generico (piccoli elettrodomestici mobili o portatili).

Si ricordi che il conduttore di fase deve essere interrotto dagli apparecchi unipolari e non deve essere collegato alla virola del portalampada; inoltre, se il lampadario è metallico, va collegato al conduttore di protezione giallo-verde, che non deve mai mancare nei centri luce.

La componibilità degli apparecchi ed i morsetti doppi facilitano enormemente la realizzazione dell'impianto: le prese possono essere derivate direttamente dall'impianto dei circuiti luce e viceversa, senza l'uso di specifiche scatole e morsetti di derivazione, come viene mostrato nel seguente schema.

Comandi semplici. Gli apparecchi di comando fondamentali per i circuiti luce, e cioè l'interruttore, il deviatore, l'invertitore ed il pulsante, sono trattati dalle norme CEI e pertanto le loro caratteristiche tecniche sono così normalizzate:

- tensione di prova: 2000 V 50 Hz graduati per 1 minuto;
- resistenza di isolamento: provata a 500 V maggiore di 5 MΩ;
- prova di interruzione gravosa: 200 cambiamenti di posizione con il 25% di sovratensione e fattore di potenza $\cos \varphi = 0,3$;
- prove di funzionamento prolungato: 50000 cambiamenti di posizione alla corrente ed alla tensione nominale con fattore di potenza 0,6.

Queste caratteristiche garantiscono la piena efficienza anche in condizioni gravose ed una durata media superiore ai 20 anni. Le case costruttrici producono in genere apparecchiature che soddisfano o, addirittura, superano le caratteristiche tecniche sopra citate; inoltre, sono garantite dal Marchio Italiano di Qualità.

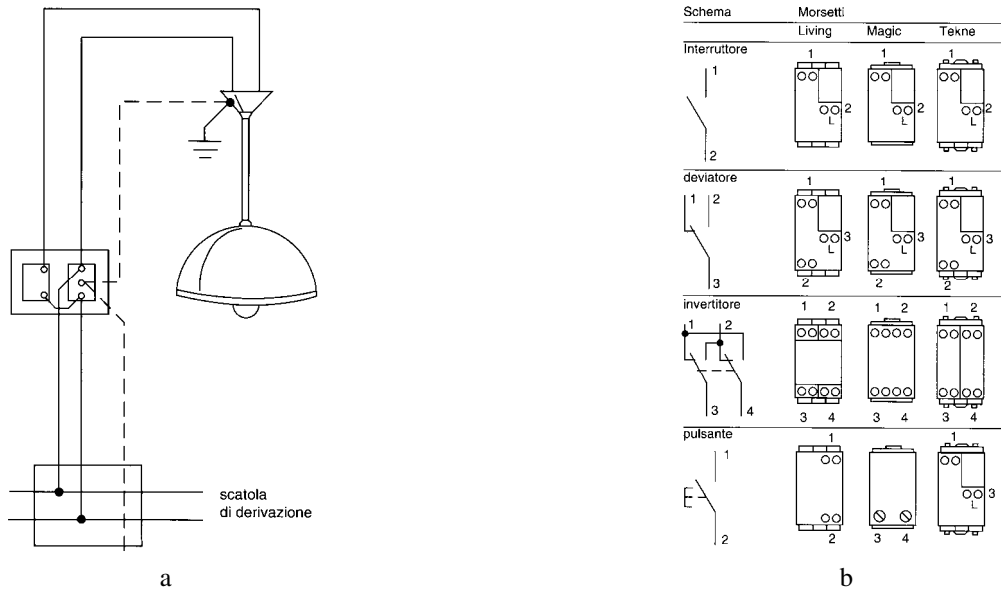


Fig. 5.11 - a) Esempio di utilità dei morsetti doppi - b) Schemi di collegamento di alcune apparecchiature di comando fondamentali bticino.

Regolatori di luminosità (dimmer). I regolatori di luminosità realizzano un risparmio di energia, ma soprattutto consentono di offrire all'utente livelli di illuminamento confortevoli ed adeguati alle diverse necessità.

Per esempio, la ditta bticino offre tre possibilità impiantistiche:

- 1) il comando diretto mediante dimmer a regolazione continua;
- 2) il comando diretto mediante dimmer a gradini con deviatore incorporato (art. 5360);
- 3) il comando diretto ed a distanza con il dimmer a regolazione continua mediante pulsanti; questo apparecchio consente di spegnere, accendere e regolare la luce da un numero qualsiasi di punti (art. 5352 o art. 4682).

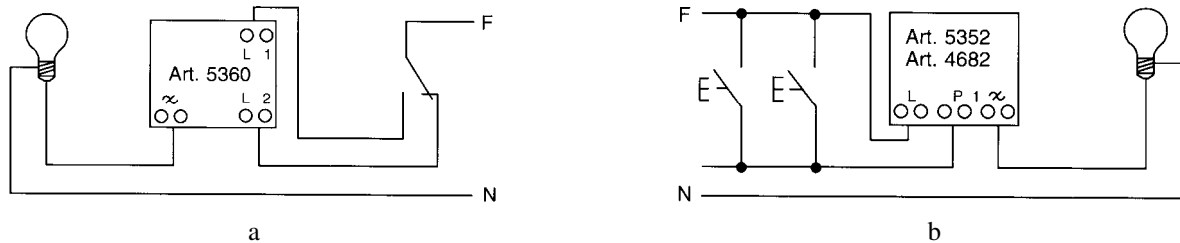


Fig. 5.12 - Schemi di collegamento di regolatori di luminosità: a) Tipo 2 - b) Tipo 3 (bticino).

Comandi luminosi. Le lampade incorporate o incorporabili negli apparecchi possono svolgere una duplice funzione:

- la lampada di localizzazione illumina il tasto dell'interruttore a luce spenta in modo che sia individuabile al buio;
- la lampada spia si accende, invece, quando è accesa la lampada comandata ed è quindi essenziale nei luoghi lontani per non dimenticare accesa la luce.

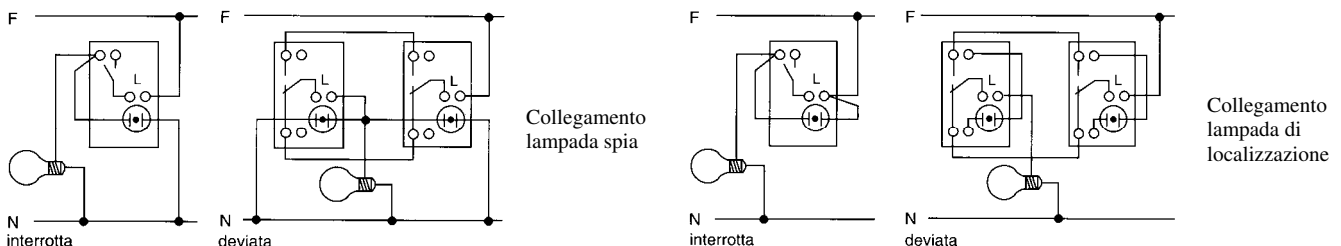


Fig. 5.13 - Schemi di collegamento di comandi luminosi con apparecchiature bticino.

5.6 Impianto prese ed allacciamento elettrodomestici

Prese da 10 A e da 16 A. Il tipo di presa da installare in un determinato punto dell'impianto e le caratteristiche della linea destinata ad alimentarla devono essere stabilite in funzione dell'utilizzatore da collegare.

Tenendo presente che tutte le prese devono essere bipolari con polo di terra e rispondenti alla norma CEI 23-50, in generale si possono prevedere le seguenti possibilità:

- punti presa da 10 A per alimentare piccoli elettrodomestici mobili o portatili (macinacaffè, lucidatrice, rasoio, ecc.) o apparati fissi con potenza inferiore ai 1000 W (televisore, impianto HI-FI, frigorifero, ecc.). La relativa linea con sezione minima di $1,5 \text{ mm}^2$ può essere comune al circuito luce;
- punti presa da 16 A per alimentare elettrodomestici fissi con potenza superiore ai 1000 W (lavatrice, cucina con piastre o forno elettrico, lavastoviglie, ecc.). Per queste prese occorre riservare un'apposita linea con una sezione minima di $2,5 \text{ mm}^2$;
- punti presa da 10/16 A per usi occasionali. In questi casi deve necessariamente ipotizzare la possibilità di impiego diversificato con utilizzatori di piccola o elevata potenza (trapani, lampade portatili, termoventilatori portatili, saldatrici, ecc.). Pertanto, è consigliabile installare prese di tipo bipasso, alimentate da una linea con una sezione minima di $2,5 \text{ mm}^2$ (può essere la stessa linea delle prese da 16 A per gli elettrodomestici fissi).

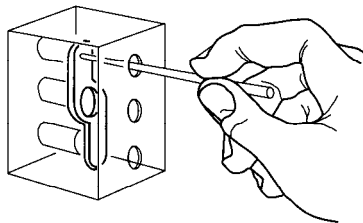
Eventuali elettrodomestici con un assorbimento unitario superiore ai 3,6 kVA, connessi direttamente ad una linea propria o tramite specifica presa, devono essere alimentati singolarmente da un apposito circuito con una sezione minima di 4 mm^2 .

Prese di sicurezza. Le prese di sicurezza con grado di protezione 2, previste dalla norma CEI 23-50, hanno gli alveoli completamente protetti mediante un apposito diaframma mobile che rende impossibile il contatto accidentale anche impiegando oggetti filiformi.

Anche le spine devono essere realizzate secondo le norme CEI, cioè munite di calza, per impedire il contatto accidentale durante l'inserzione.

Per quanto riguarda i collegamenti, le prese, come per gli apparecchi di comando, sono dotate di doppi morsetti, particolarmente utili per la grande facilità di collegamento diretto in dorsale, senza ricorrere a derivazioni mediante morsetti volanti o scatole specifiche.

Condizioni di sicurezza per prese di grado 2
impedito contatto con filo $\varnothing 1 \text{ mm}$



impedito contatto di spinotti in tensione con filo $\varnothing 1 \text{ mm}$

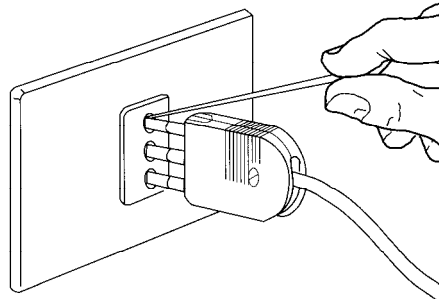


Fig. 5.14 - Prese e spine di sicurezza.

Prese interbloccate. Negli ambienti residenziali, l'inserzione mediante spina e presa di utilizzatori in cortocircuito rappresenta un notevole pericolo: correnti nell'ordine di poche centinaia di ampere producono ai contatti ed agli isolanti gravi danni, compromettendone la sicurezza.

Quando poi, come talvolta avviene, le correnti di cortocircuito raggiungono qualche migliaio di ampere, il pericolo diventa immediato, poiché la proiezione di materiale incandescente e la rottura dell'isolante possono ledere direttamente la mano dell'operatore.

Le prese interbloccate (per esempio, Sicura della serie Living e Magic della bticino) possono risolvere nel modo più semplice, affidabile ed economico questo annoso problema di sicurezza.

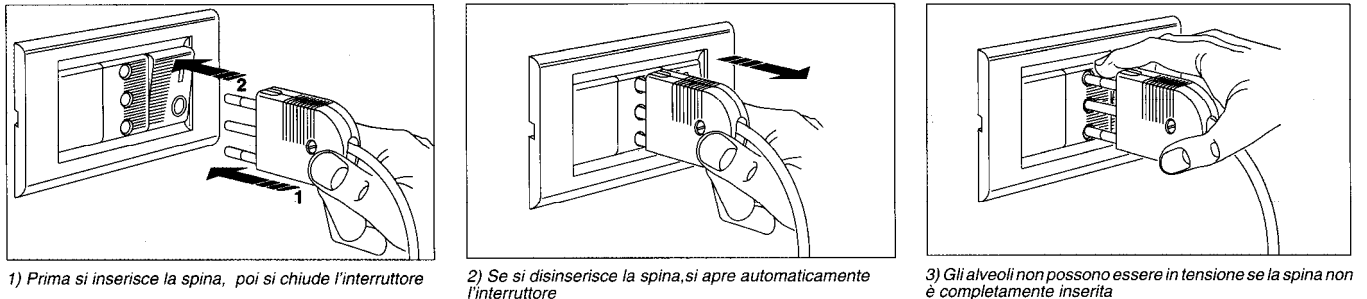
Si tratta di un complesso che accoppia, meccanicamente ed elettricamente in un solo corpo, una normale presa di corrente e un interruttore automatico magnetotermico o magnetotermico differenziale di uguale corrente nominale, in modo da realizzare contemporaneamente tutte le condizioni di sicurezza e di protezione necessarie:

- l'interruttore, connesso a monte della presa, la protegge dalle sovracorrenti fino a 3000 A e non può essere chiuso se non a spina completamente inserita;
- all'atto dell'estrazione della spina, l'interruttore si apre automaticamente ancor prima che gli spinotti si separino dagli alveoli.

Con questi provvedimenti, l'interruzione della corrente risulta sempre affidata ai contatti dell'interruttore, sicché gli spinotti e gli alveoli, non soggetti ad archi di apertura, rimangono sempre perfettamente efficienti.

L'impiego delle prese interbloccate è raccomandato soprattutto per gli utilizzatori soggetti a frequenti inserzioni e disinserzioni (piccoli elettrodomestici da cucina, lucidatrici, aspirapolvere, macchine trasportabili da ufficio).

Inoltre, per utilizzatori con potenza superiore a 1000 W (lavatrici, lavastoviglie, scaldacqua, ecc.) rappresenta una risposta ottimale ai fini della sicurezza dell'impianto.



1) Prima si inserisce la spina, poi si chiude l'interruttore

2) Se si disinserisce la spina, si apre automaticamente l'interruttore

3) Gli alveoli non possono essere in tensione se la spina non è completamente inserita

Fig. 5.15 - Funzionamento di una Presa Sicura interbloccata (bticino).

Gli elettrodomestici fissi. I grossi elettrodomestici con potenza superiore a 1000 W possono essere allacciati alla rete di alimentazione mediante prese interbloccate dotate di un interruttore magnetotermico differenziale o con interruttore magnetotermico.

In alternativa, un interruttore magnetotermico differenziale può proteggere il circuito prese dell'intera cucina.

Gli elettrodomestici fissi sino a 1000 W (frigorifero, congelatore) possono far capo a prese bipolari con terra 2P+PE 10 A ; per potenze superiori (lavatrici) occorre utilizzare prese bipolari con terra 2P+PE 16 A.

I piccoli elettrodomestici. I piccoli elettrodomestici mobili o portatili sono tra i più pericolosi in quanto soggetti ad avaria all'isolante per cadute, urti o abrasioni dei cordoni d'allacciamento.

Per prese specificatamente destinate ai piccoli elettrodomestici da cucina (frullatore, tostapane, ecc.), da pulizia (lucidatrici, aspirapolvere, ecc.) e da bagno (rasoi elettrici, asciugacapelli, ecc.) è bene prevedere, oltre alla normale protezione con messa a terra o con doppio isolamento, sistemi di sicurezza supplementari.

I costruttori di apparecchi offrono dispositivi di sicurezza come interruttori differenziali ad altissima sensibilità (10 mA) per potenze prelevabili fino a 3500 W e prese interbloccate con interruttore magnetotermico differenziale.

Potenza unitaria				
1000 W		300÷500 W	20 W	1000 W
Prese Sicura Salvavita 10 A per piccoli elettrodomestici da cucina		Prese Sicura 10 A per elettrodomestici da pulizia	Prese per rasoio	Prese da 10 A per elettrodomestici da bagno (zona 3) protette da Salvavita

Fig. 5.16 - Esempi di piccoli elettrodomestici.

Si ricordi che queste apparecchiature di protezione devono integrare, e non sostituire, l'interruttore magnetotermico differenziale generale posto nel centralino e coordinato con l'impianto di messa a terra.

Le prese per i piccoli elettrodomestici possono far capo a uno o più circuiti terminali a sezione costante da 1,5 o da 2,5 mm².

Un interruttore magnetotermico differenziale ad altissima sensibilità (10 mA) può proteggere gruppi di 3÷4 prese per la cucina oppure l'intero circuito delle prese distribuite nei corridoi e negli atri e destinate agli elettrodomestici da pulizia.

5.7 Criteri d'installazione

Impianto luce e prese a spina. Le prese a spina da incasso vanno installate a non meno di 17,5 cm dal piano del pavimento: se su battiscopa specificatamente attrezzato e rispondente alla norma CEI 23-32, tale altezza può essere ridotta a soli 8,5 cm.

Alla sommatoria delle potenze unitarie indicate nella fig. 5.16, si devono applicare in genere bassi coefficienti di contemporaneità (0,1÷0,3), ottenendo i valori di potenza impegnata indicati nel paragrafo dedicato alle colonne montanti. Considerando la portata massima I_z , i circuiti, per ottenere un buon sfruttamento dei conduttori, possono essere suddivisi nel seguente modo.

Sezione del circuito terminale	Un circuito ogni
1,5 mm ²	2000 W
2,5 mm ²	2500 W
4 mm ²	3600 W

Tab. 5.12 - Sezione di un circuito terminale in funzione della potenza.

Date le caratteristiche del materiale d'installazione (interruttori, deviatori, prese a spina, ecc.), l'uso di sezioni maggiori non è adottabile per le possibili difficoltà di serraggio dei morsetti.

L'altezza di installazione degli apparecchi di comando e delle prese deve rispondere a criteri di funzionalità e di sicurezza. Sulla guida CEI 64-50 sono riportate le quote ritenute ottimali per i casi più ricorrenti, con particolare attenzione alle prese situate in prossimità del piano di calpestio, per l'evidente esposizione agli urti ed all'acqua utilizzata per le pulizie. Questo tipo di installazione è trattato direttamente dalle norme: l'asse geometrico di inserimento delle spine deve essere orizzontale ed opportunamente distanziato dal pavimento, in funzione del tipo di fissaggio della presa stessa:

- ad incasso o a parete su muro;
- su canalette battiscopa;
- su torrette.

Utilizzando i componenti offerti dai vari costruttori dei sistemi a canalette per impianti in vista e a torrette per impianti sottopavimento, è possibile realizzare, con semplici accoppiamenti, tracciati e impianti misti rispondenti ai requisiti normativi. Nella scelta del tubo protettivo, vale la pena ricordare che, se si passa sotto il pavimento, il tipo utilizzato deve essere del tipo pesante e si raccomanda di non murare direttamente i cavi.

I tubi protettivi non possono avere un diametro interno minore di 10 mm²: il diametro da scegliere è in funzione del tipo e del numero dei cavi da contenere ed è indicato nella tab. 5.13.

Infine, è vietato installare negli stessi tubi cavi d'energia e cavi d'antenna (è bene mantenere separati anche quelli del citofono, specialmente se alimentati in SELV).

Grandezza nominale e Ø esterno [mm]	Diametro interno D [mm]	Diametro utile $d = D / 1,3$ [mm]	Capienza massima cavi con stipamento ammesso dalle norme CEI		
16	10,7	8,2	3 x 1,5	2 x 2,5	--
20	14,1	10,8	5 x 1,5	3 x 2,5	3 x 4
25	18,3	14,7	10 x 1,5	6 x 2,5	5 x 4
32	24,3	18,7	20 x 1,5	10 x 2,5	7 x 4

Tab. 5.13 - Tubi protettivi flessibili in PVC conformi alle norme CEI (Comitato Tecnico 23).

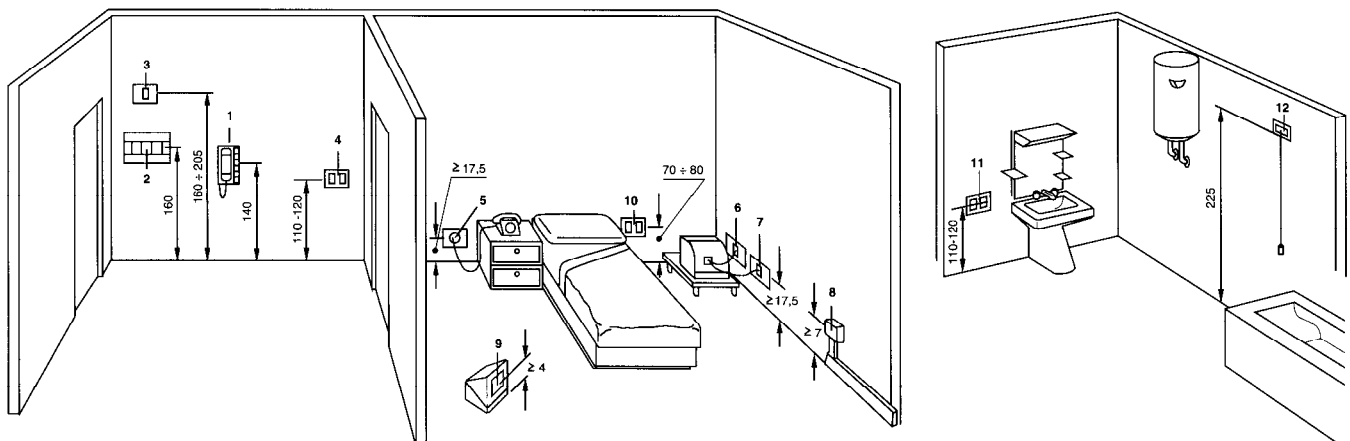


Fig. 5.17 - Altezze di installazione consigliate per apparecchi di comando e prese (vedere tab. 5.14).

Rif. figura	Servizio	Altezza installazione [cm]	Rif. figura	Servizio	Altezza installazione [cm]
1	Citofono	140	7	Prese TV	≥ 17,5
2	Centralino	160	8	Prese su battiscopa	≥ 7 (**)
3	Suonerie	160÷205	9	Prese su torrette	≥ 4
4	Comandi luce e prese per elettrodomestici portatili	Altezza maniglie (*) porte (110÷120)	10	Comandi e prese da comodino	70÷80
5	Prese telefono	≥ 17,5	11	Comandi e prese bagni (zona 3)	110÷120
6	Prese di corrente	≥ 17,5	12	Pulsante a tirante per bagni	≥ 225

(*) Max. 90 cm se richiesto da DPR 384, legge 118, DM 236 (barriere architettoniche). (**) Altezza 12 cm se telefoniche.

Tab. 5.14 - Altezze di installazione consigliate per apparecchi di comando e prese (vedere fig. 5.17).

5.8 Ingresso dell'appartamento

Impianto fondamentale. L'ingresso dell'appartamento richiede il comando dell'illuminazione da più punti (pari al numero delle porte) e concentra i servizi comuni dell'appartamento: centralino, citofoni, suonerie ingresso e bagno.

È bene prevedere un primo punto telefonico costituito da 3 scatole dell'Ente fornitore del servizio telefonico collegate tra loro per la connessione agli altri locali ed alla rete esterna.

Per gli utenti sono previsti i comandi luce da più punti mediante l'uso di deviatori e invertitori (a).

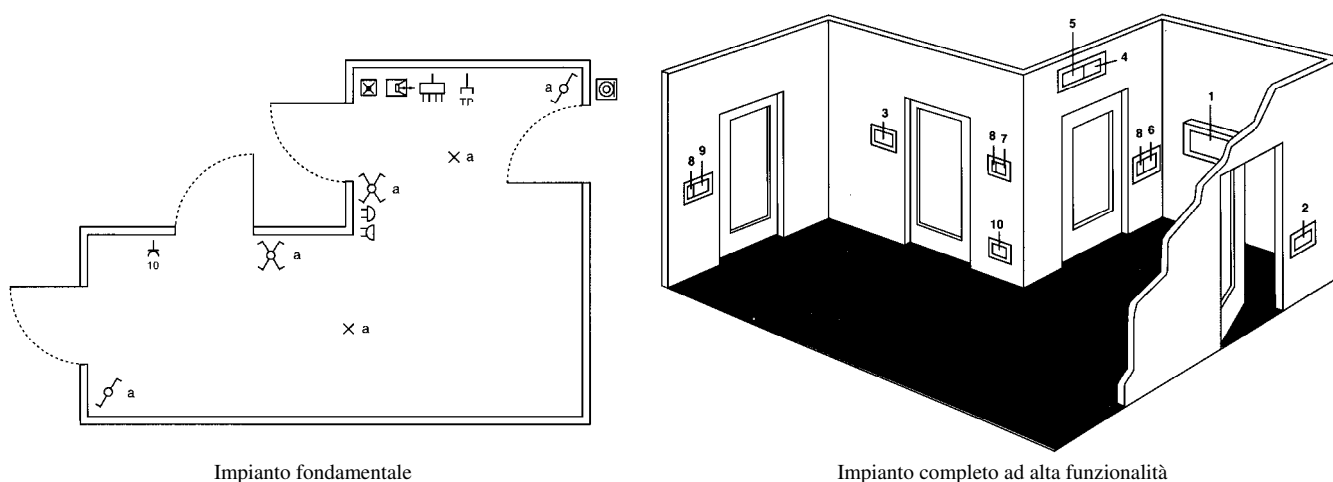


Fig. 5.18 - Ingresso dell'appartamento.

Impianto completo ad alta funzionalità. Nell'ingresso dell'appartamento sono localizzate anche le apparecchiature destinate alla sicurezza degli utenti (il centralino).

Le prese interbloccate garantiscono una sicurezza aggiuntiva contro le folgorazioni durante l'impiego degli elettrodomestici mobili (aspirapolvere, lucidatrice, ecc.).

Sempre ai fini della sicurezza, sono previste le suonerie a suono distinto bagno/ingresso, le lampade autonome ed il rivelatore di fumo.

Per il comfort degli utenti, sono previsti i comandi luce da più punti mediante l'uso di un relè a passo.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Centralino con interruttori automatici magnetotermici e differenziali	1
Pulsante ingresso con targa portanome illuminata	2
Presa interbloccata con interruttore differenziale ad alta sensibilità 10 mA/10 A	3
Rivelatore di fumo	4
Suoneria ingresso a suono distinto da allarme bagno	5
Lampada estraibile illuminazione di sicurezza	6
Relè a passo per comando luce da più punti	7
Pulsanti per comando luce a relè	8
Orologio elettronico	9
Lampada segnapasso	10

Tab. 5.15 - Elenco apparecchiature per l'ingresso dell'appartamento.

5.9 Soggiorno

Impianto fondamentale. Il soggiorno necessita di illuminazione a diversi livelli (generale, per lettura, visione TV), di prese per TV, per telefono e di alcune prese generiche, fra le quali le più pericolose sono quelle destinate ad alimentare gli apparecchi di pulizia e le lampade da terra. L'illuminazione è ottenuta con un centro luce a soffitto a 2 accensioni (a, b), mentre la presa da 10 A (c) viene comandata dall'interruttore (c).

Impianto completo ad alta funzionalità. I servizi specifici disponibili con le apparecchiature offerte dai vari costruttori (Living e Magic della bticino) consentono di migliorare il comfort e la sicurezza di questo locale.

Risulta molto utile la possibilità di graduare l'illuminazione, sia generale sia localizzata (lampade da terra e da TV) mediante dimmer comandabili da più punti, eventualmente anche tramite una pulsantiera vicina alle poltrone.

L'installazione del termostato ambiente di solito viene fatta in soggiorno, poiché la temperatura di riferimento è resa nel locale più significativo dell'appartamento (con gli apparecchi modulari è possibile controllare la temperatura senza deteriorare l'ambiente con apparecchi antiestetici).

In caso di ambiente condizionato, la stazione meteo consente il controllo costante della temperatura, dell'umidità e della pressione ed è previsto il programmatore settimanale per comandare il funzionamento negli orari voluti. Le prese destinate ad alimentare apparecchi TV ed HI-FI vanno previste nella versione con scaricatore per la protezione da sovratensioni transitorie (fulmini, manovre di rete, ecc.). Per gli elettrodomestici da pulizia, occorre prevedere prese interbloccate tipo Sicura.

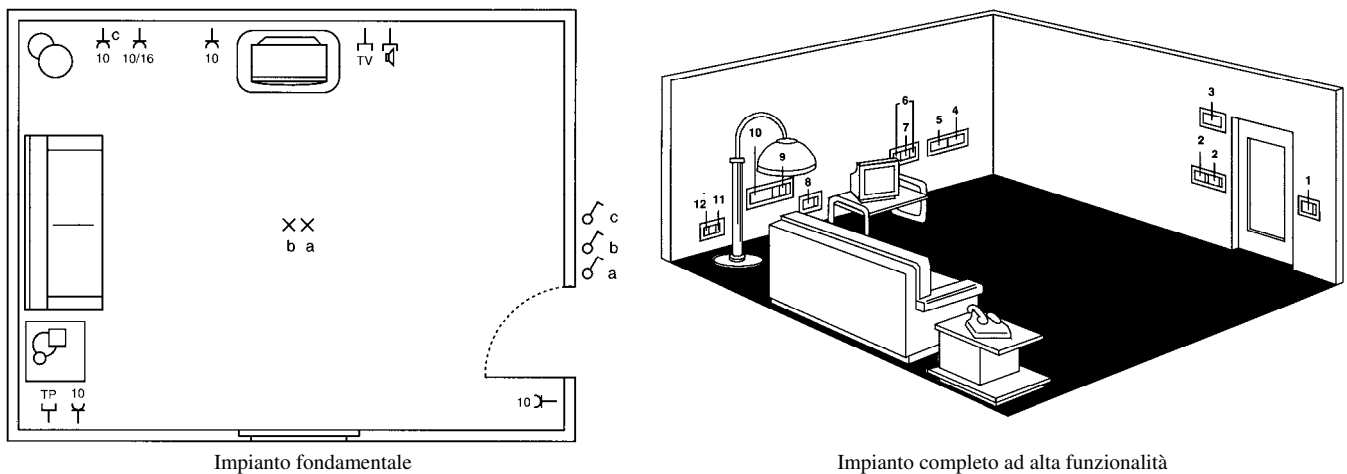


Fig. 5.19 - Soggiorno.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presse Sicure da 10 A	1
Dimmer per lampadario e dimmer per lampada da terra	2
Rivelatore di fumo	3
Termostato ambiente	4
Programmatore settimanale	5
Connettori stereo	6
Presse TV a bassa attenuazione passante e derivata	7
Presse di sicurezza 10 A con scaricatore	8
Pulsanti per il telecomando del dimmer per lampada e lampadario	9
Stazione meteorologica	10
Presse da 10 A	11
Presse bipasso 10/16 A	12

Tab. 5.16 - Elenco apparecchiature per il soggiorno.

5.10 Cucina

I criteri di progettazione dell'impianto elettrico nelle cucine di uso familiare devono tenere in considerazione le caratteristiche di pericolosità di questo ambiente, anche se classificabile come ordinario.

Infatti, in cucina, rispetto ad altri ambienti della casa, c'è maggiore pericolo di elettrocuzione per contatti diretti ed indiretti dovuti a:

- presenza di acqua;
- presenza di numerosi elettrodomestici mobili e portatili;

- presenza di elettrodomestici con vaste superfici metalliche esposte (masse);
- presenza di masse estranee (tubazioni, lavelli inox, ecc.);
- rischio di spruzzi di acqua nelle vicinanze del lavello;
- rischio di temperature elevate e di penetrazione di vapore caldo negli apparecchi elettrici vicini ai forni e ai fornelli.

Tipo di utilizzatore	Potenza presunta [VA]	Tipo di allacciamento	Sezione cavo H07V-K [mm ²]	Ubicazione preferenziale
Centro luce	100	Interrotto con il comando dalla porta di ingresso	1,5	Al centro del soffitto (in caso di ubicazione obbligatoria del tavolo, sopra il centro del tavolo)
Centro luce a parete	100	Interrotto con il comando dal banco della cucina	1,5	Sopra il banco cucina (evitare la parte di parete sopra i fornelli di cottura)
Aspiratore cappa	200	Interrotto con il comando dal banco della cucina in prossimità dei fornelli	1,5	In prossimità della bocchetta del camino di aspirazione
Scaldaacqua elettrico	1500	Allacciamento fisso con eventuale protezione locale mediante interruttore automatico magnetotermico differenziale ad alta sensibilità	2,5	In prossimità del punto di allacciamento idraulico
Lavastoviglie (e/o lavatrice), cucina elettrica	2000	Presa 2P + PE, 16/10 A (meglio una presa interbloccata con protezione magnetotermica differenziale incorporata $I_n = 10$ A, $I_{dn} = 10$ mA)	2,5	In prossimità del punto di allacciamento idraulico; per cucina elettrica, in prossimità del punto di allacciamento del gas.
Frigorifero (e/o congelatore)	500	Come sopra	2,5	Sulla parete del gruppo cucina più lontano possibile dal forno e dai fornelli
Piccoli elettrodomestici	300	Gruppo di 3 prese 2P + PE, 10 A (meglio se protette localmente con un interruttore automatico magnetotermico differenziale $I_n = 10$ A, $I_{dn} = 10$ mA)	1,5	Sopra ogni banco di preparazione dei cibi del blocco cucina
Ferro da stiro	1000	Presa 2P + PE, 10 A (meglio se del tipo di sicurezza con protezione magnetotermica differenziale incorporata $I_n = 10$ A, $I_{dn} = 10$ mA)	2,5	Vicino al tavolo
Lucidatrice, aspirapolvere	500	Come sopra	2,5	Vicino alla porta d'ingresso (meglio se vicino al lato del battente e montato a 20 cm dal pavimento)

Tab. 5.17 - Caratteristiche dei principali utilizzatori da cucina.

Impianto fondamentale. Si deve prevedere l'installazione di tre prese per grossi elettrodomestici sulla parete utile (lavastoviglie, cucina con forno elettrico, lavatrice).

Inoltre, è necessario installare, nelle vicinanze dei piani di cottura e di preparazione dei cibi, almeno tre prese per piccoli elettrodomestici mobili e, in alto, una presa comandata per l'aspiratore. Oltre al centro luce a soffitto, si deve prevedere un centro luce a parete sopra il gruppo lavello-cucina.

L'impianto è dotato di un punto luce a soffitto interrotto (a), un punto luce a parete interrotto (b), una presa comandata per aspiratore (c), un ronzatore per la chiamata allarme bagno.

Impianto completo ad alta funzionalità. Poiché, come si è detto, la cucina è uno dei locali più pericolosi dell'appartamento, si deve porre particolare attenzione ai problemi di sicurezza.

È soprattutto necessario, contro i pericoli di folgorazioni, proteggere con interruttori differenziali ad altissima sensibilità le prese per piccoli elettrodomestici mobili. La bticino, per esempio, consiglia la presa Sicura Salvavita che, in un unico apparecchio di soli 3 moduli, abbina la funzionalità dell'interblocco alla protezione differenziale da 10 mA.

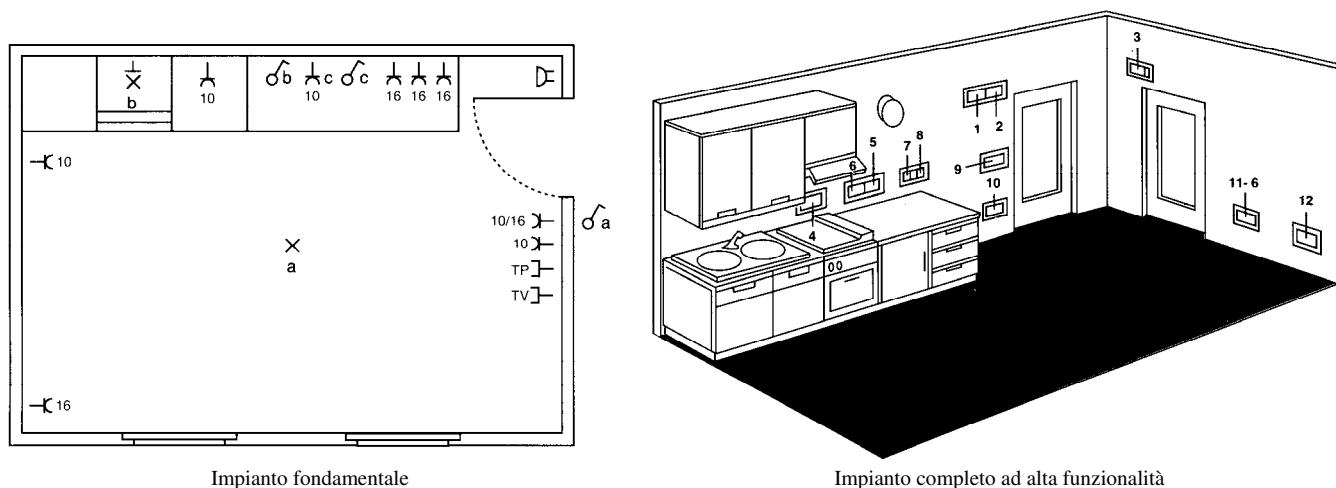


Fig. 5.20 - Cucina.

Il rivelatore di fughe di gas va installato nelle vicinanze dei fornelli, ma fuori dalla zona di influenza diretta dei fumi di cottura (si consiglia di leggere attentamente le istruzioni di installazione contenute nella confezione del rivelatore).

Il rivelatore di fumi, essenziale per richiamare l'attenzione non solo sui principi di incendio ma anche su cibi che stanno bruciando, va installato in alto in prossimità dei piani di cottura, fuori dalla zona d'influenza diretta del vapore.

Almeno una presa temporizzata per scaldavivande completa la dotazione elettrica di una cucina moderna.

È utile ricordare che la presenza di elettrodomestici a controllo elettronico può dar luogo a correnti di dispersione verso terra, con componenti pulsanti unidirezionali controllabili solo con interruttori differenziali adatti e installabili nel centralino.

Nel progettare l'impianto elettrico, si deve tenere presente che la cucina, se abitabile, è il locale nel quale la famiglia abita per la maggior parte della giornata; sono pertanto da prevedere molti dei servizi elettrici proposti per il soggiorno (soprattutto la presa TV ed il regolatore continuo di luminosità).

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Rivelatore di gas	1
Rivelatore di fumo	2
Suoneria a due suoni (allarme bagno-ingresso)	3
Presa Sicura con Salvavita 10 mA/10 A	4
Presa temporizzata per scaldavivande	5
Presa da 10 A	6
Presa da 10 A comandata per aspiratore	7
Interruttore per punto luce a parete	8
Orologio elettronico	9
Tre prese da 16 A per grossi elettrodomestici	10
Presa bipasso 10/16 A	11
Presa TV a bassa attenuazione	12

Tab. 5.18 - Elenco apparecchiature per la cucina.

5.11 Camera matrimoniale

Impianto fondamentale. Sono essenziali il punto luce a soffitto, comandato dall'ingresso della camera e da entrambi i posti letto (a) (comodini), due prese da 10 A per lampade da comodino (b) ed una presa 10/16 A per elettrodomestici mobili da pulizia (lucidatrice, aspirapolvere, battitappeto, ecc.).

Per un'abitudine ormai consolidata, si possono considerare fondamentali anche la presa TV, posizionata sulla parete opposta al letto, e la presa per telefono vicino ad uno dei due comodini.

È infine opportuno installare due prese da 10 A per l'alimentazione di apparecchi radio (c).

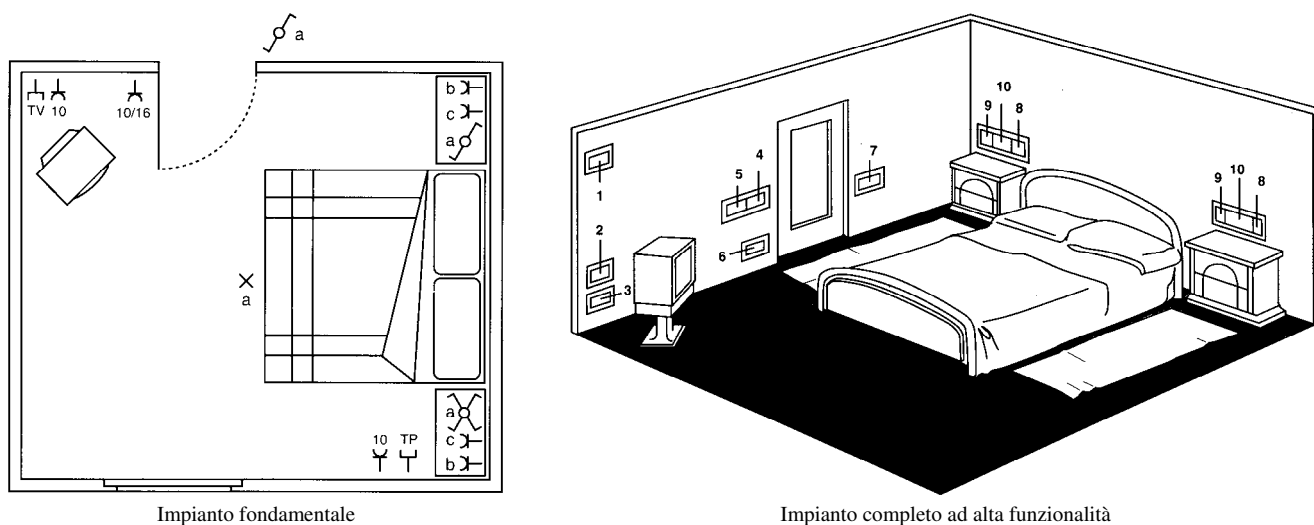


Fig. 5.21 - Camera matrimoniale.

Impianto completo ad alta funzionalità. La televisione in camera da letto crea una serie di problemi di telecomando e di regolazione dell'illuminazione, normalmente risolvibili con apparecchi modulari.

Il gruppo di apparecchi sopra i comodini dovrà pertanto comprendere:

- un dimmer telecomandato per lampadario (o per lampade per TV);
- due prese di sicurezza (1 per la lampada da comodino, 1 per la radio) protette da un interruttore automatico magnetotermico differenziale ad altissima sensibilità (10 mA).

La presa tipo Sicura Salvavita da 16 A all'ingresso della camera è destinata alla protezione degli elettrodomestici mobili da pulizia.

Sono inoltre consigliabili: un orologio, un rivelatore di fumi, una lampada segnapasso.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Rivelatore di fumo	1
Prese di sicurezza da 10 A	2
Presa TV a bassa attenuazione (derivata e passante)	3
Dimmer per comando lampadario	4
Orologio elettronico	5
Dimmer + presa per lampada TV comandata dai comodini	6
Presa Sicura Salvavita da 10 A	7
Telecomando per dimmer per lampadario	8
Interruttore magnetotermico differenziale da 10 A per la protezione di prese per lampada da comodino e apparecchi radio	9
Telecomando per dimmer per lampada TV	10

Tab. 5.19 - Elenco apparecchiature per la camera matrimoniale.

5.12 Camera ad un letto

Impianto fondamentale. Sono essenziali il centro luce a soffitto comandato dall'ingresso e dal posto letto (comodini), una presa per lampada da comodino ed una presa per elettrodomestici mobili da pulizia (lucidatrice, aspirapolvere, battitappeto, ecc.).

È da considerare importante anche la presa TV ed una presa per lampada da tavolo, perché questa camera viene sovente usata non solo per dormire, ma anche come ambiente di lavoro e soggiorno.

L'impianto prevede in particolare un centro luce a soffitto comandato da 2 punti (a), una presa da 10 A per lampada da comodino (b), una presa da 10 A per apparecchio radio (c).

Impianto completo ad alta funzionalità. La televisione crea gli stessi problemi già visti per la camera matrimoniale, accentuati dalle citate esigenze di soggiorno.

Pertanto non dovrebbero mancare:

- un dimmer;
- un interruttore dal posto letto per il comando della presa di alimentazione della televisione;
- una presa, protetta da un interruttore differenziale ad altissima sensibilità, per la lampada da comodino o da tavolo.

È molto utile l'orologio installato in posizione visibile sia dal tavolino che dal letto.

Il rivelatore di fumo diventa essenziale se la camera è destinata a bambini piccoli; in tal caso sono indispensabili anche le prese di sicurezza e la protezione dell'intero locale mediante un interruttore differenziale ad altissima sensibilità.

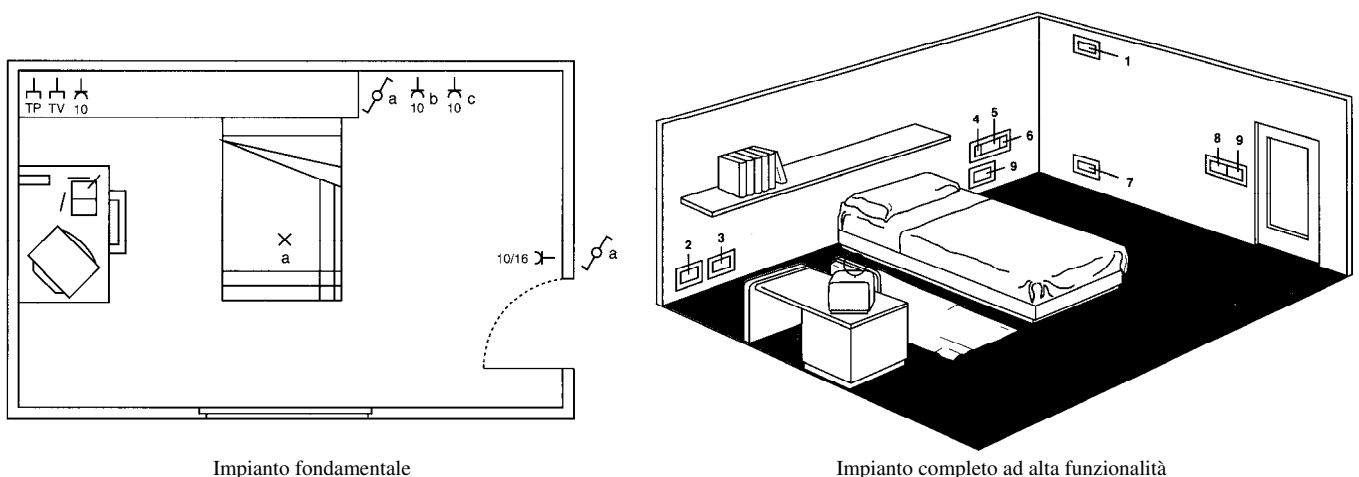


Fig. 5.22 - Camera ad un letto.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Rivelatore di fumo	1
Presa di sicurezza da 10 A per TV + presa comandata per lampada TV	2
Presa TV a bassa attenuazione (derivata e passante)	3
Telecomando per dimmer per lampadario	4
Interruttore magnetotermico differenziale da 10 A per la protezione delle lampade per il comodino e per gli apparecchi radio	5
Telecomando per dimmer per lampada TV	6
Presa Sicura Salvavita da 16 A	7
Dimmer per comando lampadario	8
Dimmer per lampada TV comandata dai comodini	9

Tab. 5.20 - Elenco apparecchiature per la camera ad un letto.

5.13 Bagno

I locali che ospitano bagni e docce, nell'ambito di un complesso per usi non specializzati, sono considerati dalla norma CEI 64-8 ambienti particolarmente pericolosi a causa della bassa resistenza al passaggio di corrente offerta dal corpo umano, quando si trova immerso in acqua o, privo di vestiario o calzature, in un luogo bagnato.

Il livello di pericolo diminuisce a mano a mano che ci si allontana dalla vasca o dal piatto doccia; è massimo quando si è immersi nella vasca o si è sotto la doccia (zona 0 e 1), è grande quando stando nella vasca o sotto la doccia si possono toccare con una mano parti accidentali in tensione (zona 2), infine è notevole quando si cammina a piedi nudi sul pavimento probabilmente bagnato e con le pareti ricoperte da gocce di condensa (zona 3).

Si noti il diverso grado di pericolosità dei lavelli della cucina rispetto al bagno o al piatto doccia.

Norme di sicurezza. La norma CEI 64-8 individua specifici provvedimenti protettivi supplementari da adottare nei bagni e nelle docce per evitare pericoli di folgorazioni dovuti sia a contatti diretti sia a contatti indiretti. La guida CEI 64-50 fornisce precisazioni di carattere operativo e consigli sulle soluzioni da adottare nelle situazioni più ricorrenti.

I locali da bagno e per doccia sono suddivisi in quattro zone di differenti pericolosità, indicate di seguito (zone di rispetto); al di fuori di dette zone, l'ambiente deve considerarsi ordinario anche se interno al locale stesso.

Nella **zona 0** è vietata l'installazione di qualsiasi componente elettrico. La vasca può essere di tipo monoblocco per idromassaggio, purché realizzata in conformità alle specifiche norme CEI di prodotto; per l'alimentazione valgono le medesime prescrizioni del successivo punto.

Nella **zona 1** si possono installare solo scaldacqua e altri utilizzatori fissi, purché alimentati a bassissima tensione di sicurezza, con tensione nominale non superiore a 25 V e grado di protezione non inferiore a IP24. Sono ammesse le sole condutture di alimentazione degli utilizzatori qui ubicati, che devono partire da una cassetta di derivazione fuori dalle zone 1 e 2, svilupparsi senza giunzioni e senza prese a spina, avere isolamento equivalente alla Classe II ed essere incassate (salvo l'ultimo tratto in prossimità dell'utilizzatore).

A tal fine, possono essere vantaggiosamente impiegati cavi multipolari con guaina non metallica, posti entro tubi in PVC incassati con scatola terminale munita di passa-cordone. Per lo scaldacqua, è da prevedere un interruttore posto fuori dalle zone 1 e 2.

Nella **zona 2** si possono installare, oltre agli utilizzatori consentiti nella zona 1, anche apparecchi illuminanti fissi, di Classe II e grado di protezione non inferiore a IP24.

Per evitare che l'utente installi successivamente, sulle relative predisposizioni, apparecchi di Classe I, è consigliabile porre un avviso che richiami l'obbligo di usare solo apparati di Classe II. In questa zona non è ammessa l'installazione di apparecchi di comando, derivazione e protezione (interruttori, prese, scatole di derivazione, ecc.).

Nella **zona 3** si può realizzare un impianto ordinario con conduttore installato in tubi non metallici aventi isolamento equivalente alla Classe II. I componenti devono avere grado di protezione minimo IP21, con l'eccezione delle prese a spina e degli apparecchi di comando (non automatici) incassati nelle pareti verticali che possono avere grado di protezione IP20 (con la raccomandazione di non installarli in posizione esposta a gocciolamenti).

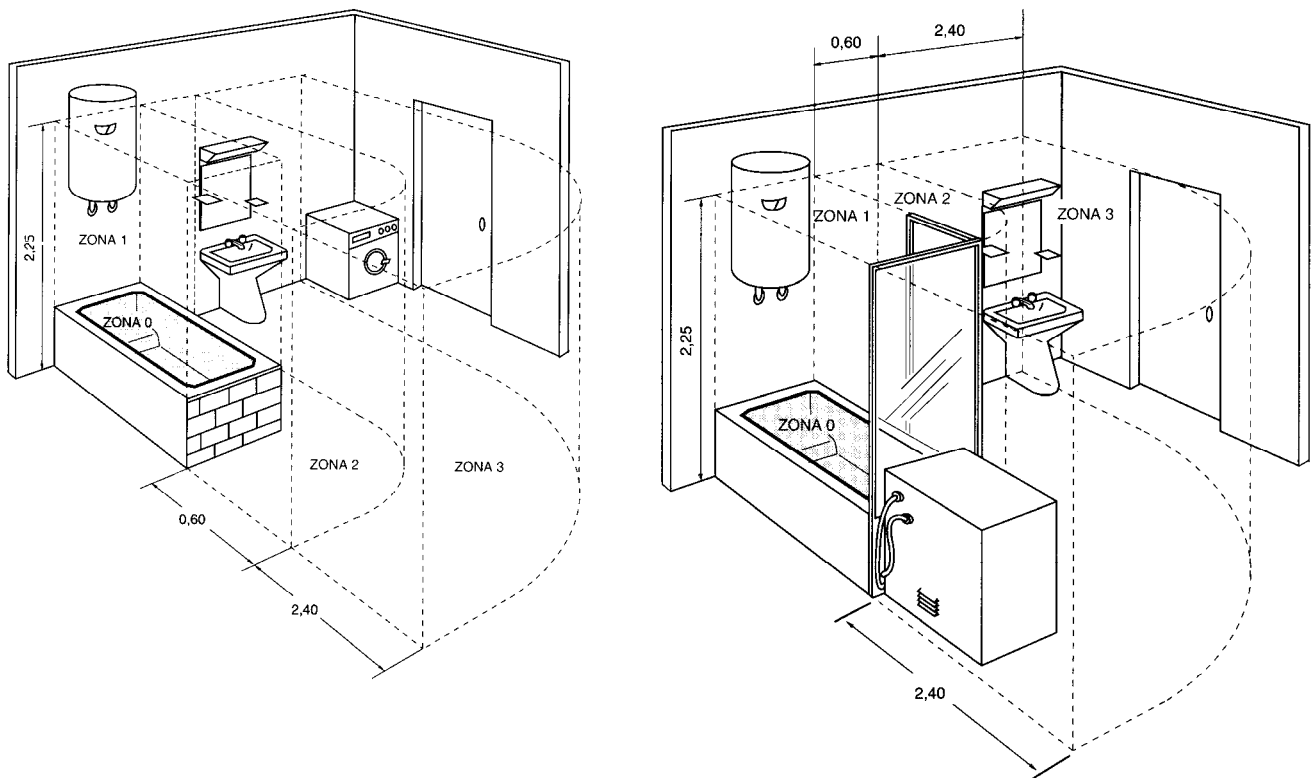
Le prese a spina sono ammesse solo se rispondono almeno a uno dei seguenti requisiti:

- sono alimentate a bassissima tensione di sicurezza;
- sono alimentate singolarmente tramite un trasformatore di isolamento (presa per rasoio elettrico);
- sono protette a monte da un differenziale ad alta sensibilità con una $I_{dn} = 30$ mA.

Per quest'ultima soluzione, certamente la più frequente, può essere impiegato l'interruttore differenziale ad alta sensibilità installato nel centralino dell'unità abitativa. È tuttavia consigliabile adottare un provvedimento ancor più sicuro, proteggendo l'impianto del bagno mediante un differenziale ad altissima sensibilità (10 mA). Gli apparecchi utilizzatori devono funzionare in modo che nessuna loro parte entri nelle zone 0, 1, 2.

Le posizioni delle prese e degli attacchi idrici (carico e scarico) per la lavatrice devono pertanto essere opportunamente determinate per impedire all'utente il mancato rispetto di tale prescrizione.

In locali di ampiezza ridotta è possibile limitare l'area delle zone di rispetto adottando ripari e diaframmi isolanti fissi. Con simili accorgimenti, è possibile rendere utilizzabili spazi adiacenti alla vasca o alla doccia per l'installazione di utilizzatori ammessi solo nella zona 3.



- Zona 0** = volume interno alla vasca o al piatto doccia
- Zona 1** = volume sopra la vasca o sopra il piatto doccia fino a 2,5 m dal pavimento
- Zona 2** = volume che circonda la zona 1 delimitato da una distanza di 0,6 m dalla stessa zona 1
- Zona 3** = volume che circonda la zona 2 delimitato da una distanza di 2,4 m dalla stessa zona 2

Esempio di limitazione della zona 2 mediante la realizzazione di una barriera in vetro fissa per permettere l'installazione della lavatrice in prossimità della vasca.

Fig. 5.23 - Zone di rispetto.

Tutte le masse estranee devono essere collegate ad un conduttore di equipotenzialità locale avente sezione non inferiore a $2,5 \text{ mm}^2$ se è provvisto di protezione meccanica (tubo) o 4 mm^2 se non protetto.

Sono da collegare in equipotenzialità supplementare le tubazioni dell'acqua, dell'acqua fredda, del gas, degli scarichi, dei termosifoni e ogni altra massa estranea.

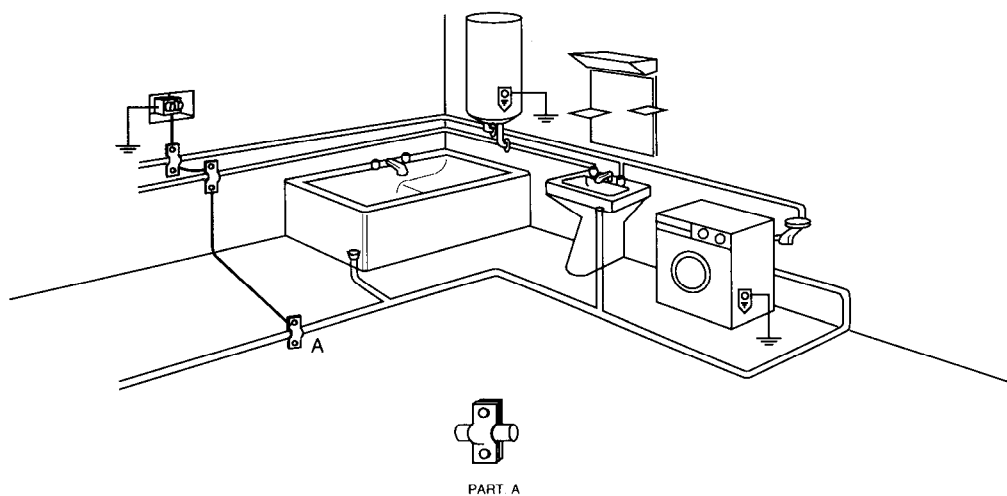


Fig. 5.24 - Collegamenti equipotenziali.

A tal fine, è sufficiente effettuare un solo collegamento nei punti in cui si possono presentare potenziali pericolosi (per esempio, all'ingresso nel locale bagno delle tubazioni oppure in ingresso ed in uscita, se si tratta di tubazioni passanti).

L'intelaiatura metallica di una finestra, se non è in contatto con i ferri di armatura dell'edificio, non è da considerare massa estranea e, quindi, non necessita di collegamento equipotenziale.

Impianto fondamentale. Per questo locale sono essenziali il centro luce a soffitto e sulla specchiera, una presa da 10 A per il rasoio e l'asciugacapelli, una presa da 16 A per la lavatrice ed un pulsante a tirante per l'allarme.

Le relative installazioni devono rispettare le zone di sicurezza e le prescrizioni normative descritte nelle pagine precedenti.

Nei bagni senza finestre è necessario predisporre una presa per l'aspiratore comandata dallo stesso interruttore della luce, con spegnimento ritardato ottenibile mediante temporizzatore.

L'impianto prevede, in particolare, un centro luce a soffitto comandato da un punto (a), un punto luce per specchiera comandato da un punto (b), un interruttore automatico magnetotermico 2P per lo scaldacqua elettrico che viene collegato direttamente con cavo e scatola dotata di passacavo.

È sconsigliabile abbondare in prese per scoraggiare l'impiego di utilizzatori mobili o portatili che potrebbero essere azionati in zone pericolose.

Nel caso si debba installare uno scaldacqua elettrico, è possibile farlo nella zona 1; è necessario però impiegare per il collegamento di alimentazione un cavo con guaina.

Si consiglia di collocare una scatola per l'arrivo del cavo in prossimità dello scaldacqua, in modo che la coda sia più corta possibile; infine, l'interruttore di sezionamento o di protezione deve essere posto nella zona 3.

Nel bagno viene posto normalmente un pulsante a tirante di chiamata; l'apparecchio non può essere installato nella zona 1 e quindi l'altezza non deve essere inferiore a 2,25 m.

Se il tirante non è realizzato con una catenina metallica, ma con un cordone di tipo isolante, è possibile realizzare l'impianto di chiamata anche alla tensione di rete (230 V).

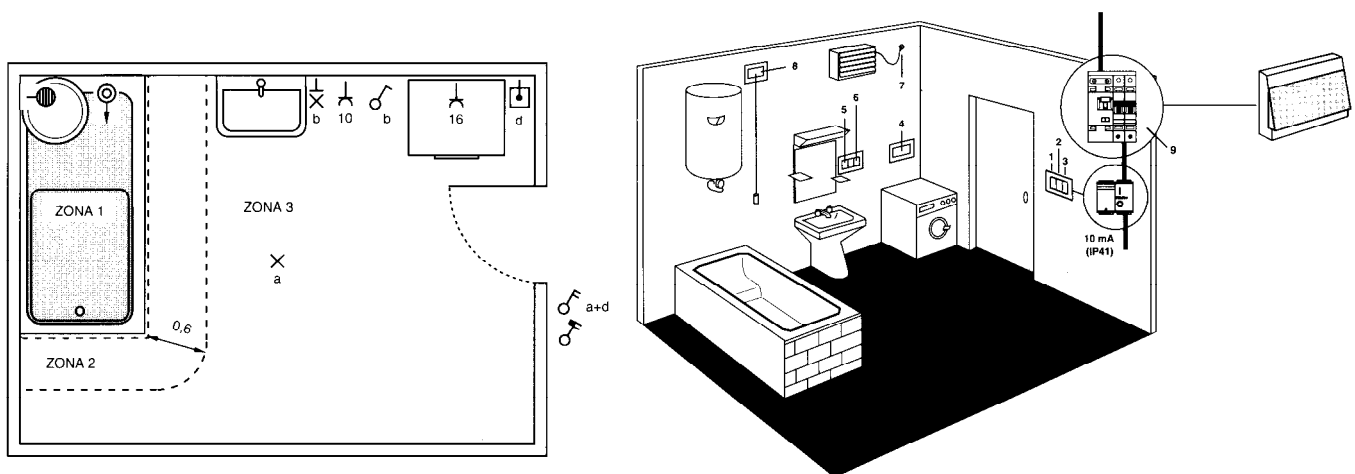
Il comando di apparecchi di illuminazione deve essere posto fuori dalla zona 1 e 2 (in zona 3); inoltre, la condotta può essere realizzata con cavi unipolari isolati in PVC entro tubi incassati, in modo che l'apparecchio si sovrapponga completamente alla connessione, garantendo così un grado di protezione IPX4 (vedere l'installazione dello scaldacqua).

Le condutture devono essere incassate ad una profondità superiore a 5 cm, in modo che siano fuori dalle zone pericolose; ovviamente, non sono ammesse condutture in vista, cioè costituite da cavi con guaina aggraffati alle pareti.

Non sono ammesse condutture in tubo metallico.

Impianto completo ad alta funzionalità. Il problema della sicurezza è fondamentale per questo locale. Pertanto, oltre all'interruttore differenziale con una $I_{dn} = 30 \text{ mA}$, installato nel centralino, si prevede una protezione supplementare mediante un interruttore differenziale modulare ad altissima sensibilità con una $I_{dn} = 10 \text{ mA}$ che può essere installato all'interno del bagno, in zona 3, perché è l'unico apparecchio di questo genere che presenta un sufficiente grado di protezione (IP41).

Per l'alimentazione della lavatrice, si raccomanda l'impiego di una presa interbloccata che, unitamente agli attacchi idrici, deve essere installata in modo che l'elettrodomestico rimanga al di fuori delle zone 0, 1 e 2.



Impianto fondamentale

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 5.25 - Bagno.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Interruttore magnetotermico differenziale bipolare con una $I_{dn} = 10$ mA a protezione locale del bagno (per esempio, salvavita)	1
Interruttore automatico magnetotermico 2P per scaldacqua elettrico	2
Interruttore per luce a soffitto ed aspiratore	3
Presse Sicure da 16 A per lavatrice	4
Interruttore per lampada specchiera	5
Presse di sicurezza da 10 A per rasoi ed asciugacapelli	6
Uscita per aspiratore temporizzato	7
Pulsante a tirante per allarme	8
Interruttore magnetotermico differenziale con una $I_{dn} = 30$ mA, nel centralino (obbligatorio)	9

Tab. 5.21 - Elenco apparecchiature per il bagno.

5.14 Ufficio

Impianto fondamentale. Negli edifici con prevalente destinazione abitativa è sempre più frequente la coesistenza di unità adibite ad uso ufficio.

La guida CEI 64-50 prende in considerazione gli uffici normalmente ricavati da appartamenti, in particolare del tipo mono-bilocale dotati di ingresso e servizio.

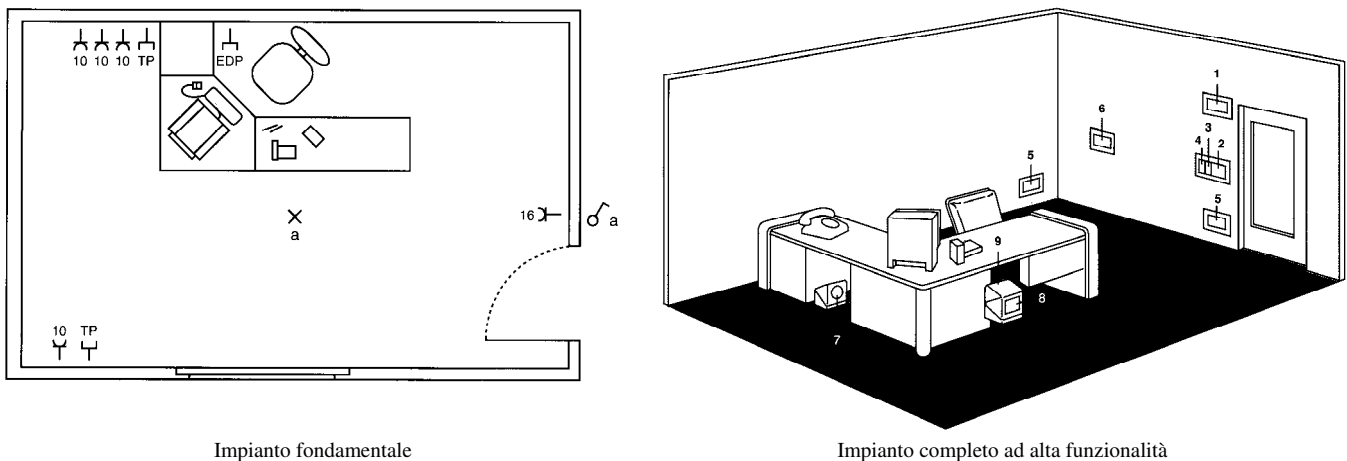


Fig. 5.26 - Ufficio.

Sono esclusi, per la complessità impiantistica, gli uffici di notevole estensione, con pareti mobili, con distribuzione a pavimento, con zoccoli attrezzati, ecc.

Per quanto concerne l'ingresso, valgono le stesse raccomandazioni elencate per l'appartamento residenziale, con l'avvertenza di potenziare le predisposizioni telefoniche prevedendo, oltre alle 3 scatole (unificate dall'ente fornitore del servizio) interconnesse, un primo punto telefono e possibilmente una tubazione con i rispettivi punti terminali da destinarsi ai circuiti telematici.

Inoltre, potrebbe essere opportuno dotare il centralino di un interruttore magnetotermico differenziale per correnti pulsanti unidirezionali, in considerazione di alcuni particolari tipi di utilizzatori elettronici impiegati (personal computer, stampanti, centralini telefonici, ecc.).

Per il locale servizi, ci si deve attenere alle prescrizioni della norma CEI 64-8 viste per il locale bagno.

Lo studio si differenzia dai comuni locali per i più elevati livelli di illuminamento ($200\div 300$ lx) che richiedono l'installazione di lampade ad alta efficienza (tubi fluorescenti).

Occorrono gruppi di due o tre prese di corrente in prossimità delle scrivanie per l'alimentazione di macchine da scrivere, personal computer, stampanti, fotocopiatrici, ecc. L'impianto prevede, in particolare, un punto luce a soffitto comandato da un punto (a).

Impianto completo ad alta funzionalità. Il problema della flessibilità nella disposizione delle scrivanie può essere risolto impiegando, anche nei piccoli uffici, cavi di sezione piatta (per esempio, Fastnax[®]) con posa sottomoquette senza l'impiego di canalizzazioni e, quindi, completamente indipendenti dalle strutture edili.

I cavi fanno capo a torrette modulari componibili sulle quali possono essere montati gli apparecchi modulari, per esempio della serie Living e Magic, o le prese telefoniche unificate dall'Ente fornitore del servizio telefonico.

In questi ambienti, l'esteso utilizzo di macchine per l'ufficio rende consigliabile la protezione delle prese con un interruttore magnetotermico differenziale ad altissima sensibilità (10 mA).

Inoltre, è opportuno proteggere tali macchine dalle sovratensioni transitorie (per esempio, in caso di temporali) mediante prese con scaricatore incorporato.

Le ditte costruttrici offrono una vasta gamma di connettori EDP che consentono un'integrazione ed un'armonizzazione dell'impianto elettrico con la rete di trasmissione dati.

Un orologio elettronico può completare la dotazione del locale.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Rivelatore di fumo	1
Interruttore magnetotermico differenziale 10 mA/10 A	2
Rivelatore di massima corrente	3
Interruttore per punto luce	4
Presca interbloccata tipo Sicura da 16 A	5
Orologio elettronico	6
Torretta per presa telefonica completa di zoccolo	7
Due prese da 10 A con scaricatore	8
Connettori EDP	9
Due torrette a 4 posti sovrapposte, complete di zoccolo	8-9

Tab. 5.22 - Elenco apparecchiature per un ufficio.

5.15 Locale contatori e colonne montanti

Impianto fondamentale. I vani destinati alla centralizzazione dei gruppi di misura devono essere concordati con l'Ente distributore per permetterne l'accesso anche in assenza dell'utente. Ogni unità immobiliare servita da un contatore deve essere collegata, con una propria linea separata, al centralino d'appartamento. La separazione è valida se ogni linea ha una propria tubazione senza scatole di derivazione o rompitratte in comune con altre, oppure se è costituita da un cavo multipolare ininterrotto con guaina.

Nelle villette, i montanti interrati per il collegamento tra cassetta esterna e abitazione devono essere realizzati con cavi muniti di guaina, dichiarati idonei ad essere interrati dal costruttore e posati ad almeno 0,5 m di profondità, in un'eventuale tubazione protettiva. Per il dimensionamento dei montanti, ci si può riferire alle tabelle presentate precedentemente. Nel locale contatori, si può omettere la protezione da cortocircuito, cioè l'installazione di un interruttore magnetotermico di proprietà dell'utente, se si verificano le seguenti condizioni:

- esiste un interruttore magnetotermico sul gruppo di misura, accessibile all'utente, con adeguato potere d'interruzione (condizione sempre vera per nuove forniture monofase fino a 10 kW);
- il centralino d'appartamento è equipaggiato con interruttori automatici atti a proteggere il montante dalle sovracorrenti;
- il montante è costruito e ubicato in modo da rendere minimo il rischio di cortocircuito;
- il montante non ha lunghezza e sezione tale da dar luogo a correnti di cortocircuito critiche.

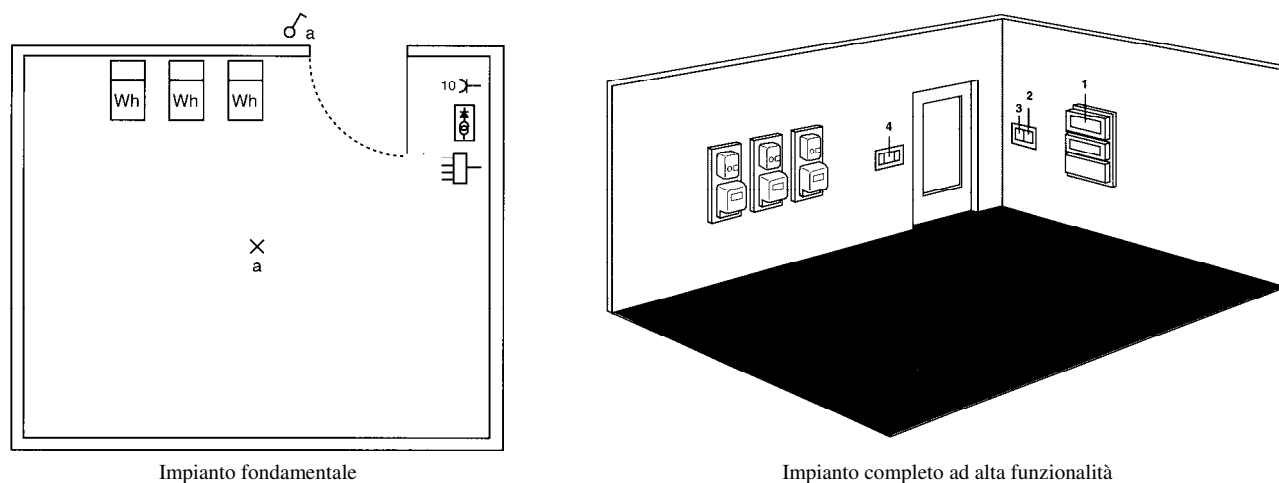


Fig. 5.27 - Locale contatori e colonne montanti.

L'impianto nel locale contatori richiede solo un centro luce (a) comandato da un interruttore (a) ed eventualmente una presa per le pulizie. Solitamente qui è ubicato anche il centralino citofonico e il quadro per i servizi generali della casa.

Impianto completo ad alta funzionalità. Nel locale contatori è utile installare anche il quadro per i servizi generali della casa, comprendente in sezioni separate gli alimentatori citofonici e videocitofonici e i servizi elettrici generali (luce scale, luci esterne, ascensori, centrale termica, ecc.).

Se questi servizi impegnano notevoli potenze, si deve prevedere un armadio in metallo, altrimenti è sufficiente un quadro modulare in resina.

È indispensabile una lampada di sicurezza che garantisca un minimo di illuminamento in caso di black-out sulla linea che alimenta il centro luce del locale. L'interruttore fuori porta con lampada spia evita di dimenticare accesa inutilmente la luce.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Quadretto per servizi generali conglobante luce scale, luce giardini, alimentatori, prese per pulizie con interruttore automatico differenziale	1
Interruttore con lampada spia o di localizzazione	2
Torcia autonoma o lampada di sicurezza	3
Presina protetta da interruttore magnetotermico differenziale	4

Tab. 5.23 - Elenco apparecchiature per il locale contatori e colonne montanti.

5.16 Cantine e solai

Le cantine, come i terrazzi, i giardini e, più in generale, i luoghi all'aperto, sono caratterizzate dalla presenza di acqua dovuta a vari fenomeni:

- stillicidio da umidità o per condensa;
- pioggia accompagnata o no da spruzzi;
- allagamenti occasionali o sommersioni occasionali sotto acqua o neve.

In alcuni casi, l'atmosfera può essere anche polverosa e corrosiva.

Il materiale elettrico, in questi casi, può subire dei danni che ne compromettono la durata e la funzionalità, a scapito della sicurezza dell'impianto; è possibile infatti avere:

- deterioramento degli isolanti per igroscopicità;
- deterioramento dei metalli per corrosione;
- perdita d'isolamento per ingresso d'acqua;
- perdita di mobilità e isolamento per ingresso nell'apparecchio di polvere o per depositi di morchie formate da polvere e acqua.

I primi due danni sono attribuibili all'effetto dell'umidità ambientale e da essi non basta difendersi adottando involucri a tenuta d'acqua, ma occorre utilizzare prodotti realizzati con materiali resistenti all'umidità.

I danni prodotti dall'ingresso di acqua e polvere possono invece essere evitati utilizzando degli involucri con un adatto grado di protezione valutato con il sistema IP (norma CEI 70-1).

Tipo di protezione contro le influenze ambientali	Grado IP	Luogo tipico per un corretto impiego	Esempio
Involucro ordinario	IP20	Interno asciutto	Appartamento
Involucro protetto contro lo stillicidio	IPX1	Coperto esposto alle escursioni termiche	Porticato, cantina
Involucro protetto contro la pioggia	IPX3	Esposto alla pioggia ma non agli spruzzi	Terrazzo
Involucro protetto contro gli spruzzi	IPX4	Esposto a pioggia e spruzzi	Bordo stradale
Involucro protetto contro i getti d'acqua	IPX5	Lavaggio a getto	Lavaggio auto
Involucro stagno all'immersione	IPX7	Soggetto a immersioni occasionali	Pozzetto, cunicolo
Involucro stagno alla sommersione	IPX8	Permanentemente sommerso in acqua	Acquario, vasca
Involucro a prova di penetrazione di sonda con diametro di 1 mm	IP4X	Frequentato da bambini o da pubblico	Cortile, campo giochi
Involucro protetto contro la polvere	IP5X	Occasionalmente polveroso	Bordo stradale
Involucro totalmente protetto contro la polvere	IP6X	Permanentemente polveroso	Cementificio

Tab. 5.24 - Idoneità del materiale elettrico all'installazione in luoghi aperti (IEC 364).

Nelle cantine e nei solai, se si devono prevedere normalmente solo dei centri luce comandati da interruttore, l'alimentazione viene prelevata dal contatore dei servizi generali della casa o del condominio. L'installazione di prese di corrente, infatti, potrebbe essere causa di discussioni e liti condominiali per la difficoltà di attribuzione delle spese per il consumo di energia tra i vari inquilini.

Se, invece, questi locali sono allacciati al contatore d'appartamento, è bene prevedere oltre ai centri luce, anche un gruppo di prese che consentano di far funzionare un elettrodomestico (congelatore) oppure di allestire un piccolo banco di lavoro dotato di elettrotensili (trapano).

In alcuni casi, per evitare manovre indebite, può essere utile installare l'interruttore all'interno della cantina, mentre l'impianto di illuminazione nei corridoi e negli accessi comuni può essere azionato mediante pulsanti (luminosi) e con un comando temporizzato.

Impianto fondamentale. Se la cantina presenta permanentemente sul soffitto, sulle pareti o sul pavimento tracce di umidità o condense con stillicidio, va considerato un locale umido.

In tal caso, l'impianto va realizzato con grado di protezione minimo IP22. È essenziale un centro luce a soffitto o a parete (a) comandato da un interruttore (a) ed almeno una presa di corrente.

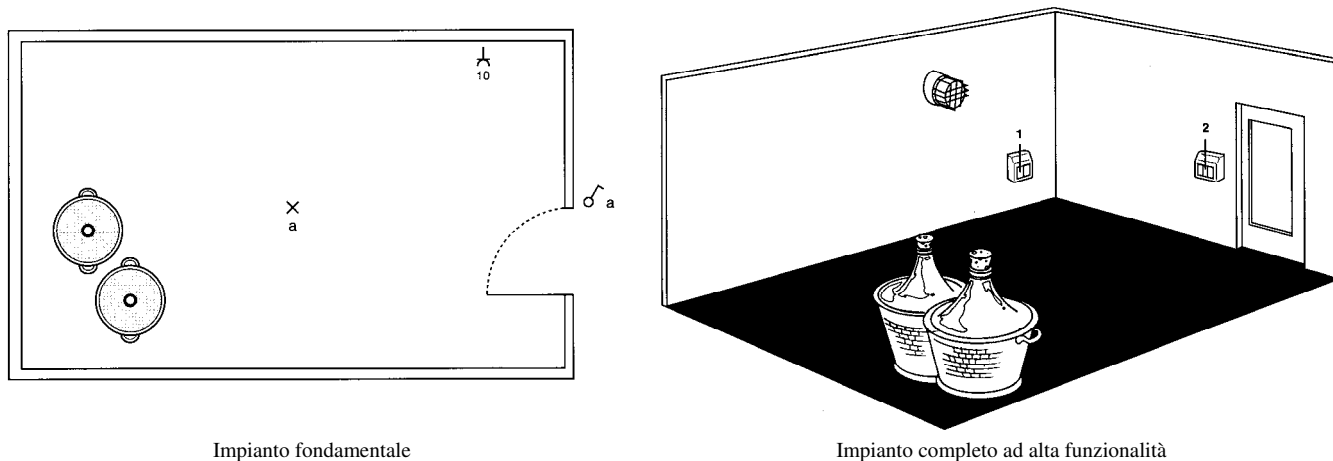


Fig. 5.28 - Cantine e solai.

Impianto completo ad alta funzionalità. La soluzione ideale è rappresentata dall'impiego di apparecchi in contenitori protetti: essi garantiscono, oltre al grado di protezione contro l'ingresso di acqua, anche un'adeguata protezione contro i piccoli urti dovuti agli oggetti presenti nelle cantine di uso domestico.

Per lavori con utensili elettrici o lampade portatili, è indispensabile proteggere le prese di corrente con un interruttore magnetotermico differenziale ad altissima sensibilità.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Prese di sicurezza	1
Interruttore più spia con possibilità di ripetere la segnalazione anche nell'appartamento	2

Tab. 5.25 - Elenco apparecchiature per cantine e solai.

5.17 Posti macchina interni per più di nove macchine

Le autorimesse di tipo privato, che normalmente si trovano negli edifici residenziali, si suddividono in due categorie. La prima, non soggetta a certificazione di prevenzione incendi, comprende i singoli box, le autorimesse con una capienza fino a 9 autoveicoli, oppure le autorimesse con un numero qualsiasi di box, aventi ognuno accesso dall'esterno. La seconda categoria, invece, è soggetta a certificazione di prevenzione incendi, perché è caratterizzata da autorimesse con box con una capienza superiore a 9 autoveicoli o da autorimesse coperte con più di 9 posti macchina (senza box).

La prima categoria deve seguire solo le norme generali (norma CEI 64-8) e alcune indicazioni riportate dalla guida CEI 64-50; la seconda categoria, invece, richiede obbligatoriamente un impianto elettrico di sicurezza del tipo AD-FT adatto a luoghi con pericolo di esplosione.

Norme di sicurezza. Sono soggette all'approvazione ed alle visite di controllo da parte dei Comandi provinciali dei Vigili del Fuoco le autorimesse pubbliche con qualsiasi capienza e quelle private con capienza superiore a 9 autoveicoli. A queste autorimesse sono assimilabili i seminterrati condominiali destinati a posti macchina di capienza superiore a 9 autoveicoli e le autorimesse a box con più di 9 posti macchina, se l'accesso avviene da uno spazio con ventilazione impedita (questo caso di assimilazione è tuttora controverso).

Gli impianti elettrici in questi luoghi sono regolati dalla norma CEI 64-8 alla quale si fa riferimento. Le aree destinate alla movimentazione ed allo stazionamento degli autoveicoli, fino a 1,5 m in pianta oltre il limite di accessibilità e fino a 3,5 m di altezza, sono considerate zone AD di Classe III con pericolo d'esplosione. Nella zona AD di Classe III, gli impianti devono essere del tipo AD-FT, cioè con componenti aventi un grado di protezione non inferiore a IP44.

L'alimentazione elettrica deve poter essere tolta in situazioni di emergenza. Non sono in questo caso ammesse prese ed interruttori installati ad altezza inferiore a 1,50 m dal pavimento.

Le prese a spina devono essere disposte in modo tale da evitare il ricorso a cordoni di prolunga (installare una presa ogni 4÷5 m al massimo, eventualmente sui pilastri se l'ambiente è vasto).

I cavi, gli apparecchi e le scatole devono essere protetti dai pericoli d'urto o disposti in modo tale da evitare il verificarsi di questa possibilità. I cavi non armati, installati fino a un'altezza di 2,5 m sui piani di calpestio, devono essere protetti con tubi, canalette o cunicoli tali da poter resistere alle azioni meccaniche cui possono essere sottoposti. Al di sopra di tali altezze si possono installare anche cavi con guaina a parete di tipo non propagante la fiamma purché distanti tra di loro almeno 25 cm.

Gli apparecchi illuminanti devono avere grado di protezione non inferiore a IP44, a meno che non siano installati ad altezze superiori a 3,5 m dal pavimento, cioè al di sopra della zona AD.

Queste brevi note forniscono informazioni indicative, ma è indispensabile consultare attentamente le norme CEI 64-8 prima di accostarsi alla realizzazione di questo tipo di impianto.

Impianto fondamentale. Trattandosi di ambienti con pericolo d'esplosione, l'installazione di apparecchi elettrici va ridotta all'essenziale:

- impianto d'illuminazione generale;
- alcune prese di corrente.

Il rispetto delle norme di sicurezza in questi ambienti è tassativo e viene verificato durante le visite di prevenzione incendi da parte dei Comandi provinciali dei Vigili del Fuoco, addetti in caso di conformità al rilascio del Certificato di prevenzione incendi (DMI 16-02-1982).

Per i posti macchina o box condominiali assimilabili a questi tipi di autorimesse è bene derivare l'impianto elettrico dal contatore dei servizi generali della casa, per facilitare l'interruzione di emergenza mediante l'azionamento di una sola apparecchiatura (interruttore di emergenza).

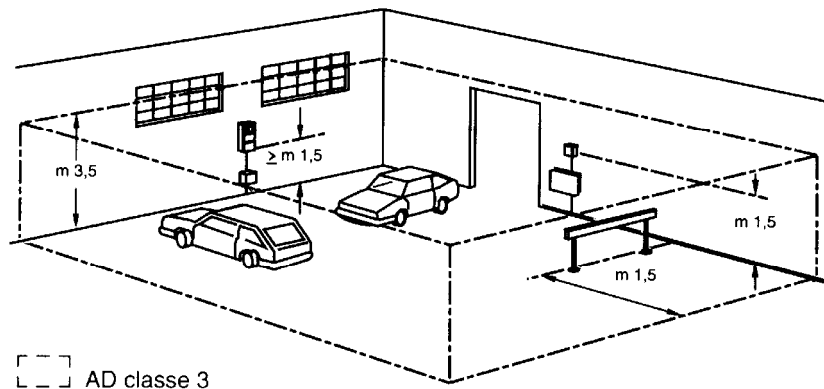
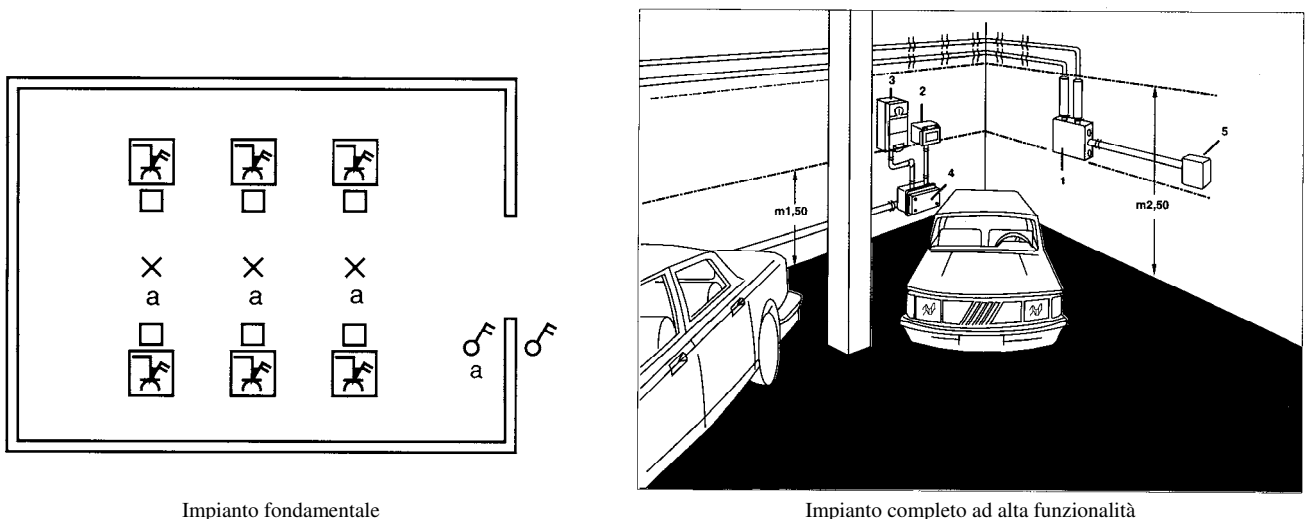


Fig. 5.29 - Zone AD nei luoghi per ricovero autoveicoli.

L'esempio che segue prevede un impianto di illuminazione (a) comandato da interruttori bipolari (a); le prese sono del tipo CEE, interbloccate per uso industriale poste ad un'altezza $\geq 1,5$ m.

È necessario ubicare condutture e apparecchi in zone non soggette ad urti da parte dei veicoli.



Impianto fondamentale

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 5.30 - Posti macchina interni per più di nove macchine.

Impianto completo ad alta funzionalità. L'impianto AD-FT può essere realizzato con componenti ad alta funzionalità utilizzando quadri e contenitori con un grado di protezione \geq IP44.

Per il comando dei centri luce sono disponibili gli interruttori bipolari.

Per evitare usi impropri, è essenziale che le prese siano del tipo industriale unificato CEE17 non intercambiabili con quelle per usi domestici e similari.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Quadro in resina IP54 con interruttori modulari (si consiglia l'installazione fuori zona AD)	1
Interruttori in custodia con grado di protezione IP55	2
Presse interbloccate CEE17	3
Scatola di derivazione IP55	4
Interruttore generale	5

Tab. 5.26 - Elenco apparecchiature per il locale posti macchina interni per più di nove macchine.

5.18 Box

Impianto fondamentale. Il box privato, se non ha capienza superiore a 9 autoveicoli, non è un luogo con pericolo di esplosione o di incendio soggetto al controllo dei Vigili del Fuoco (vedere nota).

Tuttavia, si consiglia di adottare almeno alcune regole di prudenza atte a conferire all'impianto una buona consistenza meccanica, per ridurre al minimo la probabilità di guasto.

È prudente installare interruttori e prese ad altezza superiore a 1,5 m.

La dotazione elettrica essenziale comprende un centro luce comandato da ogni ingresso e alcune prese di corrente. In genere, è necessario anche un centro luce esterno comandato a relè da più punti mediante pulsanti.

Si consiglia di utilizzare condutture incassate sotto intonaco, apparecchi di comando e prese protette contro lo stillicidio da condensa e apparecchi illuminanti con un grado di protezione non inferiore a IP44.

Nota. Come chiarito dalla CMI n. 1800/4108, le autorimesse a box affacciate su spazio a cielo libero, anche se con un numero di box superiore a 9, non sono da considerarsi soggette al certificato di Prevenzione Incendi ed al controllo periodico da parte dei Comandi provinciali VV.F.

Pertanto, anche in questi casi non è obbligatoria l'applicazione di quella parte della norma CEI 64-8 relativa agli ambienti a maggior rischio in caso di incendi.

Per gruppi di box con capienza superiore a 9 macchine che non hanno le caratteristiche suddette, si consiglia di realizzare l'impianto come indicato per le autorimesse (AD-FT), poiché il complesso potrebbe essere classificato come soggetto a Certificazione antincendio.

L'esempio che segue prevede un impianto di illuminazione (a) comandato da ogni ingresso del box (deviatori) e un centro di luce esterno che può essere comandato mediante un impianto a relè e pulsanti (b).

Impianto completo ad alta funzionalità. L'impianto nei box può essere realizzato con apparecchi protetti da robusti contenitori contro il pericolo d'urto o di danneggiamento meccanico, posti ad un'altezza non inferiore a 1,5 m; anche in questo caso è opportuno ubicare condutture e apparecchi in zone non soggette a urti con il veicolo.

La serie Magic Idrobox della bticino, per esempio, disponendo di contenitori con grado di protezione IP40 e IP55, rappresentano una soluzione ideale anche per situazioni ambientali gravose.

Oltre agli usuali apparecchi di comando e alle prese, sono disponibili anche fusibili per la protezione dei circuiti terminali ed intermittenze per la segnalazione dell'apertura automatica del cancello o della saracinesca.

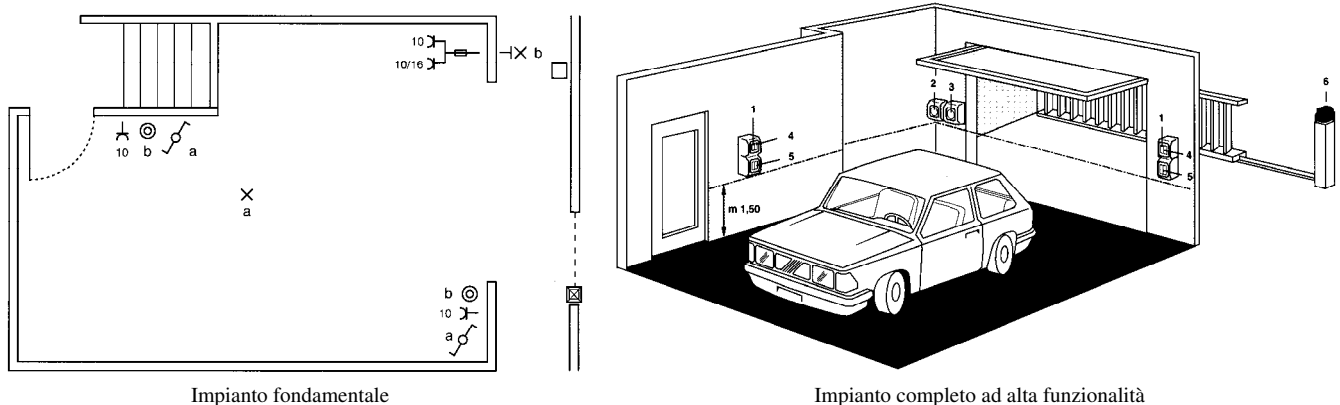


Fig. 5.31 - Box.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Prese di sicurezza	1
Prese di sicurezza UNEL	2
Presse CEE17 2P+PE 16 A	3
Deviatore luce box	4
Pulsante di comando luce esterna con lampada spia funzionante a 220 V	5
Segnalatore luminoso intermittente	6

Tab. 5.27 - Elenco apparecchiature per il box.

5.19 Locale caldaia

Norme di sicurezza. Le centrali termiche alimentate a gas con potenzialità superiore a 30000 kcal/h sono considerate dalla norma CEI 31-30 e dalla norma CEI 31-33 luoghi con pericolo di esplosione. In base a questa norma, se l'impianto termico è realizzato in conformità alle vigenti disposizioni di legge e alle norme UNI CIG, il luogo è da considerarsi di Classe III ed ammette un impianto elettrico di tipo AD-FT. I criteri di esecuzione di questi impianti sono di seguito indicate.

Grado di protezione dei componenti. I componenti (comprese le scatole di derivazione) che nel funzionamento ordinario possono produrre archi, scintille o superare le massime temperature ammesse in relazione alle sostanze pericolose devono avere grado di protezione IP44 (zone di possibile accumulo di gas) e IP40 (zone che, in relazione al peso specifico del gas, risultano poco pericolose).

L'alimentazione elettrica deve poter essere tolta da punti esterni alla zona AD in situazioni di emergenza (interruttore fuori dalla porta). I cavi devono avere una tensione nominale U_0/U non inferiore a 450/750 V e sezione non inferiore a 1,5 mm² per i circuiti di potenza. Si possono impiegare anche cavi senza guaina se installati entro tubazioni protettive aventi caratteristiche tali da evitare danneggiamenti durante l'infilaggio.

I cavi installati in modo da dar luogo a pericolo di propagazione dell'incendio devono essere di tipo rispondente alla norma CEI 20-22 (cavi non propaganti l'incendio).

Sono sufficienti cavi non propaganti la fiamma (CEI 20-35) se installati in condotti IP40 o aggraffati a parete con interdistanza rispetto ad altri cavi paralleli non inferiore a 25 cm. Le condutture devono rispondere anche ai requisiti indicati nel capitolo XI della norma CEI 64-8.

Tubi. I tubi ed i loro accessori devono avere caratteristiche di resistenza alla fiamma (autoestinguenti) in conformità alle norme CEI. I tubi metallici devono essere protetti contro le ossidazioni e le corrosioni o con zincatura (norma CEI 7-6) o con vernici, guaine, ecc. del tipo che non propaga la fiamma.

Impianti di messa a terra. Devono essere eseguiti i seguenti impianti:

- messa a terra di tutte le strutture metalliche (compresa la categoria 0), anche inaccessibili, che potrebbero essere messe in tensione e convogliare correnti di guasto su altre strutture con formazione di scintille o surriscaldamento;
- messa a terra di tutte le parti metalliche degli impianti, se possono essere sedi di scariche elettrostatiche.

Apparecchi di comando, manovra, protezione. Devono avere gradi di protezione IP44 o IP40 secondo le zone AD. Non è ammesso l'impiego di interruttori unipolari, se non per i circuiti di comando o per circuiti ausiliari; perciò tutti gli interruttori automatici posti in eventuali quadretti di distruzione devono essere bipolari, tripolari e tetra polari.

Apparecchi illuminanti.

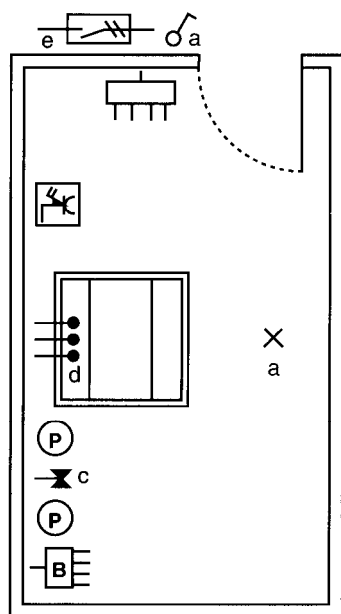
- Devono avere un grado di protezione IP40 o IP44 in funzione delle zone AD di installazione.
- Devono essere provvisti di adeguati dispositivi che evitino il superamento sulle superfici esterne dei limiti di temperatura previsti (80% della temperatura di accensione).

Queste brevi note forniscono informazioni indicative ed è quindi indispensabile consultare attentamente la norma CEI 31-30 e la norma CEI 31-33 prima di realizzare l'impianto.

Per locali caldaia alimentati ad olio combustibile, tutti i componenti pericolosi devono avere un grado di protezione IP40. Questi locali sono considerati luoghi a maggior rischio in caso di incendio e devono essere dotati di impianti conformi alla norma CEI 64-8.

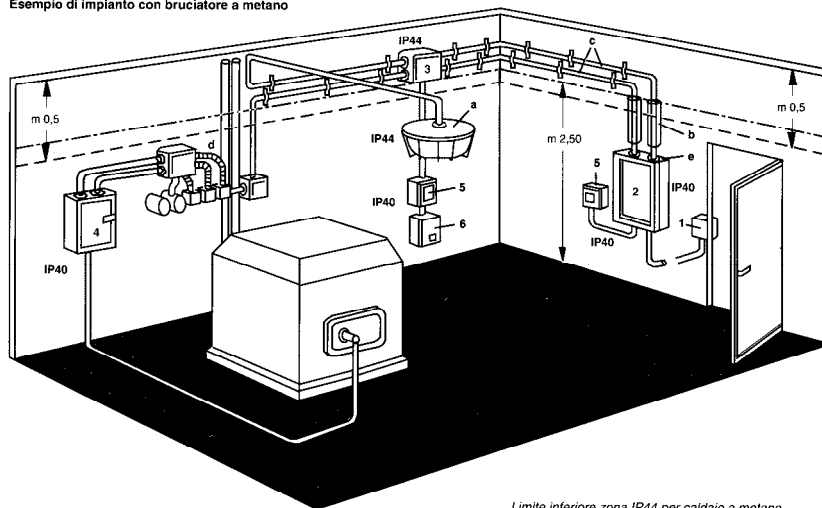
Impianto fondamentale. L'impianto può prevedere un centro luce fisso comandato da un interruttore (a) e due prese per lampade e utensili portatili.

Nell'esempio riportato di seguito sono presenti un allacciamento per le pompe di circolazione (P), uno per le valvole di intercettazione del combustibile (c), un quadretto bruciatore (B) e, infine, un allacciamento per apparecchi vari (d) come termostati, scatole sonde, valvole, ecc. Si noti la presenza di un interruttore generale multipolare esterno di emergenza (e). Gli allacciamenti variano da caso a caso, in funzione del tipo di impianto.



Impianto fondamentale

Esempio di impianto con bruciatore a metano



- a) apparecchio illuminante protetto
 b) fino a m 2,5 condutture in tubo
 c) oltre m 2,5 ammesse anche condutture in cavo multipolare con quaina (distanziare di almeno 250mm i cavi paralleli)
 d) allacciamento in cavo entro robusta guaina flessibile
 e) manicotti passatubo IP40

--- Limite inferiore zona IP44 per caldaie a metano
 (o gas più leggeri dell'aria)

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 5.32 - Locale caldaia.

Impianto completo ad alta funzionalità. L'impianto può essere realizzato con componenti ad alta funzionalità utilizzando la vasta gamma di quadri e contenitori modulari componibili con grado di protezione IP40-IP44.

La massima sicurezza si verifica con prese di corrente di tipo interbloccato e protette da interruttore magnetotermico differenziale.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Interruttore multipolare generale fuori porta	1
Quadro di distribuzione generale con un grado di protezione minimo IP40	2
Cassetta di derivazione	3
Quadretto bruciatore con un grado di protezione minimo IP40	4
Apparecchi di comando con un grado di protezione minimo IP40	5
Prese di corrente con grado di protezione minimo IP40	6

Tab. 5.28 - Elenco apparecchiature per il locale caldaia.

5.20 Ingressi e scale

L'impianto elettrico per la luce scale, atri e ingressi condominiali non è oggetto di specifiche normative, a meno che non si tratti di illuminare le vie di uscita di un edificio con altezza superiore a 24 m.

In questo caso, è necessario eseguire l'impianto secondo la normativa che regola gli ambienti a maggiore rischio in caso di incendio.

Per edifici aventi un'altezza superiore a 32 m o per effettuare l'illuminazione mediante fari particolari, occorre scegliere caso per caso i cavi, tenendo conto, oltre che della corrente di impiego, anche della caduta di tensione, della corrente minima di cortocircuito che si verifica alla lampada più lontana e, infine, delle disposizioni antincendio relative alle vie di uscita.

L'accensione della luce scale può essere attuata in vari modi.

- 1) **Accensione unica temporizzata.** Le lampade d'ingresso (atri, scale, corridoi) sono comandate da un unico temporizzatore K1 sempre inserito. Questo sistema è valido in particolare per singole ville o per condomini con pochi appartamenti.
- 2) **Accensione unica temporizzata controllata da interruttore.** Le lampade d'ingresso sono comandate da un unico temporizzatore K1 che è inserito solo dal crepuscolo all'alba dall'interruttore crepuscolare B1. Questo impianto è adatto per condomini di modeste dimensioni.
- 3) **Accensione in due gruppi, di cui uno sempre inserito dal tramonto all'alba.** In questo caso un gruppo di lampade (per esempio, quelle dell'atrio) e una per ogni piano (a bassa potenza) vengono comandate direttamente dall'interruttore crepuscolare B1 e rimangono accese tutta la sera e tutta la notte. Il secondo gruppo, invece, viene alimentato mediante un temporizzatore K1, inserito mediante lo stesso interruttore crepuscolare, e comandato da pulsanti S1, S2, ecc.

4) **Accensione serale fissa, notturna fissa più notturna temporizzata.** L'interruttore crepuscolare B1, in questo caso, inserisce permanentemente l'illuminazione principale che, dopo una certa ora (per esempio, le 23:00) viene esclusa da un interruttore orario P1 e si può accendere solo a richiesta e in modo temporizzato (K1). Un secondo gruppo di luci notturne viene inserito dallo stesso interruttore orario all'atto della disinserzione della luce serale fissa.

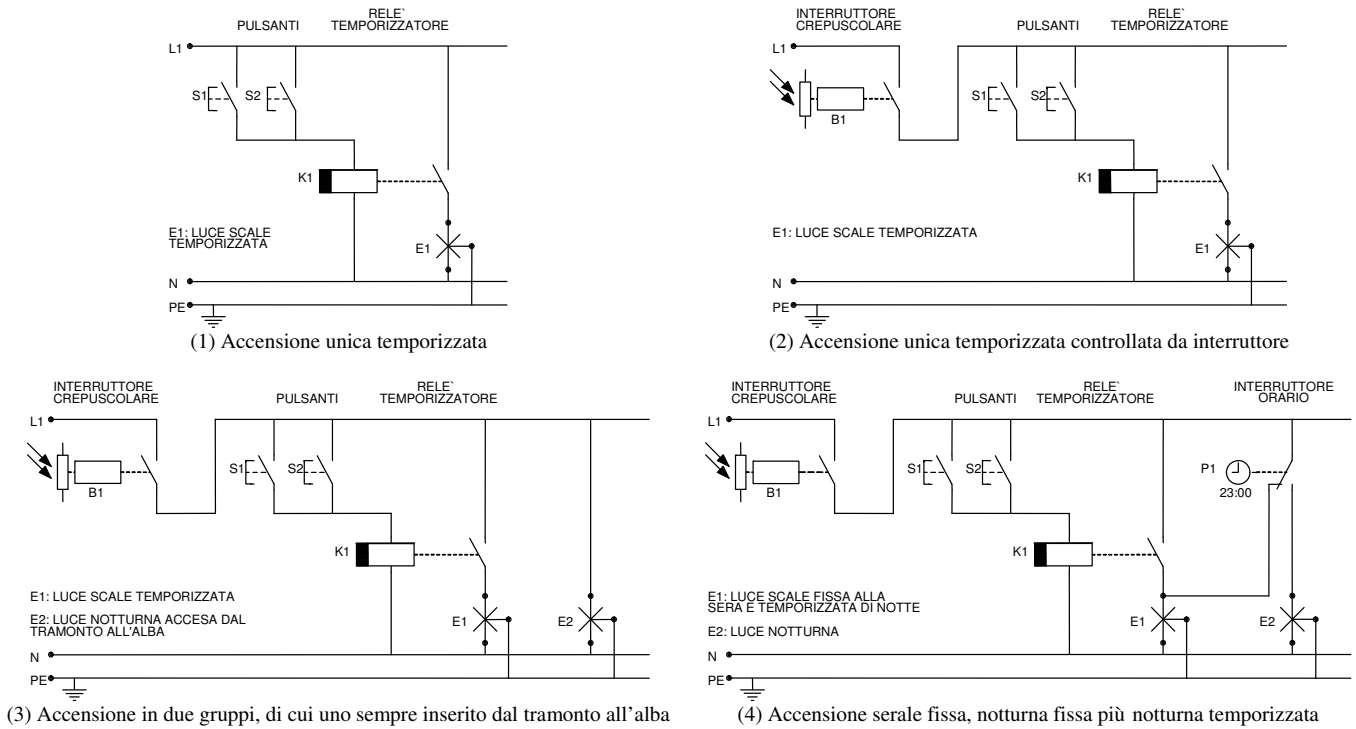


Fig. 5.33 - Schemi di principio per il comando di luce scale, atri ed ingressi.

Il dimensionamento dei circuiti (1) e (2) prevede in genere un solo circuito per tutte le lampade destinate ad illuminare gli ingressi, in particolare se non si superano i 2000÷3000 VA. Per i circuiti (2) e (3) è necessario prevedere due circuiti.

La guida CEI 64-50 consiglia di suddividere l'impianto in 4 circuiti che prevedano lo sdoppiamento fra luce ingressi e luce scale-corridoi.

Qualora il condominio abbia più scale, è indispensabile, per motivi di sicurezza, realizzare linee distinte per ciascuna scala.

Nella realizzazione pratica di questi impianti, è importante fare in modo che il contatto del temporizzatore interrompa la fase e, inoltre, è preferibile che la bobina del temporizzatore non sia collegata permanentemente alla fase.

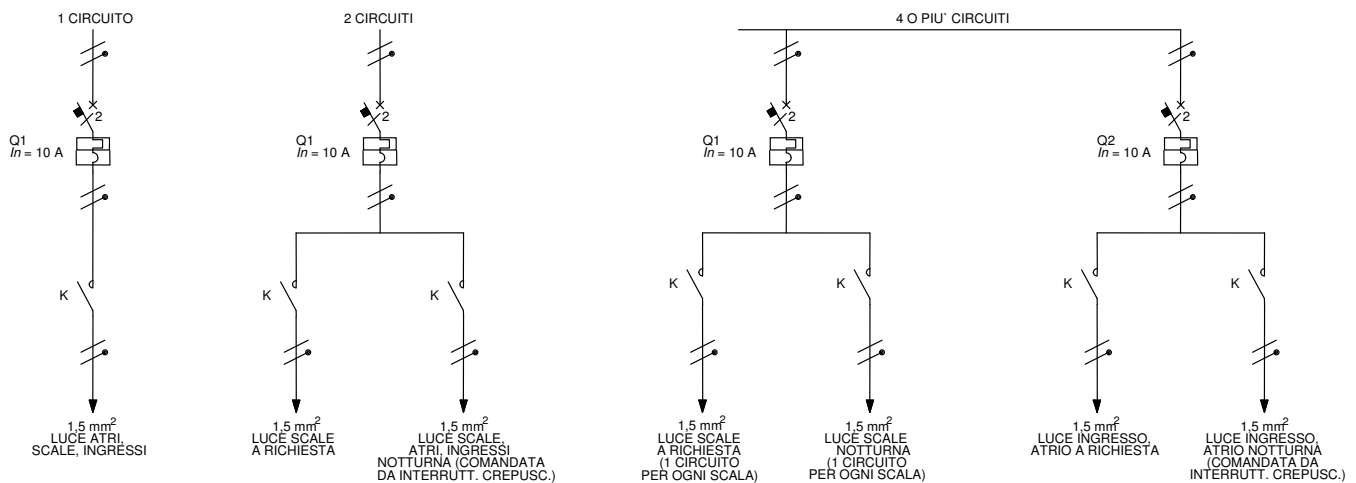


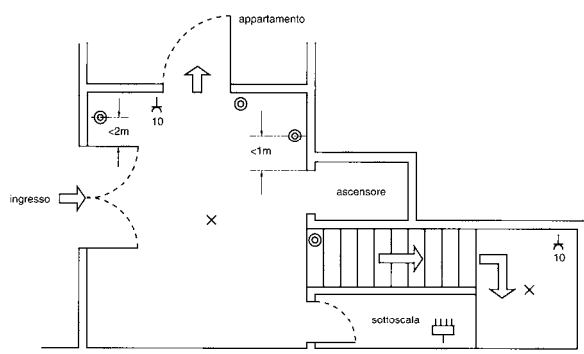
Fig. 5.34 - Suddivisione e dimensionamento dei circuiti di alimentazione luce scale, atri e ingressi.

Impianto fondamentale. È consigliabile prevedere un circuito specifico che alimenta l'impianto d'illuminazione dell'ingresso e delle scale e qualche presa per le pulizie.

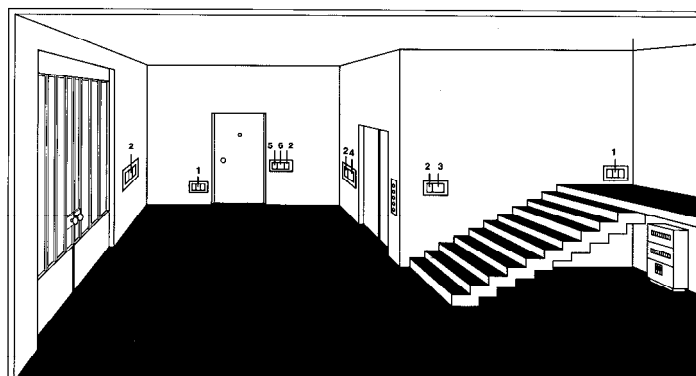
Le prese per le pulizie (almeno una per piano) dovrebbero essere attivabili solo per l'uso specifico cui sono destinate mediante un interruttore a chiave. I centri luce (almeno uno per ogni cambiamento di direzione dei corridoi e delle rampe scale) dovrebbero essere del tipo a doppia accensione automatica, serale e notturna, al fine di contenere i consumi energetici. I pulsanti per l'accensione luce scale, situati in luoghi bui, devono essere del tipo con lampada di localizzazione; si consiglia l'ubicazione del comando luce scale ad ogni ingresso, ad ogni inizio di rampa di scale, in prossimità dell'ascensore e almeno ogni 6 m nei passaggi e nei corridoi.

Se l'edificio di civile abitazione ha altezza maggiore di 32 m è soggetto, per quanto concerne le vie d'esodo, al certificato di prevenzione incendi rilasciato dal Comando provinciale VV.F.; a tal fine, è indispensabile dotare atri, scale, pianerottoli e corridoi di un impianto di illuminazione di sicurezza atto a garantire un ordinato sfollamento.

L'illuminazione di sicurezza è consigliabile anche per edifici con altezza maggiore di 24 m.



Impianto fondamentale



Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 5.35 - Ingressi e scale.

Impianto completo ad alta funzionalità. Per il comando automatico della luce scale, in alternativa agli interruttori orari ed ai temporizzatori con modulo DIN che richiedono l'installazione in quadri, sono disponibili tipi miniaturizzati installabili nelle ordinarie scatole da incasso, con notevoli semplificazioni impiantistiche.

Il loro impiego è consigliabile soprattutto in edifici unifamiliari o bifamiliari, anche in considerazione delle più ampie possibilità di programmazione e di distinzione in più circuiti.

La sicurezza degli operatori risulta notevolmente aumentata se si installa per la pulizia una presa con interruttore automatico differenziale incorporato.

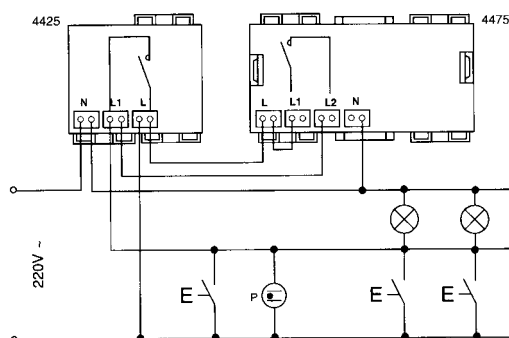


Fig. 5.36 - Esempio di impiego di un programmatore e temporizzatore per l'accensione della luce scale: temporizzata/continua della ditta bticino. Si noti la P di localizzazione.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presenza Sicura con interruttore magnetotermico differenziale da 10 A	1
Pulsante luminoso	2
Interruttore a chiave	3
Torcia di emergenza	4
Pulsante	5
Targa portanome	6
Relè luce scale	-
Programmatore	-

Tab. 5.29 - Elenco apparecchiature per gli ingressi e le scale.

La chiave per abilitare queste prese può essere inserita di fianco al pulsante luce scale più vicino al montante, in modo da evitarne l'uso indebito.

Molto utile in caso di black-out è la lampada di emergenza modulare.

L'impiego combinato del relè luce scale con l'interruttore orario consente una programmazione in tre stadi: tutto spento (nelle ore diurne), acceso permanentemente (nelle ore serali), temporizzato (nelle ore notturne).

Illuminazione di sicurezza. L'illuminazione di sicurezza delle scale e degli ingressi ha fundamentalmente lo scopo di fornire un minimo di illuminazione in caso di semplici black-out e garantire l'illuminazione quando si deve evacuare l'edificio in caso di emergenza.

Il primo punto non è soggetto a particolari prescrizioni normative e può essere facilmente raggiunto mediante l'utilizzo di mini lampade di sicurezza con batterie incorporate, disponibili sul mercato anche in versione da incasso.

Il secondo punto, invece, è obbligatorio negli edifici aventi un'altezza superiore a 24 m, ed è soggetto a particolari prescrizioni normative, in quanto la luce di sicurezza deve essere disponibile anche durante un incendio.

In questo caso il progetto dell'impianto elettrico dovrà essere sottoposto alle Autorità competenti (Comando provinciale VV.F.) che ne certificheranno la rispondenza alle norme.

L'impianto, comunque, deve essere realizzato tenendo conto che il numero, la potenza e la collocazione degli apparecchi illuminanti di sicurezza deve essere tale da porre in evidenza le vie di uscita ed essere in grado di illuminare gli ambienti con almeno 5 lx.

Per il vano scale può essere sufficiente un solo apparecchio per ogni pianerottolo avente un'emissione di almeno 150 lm (lampada ad incandescenza da 15÷20 W oppure lampada fluorescente tubolare da 4÷6 W).

Le lampade di emergenza devono essere alimentate da batterie di accumulatori in grado di garantire almeno un'ora di autonomia e vengono inserite automaticamente mediante un relè di minima tensione.

Il circuito non deve essere protetto contro i sovraccarichi; inoltre, si sconsiglia l'installazione di interruttori differenziali.

Questi circuiti devono essere indipendenti dagli altri in modo da evitare ripercussioni qualora ci fossero guasti su altri circuiti. Non è opportuno attraversare i locali caldaie, le autorimesse o altri locali con pericolo di esplosione ed incendio. Le batterie devono essere collocate in un ambiente sufficientemente ventilato e accessibile solo a personale specializzato.

Per la realizzazione dell'impianto di illuminazione di sicurezza, vengono sempre più spesso utilizzati apparecchi autonomi dotati di batterie e alimentati a 220/230 V AC; le caratteristiche di questi apparecchi devono soddisfare la norma CEI 34-22.

5.21 Negozio e retro adibito a magazzino

Impianto fondamentale. Nei negozi con superficie lorda non superiore a 400 m² adibiti alla vendita al dettaglio di materiali non pericolosi, si applicano le norme CEI per gli ambienti ordinari (64-8).

Si consiglia di procedere alla progettazione dell'impianto elettrico solo dopo la definizione dell'arredo. La consistenza indicata nella tab. 5.30 ha comunque valore orientativo.

È essenziale che i punti luce siano comandati da un luogo inaccessibile al pubblico oppure mediante interruttori a chiave. Eventuali insegne luminose esterne utilizzando lampade a catodo freddo con tensione superiore a 1 kV devono essere alimentate da impianti speciali (conformi alla norma CEI 64-8).

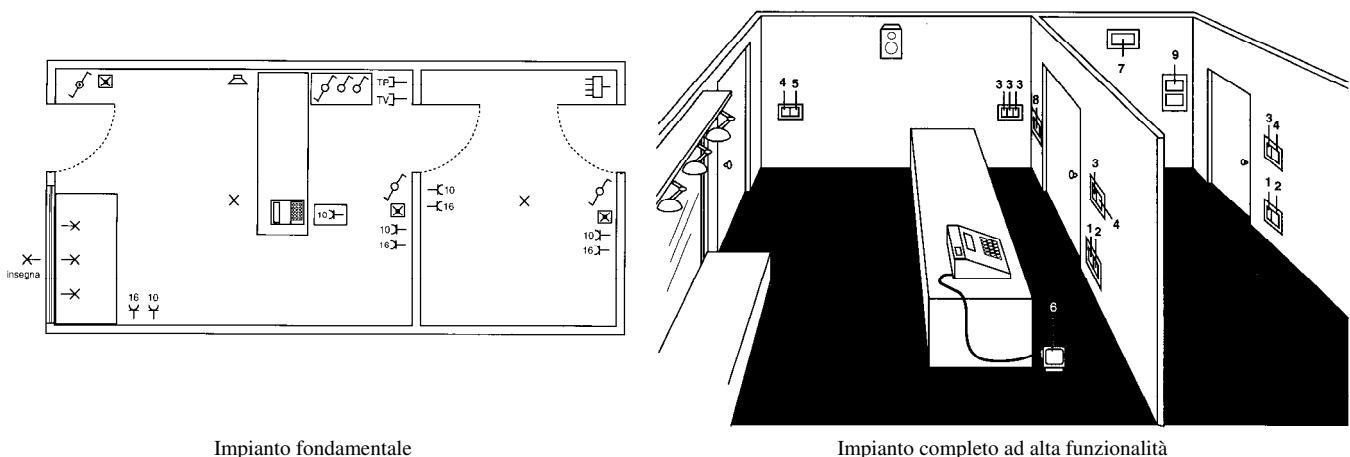


Fig. 5.37 - Negozio e retro adibito a magazzino.

Si raccomanda di mantenere distinti i circuiti della vetrina, dell'insegna esterna e del retro e di installare nel locale vendita una tubazione vuota ad anello per consentire eventuali future modifiche d'arredamento.

Il quadro elettrico, da ubicare possibilmente nel retro, dovrà avere non meno di 5 circuiti in uscita.

Particolare attenzione va posta per il locale adibito a magazzino se destinato a contenere notevoli quantità di materiale solido combustibile (carta, plastica, alimentari, ecc.) o di liquidi con temperatura d'infiammabilità superiore a 40 °C; se il carico d'incendio specifico fosse superiore a 15 kg/m², l'ambiente rientra tra i luoghi a maggior rischio in caso d'incendio, per i quali è richiesto un impianto speciale conforme alla norma CEI 64-8.

Impianto completo ad alta funzionalità. Il negozio deve avere caratteristiche d'arredamento di prestigio per dare alla clientela una buona immagine: in questi casi può essere opportuno installare apparecchiature modulari con placche di colore intonato all'arredo.

La disponibilità di interruttori e deviatori con chiave semplificano il problema di sottrarre i comandi alla possibilità di manovra da parte del pubblico.

Sotto al bancone è utilissimo prevedere un impianto a pavimento con uscite aventi interdistanza non superiore a 2 m, in modo da poter installare facilmente torrette per l'alimentazione del registratore di cassa, di eventuali luci per vetrinette e anche di telefoni o di terminali EDP.

Nel retro è vivamente consigliata l'installazione di un rivelatore di fumo, per scongiurare pericoli d'incendio se l'ambiente è soggetto a deposito di materiale combustibile.

Anche qui, per la salvaguardia del personale addetto e del pubblico, è consigliabile l'installazione di prese del tipo Sicura protette da un interruttore magnetotermico differenziale tipo Salvavita ad altissima sensibilità (10 mA).

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presse Sicure con Salvavita da 10 A	1
Presse Sicure con Salvavita da 16 A	2
Deviatore o interruttore	3
Torcia di emergenza	4
Deviatore a chiave	5
Torretta a pavimento con presa Sicura	6
Rivelatore di fumo	7
Presse TV	8
Quadro modulare per apparecchiature a modulo DIN	9

Tab. 5.30 - Elenco apparecchiature per un negozio e retro adibito a magazzino.

5.22 Bar

Impianto fondamentale. Nei bar, dotati della normale attrezzatura e destinati all'ordinario esercizio, si applicano le norme generali, cioè la CEI 64-8. Va considerata ad integrazione anche la guida CEI 64-54 per eventuali ambienti destinati a pubblico spettacolo.

Si consiglia di procedere alla progettazione dell'impianto elettrico solo ad arredamento definito: pertanto le indicazioni della tab. 5.31 hanno solo valore di primo orientamento.

Per quanto concerne la zona pubblico, si vedano le raccomandazioni richiamate alla voce "Negozio". È consigliato un impianto di illuminazione di sicurezza nella zona circostante il banco di mescolata.

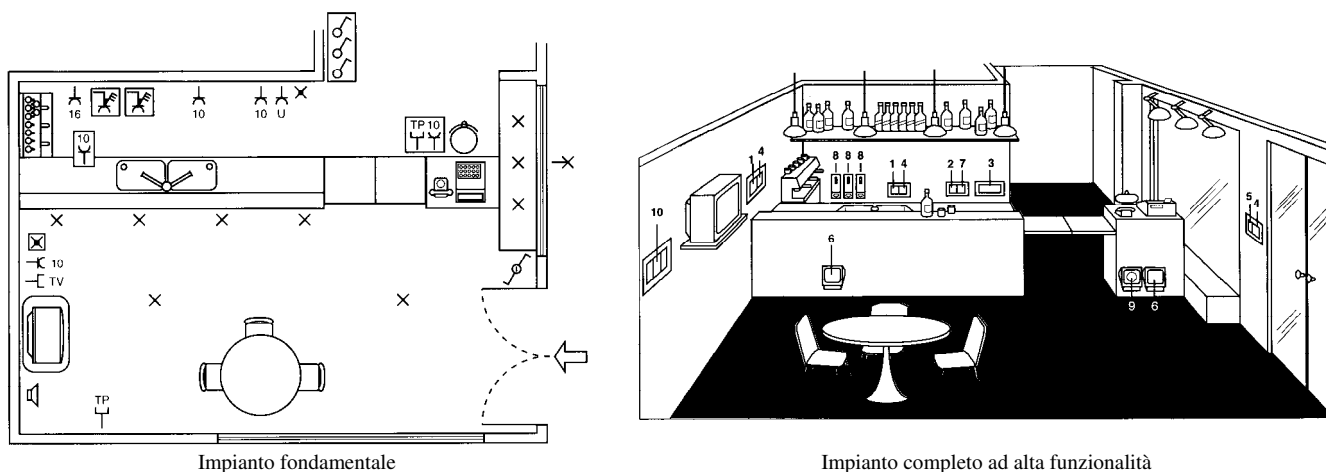


Fig. 5.38 - Bar.

Il quadro elettrico, da ubicarsi in zone inaccessibili al pubblico, ma facilmente accessibili agli operatori, ha solitamente alimentazione trifase protetta da interruttore automatico magnetotermico differenziale (tipo S) e le linee in uscita protette da differenziale ad alta sensibilità.

Circuiti del quadro:

- bancone (linea trifase per macchina del caffè e altre elettroattrezzature);
- prese interne per uso generale;
- punti luce zone pubblico;
- impianti per retro e servizi;
- insegne (eventualmente con comando automatico mediante interruttore orario);
- eventuali impianti esterni.

Impianto completo ad alta funzionalità. I problemi di sicurezza, di funzionalità e di arredamento dei bar trovano una risposta valida, per esempio, nella serie Living della bticino sia per l'ampia disponibilità di funzioni che per l'elegante design.

In particolare, sono indispensabili gli interruttori a chiave, per sottrarre i comandi alla possibilità di manovra accidentale da parte dei clienti, e le prese Sicura munite di interruttore magnetotermico differenziale, per garantire l'incolumità degli avventori e dei gestori in un ambiente particolarmente pericoloso sia per densità di macchine elettriche che per affollamento.

Il problema dello sfollamento ordinato in caso di avaria dell'impianto di illuminazione può essere risolto con semplicità ed eleganza installando, possibilmente lungo le vie d'uscita, nelle ordinarie scatole da incasso, la torcia di emergenza oppure apposite lampade di emergenza.

Per l'alimentazione degli utilizzatori trifase, è particolarmente funzionale l'installazione di prese CEE interbloccate, corredate di interruttore automatico magnetotermico differenziale ad alta sensibilità, collocate sotto al bancone su basi componibili.

L'accensione automatica dell'insegna può essere programmata sia a ciclo giornaliero che settimanale con gli orologi programmatori.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presa Sicura con Salvavita da 10 A	1
Presa 2P+PE 10 A, presa 2P+PE 16 A	2
Comandi (interruttore, deviatore)	3
Torcia di emergenza	4
Deviatore a chiave	5
Torretta a pavimento con presa	6
Presa UNEL 10/16 A	7
Prese interbloccate CEE	8
Presa telefono	9
Presa TV derivata e passante	10

Tab. 5.31 - Elenco apparecchiature per un bar.

5.23 Ristoranti e grandi cucine

Impianto fondamentale. Per quanto riguarda la zona pubblico, le esigenze sono simili a quelle del bar.

Per la cucina con potenzialità termica non superiore a 30000 kcal/h bastano alcuni provvedimenti precauzionali:

- ogni apparecchio utilizzatore deve far capo ad una propria presa fissa oppure essere collegato direttamente al proprio circuito terminale (evitare assolutamente adattatori multipli e prolunghe);
- il grado di protezione deve essere adeguato alle sollecitazioni ambientali che solitamente sono più gravose dell'ordinario (si consiglia il grado IP44 per prese, interruttori e apparecchi illuminanti).

Se la cucina è alimentata a gas ed ha una potenzialità termica superiore a 30000 kcal/h è necessario che almeno nella zona AD (1,5 m attorno ai centri di pericolo) sia realizzato l'impianto tipo AD-FT (vedere le esigenze del locale caldaia).

In questo caso, è necessario installare, in luogo adatto, un interruttore multipolare per l'interruzione generale in caso di emergenza.

Per quanto riguarda il quadro per la zona cucina, il numero e il dimensionamento dei circuiti, si deve fare riferimento caso per caso alle caratteristiche degli apparecchi utilizzatori installati.

Nello schema proposto di seguito, gli interruttori a, b, c comandano, rispettivamente, la lampada sopra il piano di cottura, l'aspiratore previsto nella cappa di aspirazione sopra al piano di cottura e, infine, i due punti luce previsti per il locale cucina.

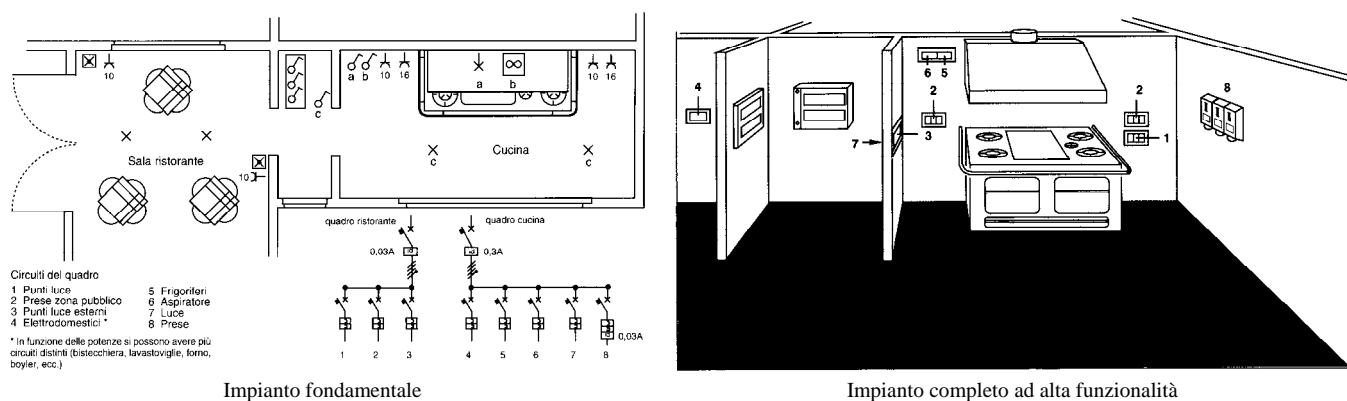


Fig. 5.39 - Ristoranti e grandi cucine.

Impianto completo ad alta funzionalità. Per quanto riguarda la zona ristorante destinata al pubblico, è indispensabile scegliere una serie di apparecchiature modulari di prestigio adottando gli impianti proposti per il bar.

Nella cucina, che non richiede l'impianto AD-FT e non ha utilizzatori trifase, si può adottare fuori porta un interruttore magnetotermico differenziale bipolare da incasso.

Non possono mancare un rivelatore di fumo ed un rivelatore di gas atti a segnalare principi d'incendio o fughe di gas metano. Nei dintorni degli apparecchi di cottura (fino a 1,5 m) si consiglia di adottare apparecchi di comando e prese a spina in custodia protetta IP44. Per l'alimentazione degli apparecchi di cottura trifase, l'impianto ad alta funzionalità prevede prese interbloccate CEE corredate di interruttore automatico magnetotermico differenziale.

In caso di focolari a gas con una potenzialità superiore a 30000 kcal/h, l'impianto AD-FT può essere realizzato con componenti ad alta funzionalità utilizzando la vasta gamma di quadri e contenitori modulari componibili con un grado di protezione IP40 (per le zone ordinarie) e IP44 per le zone di probabile accumulo di sostanze pericolose (vedere l'impianto proposto per il locale caldaia).

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presenza Sicura con interruttore magnetotermico differenziale da 10 A	1
Presenza 2P+PE 10 A, presa 2P+PE 16 A, presa UNEL 16 A	2
Comandi: interruttori, deviatori, deviatori a chiave	3
Torcia di emergenza	4
Rivelatore di fumo	5
Rivelatore di gas	6
Interruttore magnetotermico differenziale ad alta sensibilità da 10 mA, 16 A	7
Prese interbloccate CEE	8

Tab. 5.32 - Elenco apparecchiature per ristoranti e grandi cucine.

5.24 Locali ad uso medico

Impianto fondamentale. In questo contesto sono considerati solo i locali ad uso medico nei quali non si praticano operazioni chirurgiche che richiedano anestesia totale, ma si possono impiegare apparecchi elettromedicali con parti applicate al paziente. In questi ambienti non sono obbligatori sistemi di protezione mediante trasformatore d'isolamento. Occorre invece realizzare l'equalizzazione del potenziale mediante nodo o anello equipotenziale.

L'interruzione delle correnti di guasto a terra deve essere ottenuta mediante interruttori automatici differenziali del tipo ad alta sensibilità ($I_{dn} \leq 30 \text{ mA}$) coordinati con l'impianto di terra in modo che $R_T \leq 25/I_{dn}$.

In seguito verranno ricordate le modalità di esecuzione del nodo equipotenziale e dell'anello equipotenziale.

Per ottenere la massima continuità di esercizio, si raccomanda di alimentare ogni apparecchio elettromedicale con un distinto circuito singolarmente protetto al quadro generale.

I collegamenti ad alta tensione tra le varie parti costituenti un apparecchio radiologico devono essere realizzati con cavi muniti di guaina metallica; se tale schermatura, da collegare al nodo equipotenziale, ha una resistenza superiore a $0,02 \Omega$, deve essere coperta da una guaina isolante sufficientemente robusta.

Queste brevi note forniscono indicazioni di massima, che non possono sostituire l'attenta consultazione della norma CEI 64-8 e della guida CEI 64-56, vista la complessità e la delicatezza dell'argomento.

Lo schema riportato di seguito prevede quattro interruttori a, b, c, d, che comandano i rispettivi punti luce posti nell'ambulatorio e nel locale radiologia.

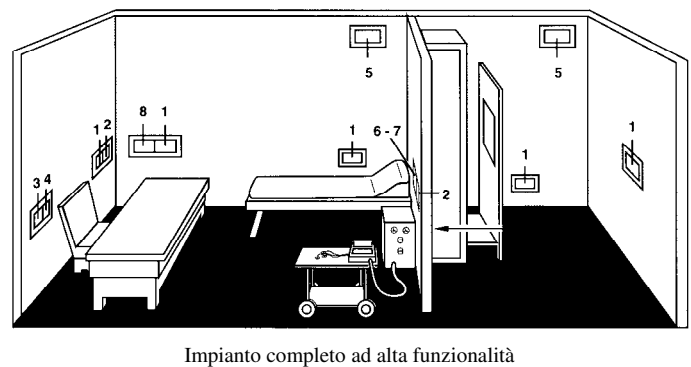
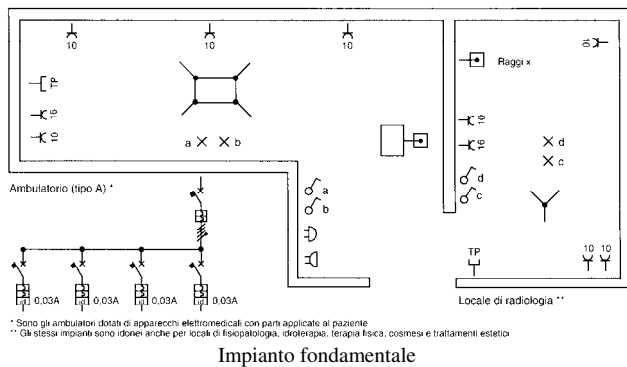


Fig. 5.40 - Locali ad uso medico.

Impianto completo ad alta funzionalità. Nei locali adibiti ad uso medico che utilizzano apparecchi con parti applicate al paziente, il pericolo di elettrocuzione è molto grave, sicché si devono adottare tutti i provvedimenti atti a ridurre le tensioni che si possono presentare sulle masse estranee in caso di guasto alle masse.

La disponibilità di prese tipo Sicura interbloccate con un interruttore magnetotermico ad altissima sensibilità (10 mA) offre una soluzione a questo problema.

Possono risultare utili, negli ambulatori e nei locali ove si praticano terapie elettromedicali, le prese di corrente di tipo temporizzato, ottenibili con il semplice accoppiamento con un temporizzatore modulare regolabile, per esempio da 1 a 6 minuti, e telecomandabile per l'eventuale ripetizione immediata del tempo impostato: con questi apparecchi, trattamenti di elettroforesi, idroterapia, inalazioni, possono essere correttamente dosati anche se si utilizzano apparecchi elettromedicali molto semplici.

Altri apparecchi non prettamente vincolati ai trattamenti medici possono aumentare il comfort, la funzionalità e la sicurezza dell'ambulatorio (orologio, rivelatore di fumo, suoneria a doppia tonalità, ecc.).

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Presenza Sicura con interruttore magnetotermico differenziale da 10 A	1
Presenza Sicura con interruttore magnetotermico differenziale da 16 A	2
Interruttore	3
Suoneria e ronzatore	4
Rivelatore di fumo	5
Presenza temporizzata da 10 A	6
Temporizzatore	7
Orologio	8

Tab. 5.33 - Elenco apparecchiature per un locale ad uso medico.

5.25 Strutture alberghiere

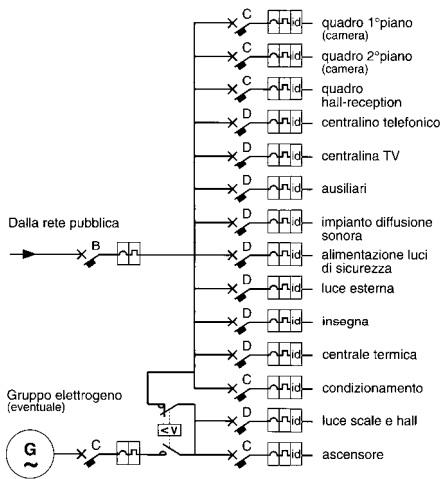
Per la realizzazione dell'impianto elettrico nelle strutture alberghiere, si deve fare riferimento per tutti gli ambienti ordinari alla norma CEI 64-8 e alla guida CEI 64-55.

Se la capienza supera i 25 posti letto l'attività è soggetta al controllo sistematico da parte dei Vigili del Fuoco e l'impianto va trattato come luogo a maggior rischio in caso di incendio, anche in questo caso è necessario seguire le indicazioni della norma CEI 64-8.

Trattandosi di pubblico esercizio è indispensabile attenersi alla legge 28-2-86 n. 41 e successivi Decreti di Attuazione concernenti il superamento delle barriere architettoniche: l'impianto elettrico è interessato soprattutto per le altezze degli apparecchi di comando, dei citofoni, dei telefoni. L'impianto deve prevedere quanto sotto elencato.

- Cabina MT/BT (per utenze con impegno di potenza $P > 30 \div 100$ kW).
- Gruppo elettrogeno di riserva (eventuale).
- Quadro generale di distribuzione dell'energia.
- Quadro di controllo (nel bureau).
- Quadro di rifasamento automatico (eventuale).
- Quadri di piano o zone camere.
- Centralino di protezione della singola camera.
- Impianti di illuminazione.
- Prese 2P+PE 10/16 A per usi generali e di camera.
- Prese di tipo industriale 2P+PE e 3P+PE+N.
- Impianti per ascensori.
- Impianto per l'alimentazione e controllo del condizionamento d'aria.
- Impianto di rilevamento incendi.
- Impianto di chiamata per camere.
- Impianti citofonici e/o telefonici.
- Impianto per centrale termica.
- Impianto per centrale idrica (eventuale).
- Impianto TV.
- Impianto EDP.
- Impianto di parafulmine (eventuale).

Di seguito vengono riportati nella fig. 5.41 un esempio di quadro elettrico generale di una struttura alberghiera, mentre nella fig. 5.42 vengono mostrati esempi di piani di installazione tipici di una struttura alberghiera relativi agli impianti di energia e ausiliari di una camera tipo.



Legenda interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali.

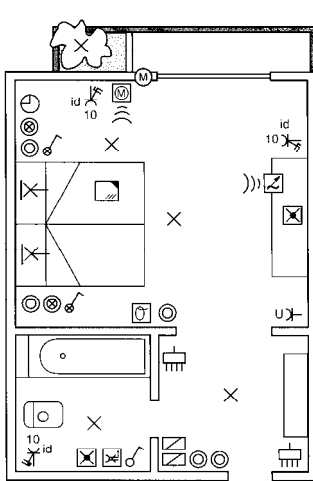
- B) Fino a 100 kA, 400 V; 125÷1600 A.
- C) Fino a 15 kA, 400 V; 16÷125 A.
- D) Fino a 25 kA, 400 V; 0,5÷63 A.

Si noti nella figura a destra i seguenti gruppi con segnalino per camere d'albergo:

- a) interruttore automatico magnetotermico differenziale $I_{dn} = 10$ mA per la protezione di ogni singola camera,
- b) termostato ambiente,
- c) gruppo di comando a fianco letto.

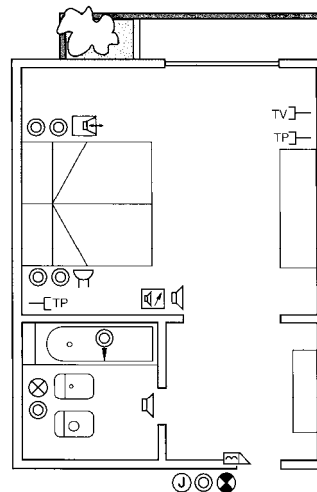


Fig. 5.41 - Esempio di quadro elettrico generale di una struttura alberghiera.



Camera tipo (impianto di energia)

Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	Altri
id 10 Presa Sicura Salvavita 10A	5126	4526	
U Presa UNEL	5440/3	4440/3	
Interruttore unipolare	5001	4501	
Interruttore unipolare con spia	5001LN	4501LE	
Pulsante luminoso	5056N	4505LE	
Telecomando a raggi infrarossi		4481N	
Ricevitore infrarossi		4473	
Ricevitore motore		4472	
Termostato ambiente	5339	4429	
Temporizzatore	5155	4425	
X Punto luce			
X Punto luce a parete			
X Punto luce emergenza autonomo	S5495/1	4495/0	
Orologio		4411	
Quadro controllo			
Pulsante per relé	5005	4505	
Relé luce	5315N	4645	



Camera tipo (impianti ausiliari)

Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	altri
TP Presa TV	5172D	4672D	
TP Presa telefono	5021	4521	
TP Pulsante	5005	4505	
TP Pulsante a tirante	5006N	4506	
TP Lampada fuori porta	5651		
TP Ronzatore	5048N	4548	
TP Citofono			
TP Altoparlante		4958	
TP Comando diffusione sonora		4955/1	
TP Jack annullamento chiamata	5124	4679	
TP Serratura elettrica			

Fig. 5.42 - Esempio di piani di installazione tipici di una struttura alberghiera.

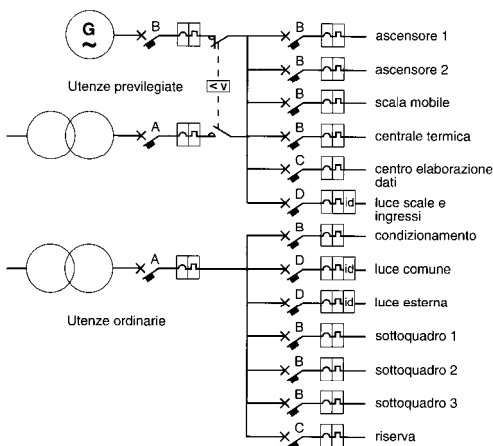
5.26 Centri direzionali e commerciali

Per la realizzazione dell'impianto elettrico nei centri direzionali e commerciali, si deve fare riferimento per tutti gli ambienti ordinari alla norma CEI 64-8 e alla guida CEI 64-51.

Se si tratta di centrali elettroniche per l'archiviazione e l'elaborazione dati, locali adibiti a depositi di merci e materiali con una superficie lorda superiore a 1000 m², centri uffici (o altre attività) nei quali sono occupati oltre 500 addetti, locali adibiti ad esposizione e/o vendita con superficie lorda superiore a 400 m², è previsto dalla legge n. 966/65 e successivi Decreti il controllo sistematico da parte dei Vigili del Fuoco e l'impianto deve essere adeguato ai luoghi a maggior rischio in caso di incendio. L'impianto deve prevedere quanto sotto elencato.

- Cabina MT/BT (per utenze con impegno di potenza $P > 30 \div 100$ kW).
- Gruppo elettrogeno di riserva per i servizi privilegiati.
- Quadro generale di distribuzione dell'energia.
- Sottoquadri, quadri di zona, centralini d'ufficio (eventuali).
- Quadro di rifasamento automatico (eventuale).
- Quadro di controllo generale e allarmi (eventuale).
- Impianti di illuminazione.
- Prese 2P+PE 10/16 A per usi generali e di ufficio.
- Prese di tipo industriale 2P+PE e 3P+PE+N.
- Impianti per ascensori.
- Impianto per l'alimentazione e controllo del condizionamento d'aria.
- Impianto di rilevamento incendi.
- Impianto di chiamata per camere.
- Impianti citofonici e/o telefonici.
- Impianto per centrale termica.
- Impianto per centrale idrica (eventuale).
- Impianto EDP.
- Impianto distribuzione segnale TV (eventuale).
- Impianto richiesta d'udienza e comunicazioni (eventuale).
- Impianto di parafulmine (eventuale).

Di seguito, nella fig. 5.43 è riportato un esempio di quadro elettrico generale di un centro direzionale e commerciale, mentre nella fig. 5.44 vengono mostrati esempi di piani di installazione tipici di un ufficio con struttura a locali separati e di un ufficio con una struttura open-space (16x16 m).



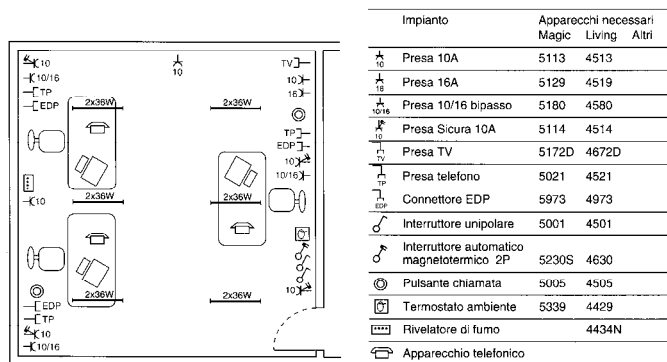
Legenda interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali.

- A) Fino a 100 kA, 660 V; 1250÷3600 A.
- B) Fino a 100 kA, 400 V; 125÷1600 A.
- C) Fino a 15 kA, 400 V; 16÷125 A.
- D) Fino a 25 kA, 400 V; 0,5÷63 A.

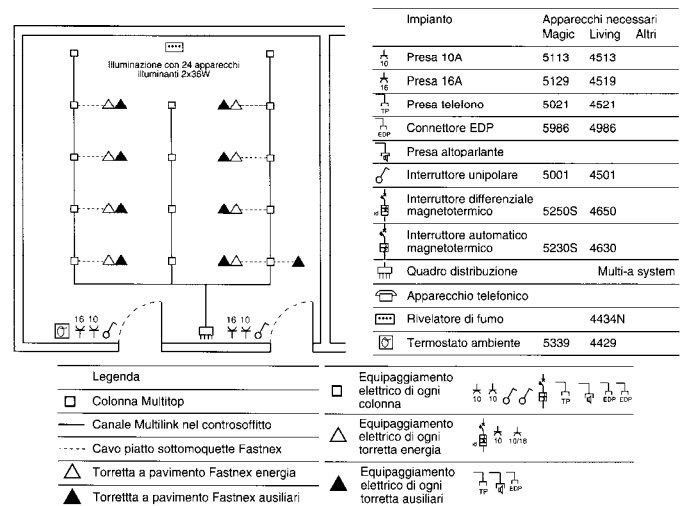
Si noti nella figura a destra l'uso, per la realizzazione dell'impianto elettrico, di colonne e torrette a pavimento.



Fig. 5.43 - Esempio di quadro elettrico generale di un centro direzionale e commerciale.



Ufficio con struttura a locali separati



Ufficio con struttura open-space (esempio 16x16 m)

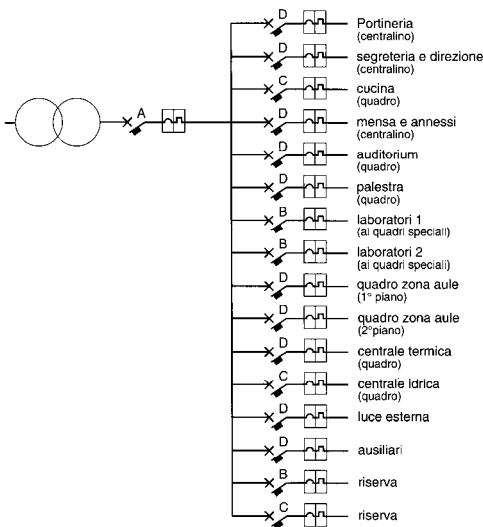
5.27 Strutture scolastiche

Per la realizzazione dell'impianto elettrico in una struttura scolastica si deve fare riferimento per tutti gli ambienti ordinari alla norma CEI 64-8 e alla guida CEI 64-52.

Trattandosi di luogo a maggior rischio in caso di incendio (soggetto al controllo sistematico da parte del Comando provinciale dei Vigili del Fuoco in base al DM 16/02/1982) si deve rispettare in particolare la norma CEI 64-8. Si ricorda, inoltre, che l'edificio scolastico è regolato dal DM 18/12/1975, che prevede, oltre alle condizioni di abitabilità, particolari condizioni di sicurezza, fra le quali è compresa la difesa dai fulmini. Pertanto, è sempre necessario almeno lo studio della protezione contro le scariche atmosferiche, secondo la norma CEI 81-1, al fine di determinare l'eventuale esigenza di uno specifico impianto. L'impianto deve prevedere quanto sotto elencato.

- Cabina MT/BT (per utenze con impegno di potenza $P > 30 + 100$ kW).
- Quadro generale di distribuzione dell'energia.
- Quadri specializzati per i laboratori (eventuali).
- Quadro di rifasamento automatico (eventuale).
- Impianti di illuminazione.
- Impianto luci di sicurezza.
- Prese 2P+PE 10/16 A per usi generali e di ufficio.
- Prese di tipo industriale 2P+PE e 3P+PE+N (eventuali).
- Impianto per centrale termica.
- Impianti per ascensori (eventuali).
- Impianto per l'alimentazione e controllo del condizionamento d'aria (per esempio, per gli uffici)
- Impianto di rilevamento incendi.
- Utilizzatori fissi (eventuali).
- Impianti citofonici e/o telefonici.
- Impianto di diffusione sonora.
- Impianto di diffusione EDP.
- Impianto distribuzione segnale TV.
- Impianto di segnalazione e campana orario.
- Impianto di orologi elettrici.
- Impianto allarme antintrusione.
- Impianto di parafulmine (se necessario).

Di seguito, nella fig. 5.45 è riportato un esempio di quadro elettrico generale di una struttura scolastica, mentre nella fig. 5.46 vengono mostrati esempi di piani di installazione tipici di un'aula generica, di un'aula da disegno e di una biblioteca.



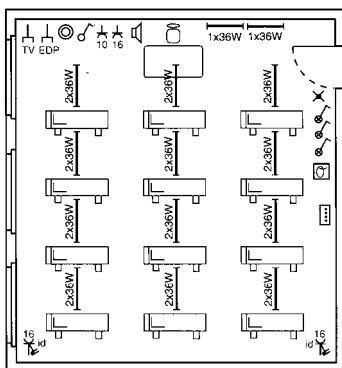
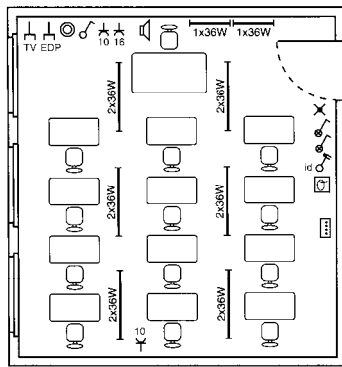
Legenda interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali.

- A) Fino a 100 kA, 660 V; 1250÷3600 A.
- B) Fino a 100 kA, 400 V; 125÷1600 A.
- C) Fino a 15 kA, 400 V; 16÷125 A.
- D) Fino a 25 kA, 400 V; 0,5÷63 A.

Si noti nella figura a destra un esempio di quadro da incasso per la zona aule; ogni quadro alimenta un gruppo di 610 aule mediante un interruttore magnetotermico differenziale.



Fig. 5.45 - Esempio di quadro elettrico generale di una struttura scolastica.



Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	altri
⚡ ₁₀ Presa 10A	5113	4513	
⚡ ₁₆ Presa 16A	5129	4519	
⚡ ₁₆ Presa Sicura Salvavita 16A	5140	4540	
TV Presa TV	5172D	4672D	
☎ Presa telefono	5021	4521	
EDP Connettore EDP	5974	4974	
⚡ Interruttore unipolare	5001	4501	
⚡ Interruttore unipolare con spia	5001LN	4501LE	
⚡ Interruttore magnetotermico differenziale	5250S	4650	
⚡ Deviatore unipolare con spia	5003LN	4503LE	
⊙ Pulsante	5005	4505	
✖ Punto luce sicurezza			
🔊 Altoparlante		4958	
🚒 Rivelatore di fumo		4434N	
🌡 Termostato ambiente	5339	4429	

Legenda apparecchiature

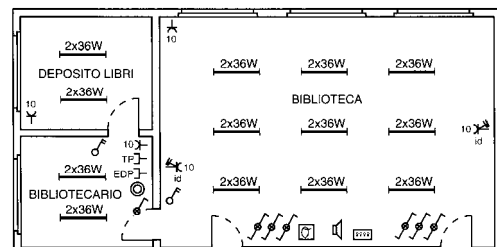


Fig. 5.46 - Esempio di piani di installazione tipici di una struttura scolastica.

5.28 Impianto citofonico e videocitofonico

Le soluzioni impiantistiche di base degli impianti citofonici sono due: impianto di portiere elettrico e impianto di portiere elettrico con centralino di portineria e con commutazione giorno/notte al posto esterno.

Impianto di portiere elettrico. È composto da:

- 1) posto esterno di conversazione con pulsantiera di chiamata;
- 2) serratura elettrica;
- 3) apparecchio citofonico, che realizza il posto di conversazione interno con comando della serratura elettrica.

Gli apparecchi possono essere predisposti per il comando di altri servizi, come, per esempio, un eventuale temporizzatore luce scale. Gli impianti di portiere elettrico prevedono generalmente linee montanti a 5 conduttori comuni (3 per la fonia e l'alimentazione, 1 per l'elettroserratura, 1 per la luce scale) più "n" conduttori di chiamata.

Impianto di portiere elettrico con centralino di portineria e con commutazione giorno/notte al posto esterno. È composto da:

- 1) posto esterno di conversazione con pulsantiera di chiamata;
- 2) serratura elettrica;
- 3) apparecchio citofonico che realizza il posto di conversazione interno con possibilità di chiamata del centralino durante le ore di servizio e con comando diretto della serratura elettrica durante le ore di chiusura della portineria;
- 4) centralino di portineria per comunicazioni con gli apparecchi interni, possibilità di chiamata e conversazione reciproca con segreto di conversazione: esso è dotato di un dispositivo di commutazione che permette di predisporre le comunicazioni dagli apparecchi interni con la portineria o, durante le ore di chiusura della stessa, direttamente con il posto esterno.

Gli impianti di portiere elettrico con centralino prevedono invece linee di montante a 2 conduttori comuni (1 per l'alimentazione e la fonia, 1 per la chiamata al centralino o il comando dell'elettroserratura) più $2 \times n$ conduttori di conversazione e chiamata selettiva dal centralino.

Per quanto riguarda invece gli impianti videocitofonici, la soluzione impiantistica di base è quella di portiere elettrico videocitofonico composta da:

- 1) posto esterno con pulsantiera di chiamata e telecamera per ripresa;
- 2) serratura elettrica;
- 3) apparecchio videocitofonico costituito da monitor per la ricezione dell'immagine ripresa dalla telecamera e da un sistema citofonico per la ricezione fonica che realizza il posto di conversazione e visione interno, con comando della serratura elettrica e di eventuali altri servizi (come, per esempio, il temporizzatore luce scale o giardino).

Gli impianti di portiere elettrico con video prevedono generalmente linee montanti con un cavo coassiale per il segnale video, più conduttori comuni per le alimentazioni e i segnali fonici e n conduttori di chiamata. Per quanto riguarda gli schemi elettrici, occorre fare riferimento a quanto riportato nel quarto capitolo.

Criteri realizzativi dell'impianto. Le condutture sono solitamente in tubo sotto traccia, totalmente indipendenti da quelle pertinenti alle linee di energia. È bene prevedere tracciati che risultino i più brevi e rettilinei possibili, opportunamente distanziati dalle tubazioni degli impianti di riscaldamento, dell'acqua e dalle canne fumarie. Sono ovviamente da tenere presenti tutte le regole generali di impiego delle tubazioni. La sezione dei conduttori deve essere accuratamente stabilita in relazione alla lunghezza della linea e al valore delle correnti che percorrono i vari circuiti, come mostrato nella tab. 5.34.

Distanza tra posto esterno e citofono più lontano [m]	Tipo di circuito	
	Fonia e chiamata	Alimentazione
50	0,5	0,75
100	0,75	1,5
200	1	2,5

Tab. 5.34 - Scelta della sezione minima in mm^2 dei conduttori per impianti citofonici.

Per la trasmissione dei segnali video negli impianti videocitofonici, è opportuno utilizzare cavi coassiali a basso coefficiente di attenuazione e invecchiamento e con impedenza di 75Ω (RG59 B/U); per distanze tra telecamera e monitor superiori a 200 m si può avvicinare l'alimentatore al posto esterno, per evitare conduttori con sezione troppo elevata, e prevedere un amplificatore video per compensare l'attenuazione del cavo coassiale.

L'alimentazione dei circuiti viene di norma effettuata a bassissima tensione mediante appositi alimentatori conformi alle norme CEI.

Distanza fra componente e alimentatore [m]	Componente				
	Telecamera	Modulo ripresa	Monitor	Elettroserratura	Chiamata
50	1	1,5	1	1	0,5
100	1,5	2,5	1,5	1,5	0,75
200	2,5	4	2,5	2,5	1

Tab. 5.35 - Scelta della sezione minima in mm^2 dei conduttori per impianti videocitofonici.

Gli impianti citofonici e videocitofonici sono sistemi di categoria 0 (zero), poiché alimentati a tensione nominale minore o uguale a 50 V AC. Ai fini della sicurezza delle persone contro i contatti diretti e indiretti, i sistemi di categoria 0 si classificano nel seguente modo:

- SELV (*Safety Extra Low Voltage*) con cui si definisce un circuito a bassissima tensione di sicurezza (ex BTS), con tensione massima di 50 V in corrente alternata e 120 V in corrente continua;
- FELV (*Functional Extra Low Voltage*) che definisce un circuito a bassissima tensione funzionale (ex BTF);
- PELV (*Protection Extra Low Voltage*) che definisce un circuito a bassissima tensione di protezione.

Affinché sia realizzato un **sistema SELV**, devono essere soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- 1) l'alimentazione deve avvenire mediante un trasformatore di sicurezza, conforme alle norme CEI (Comitato Tecnico 96);
- 2) tra il sistema SELV e gli altri circuiti bisogna realizzare una separazione elettrica non inferiore a quella dei trasformatori di sicurezza, ovvero i conduttori devono essere posti in canalizzazioni separate o avere una guaina isolante supplementare o essere almeno isolati per la massima tensione in gioco; la separazione elettrica di cui sopra deve essere assicurata tra le parti di componenti come relè e altri ausiliari di comando verso altri circuiti elettrici;
- 3) le parti attive dei circuiti SELV non devono essere collegate elettricamente a terra, né a parti attive né a conduttori di protezione di altri circuiti;
- 4) le masse non devono essere collegate né a terra, né a conduttori di protezione o alle masse di altri sistemi elettrici, né a masse estranee.

Se viene a mancare uno qualsiasi dei requisiti richiesti per i sistemi SELV, il sistema di categoria 0 assume la denominazione di **sistema FELV**. In particolare, se il trasformatore di alimentazione non è conforme alla norma CEI 14-6 o se tra le parti attive del circuito e quelle di altri circuiti non è assicurata l'ideale separazione elettrica, la protezione contro i contatti indiretti deve essere assicurata collegando le masse dei componenti alimentati a FELV al conduttore di protezione del circuito primario come indicato nella seguente figura. Il sistema SELV prevede, come si è detto precedentemente, la bassissima tensione e la separazione elettrica completa rispetto agli altri circuiti. Nel **sistema PELV**, dove ugualmente si deve utilizzare un trasformatore di isolamento, non vi è il divieto di collegamento a terra delle masse e di eventuali punti del circuito di protezione e la non pericolosità deriva dalla ridotta tensione di alimentazione.

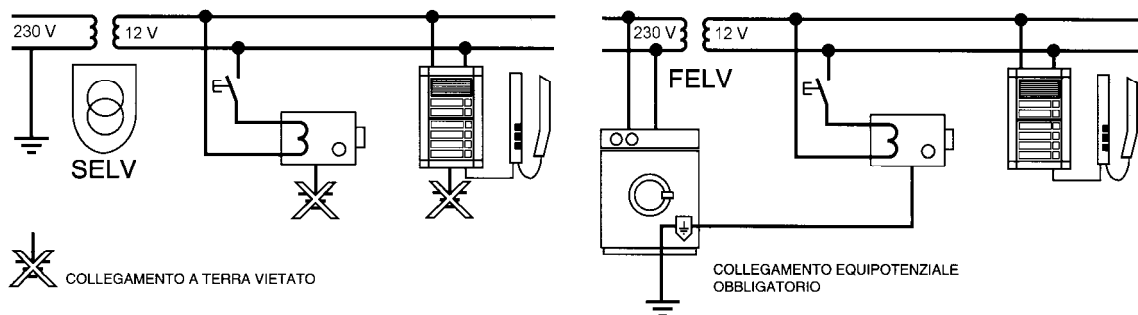


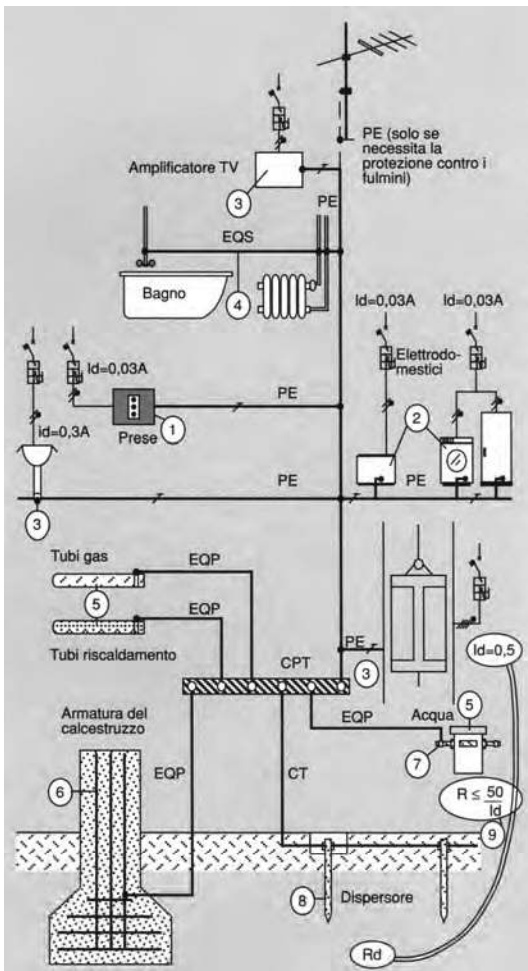
Fig. 5.47 - Differenza tra impianti SELV e FELV.

5.29 Messa a terra e collegamenti equipotenziali

L'impianto di messa a terra secondo la norma CEI 64-8. Ogni edificio o gruppo di edifici interdipendenti deve avere un proprio impianto di messa a terra, unico, al quale devono essere collegati:

- i poli di terra delle prese a spina;
- gli utilizzatori destinati ai servizi generali (ascensore, amplificatore TV, luci esterne, ecc.);
- le masse di tutti i componenti in Classe I (elettrodomestici fissi come lavastoviglie, lavatrici, ecc.);
- le masse estranee ubicate nell'area dell'impianto elettrico ed entro il volume di accessibilità;
- i collegamenti equipotenziali supplementari (EQS) dei bagni.

Si intendono ubicate entro l'area dell'impianto tutte le masse estranee che possono venire toccate da un contatto accidentale con una parte in tensione, tenendo conto anche della possibilità di impiego di utilizzatori mobili o portatili allacciabili a prese a spina e muniti di cordone ragionevolmente lungo. Il volume di accessibilità è invece stabilito convenzionalmente dalla norma CEI 64-8 fino a 2,50 m di altezza dal pavimento, 1,25 m di sporto e 0,75 m di sottoquadro. L'impianto di messa a terra nei sistemi TT, tipici degli edifici civili ad uso residenziale e similare (privi della propria cabina di trasformazione), ha fondamentalmente lo scopo di creare una via di chiusura a bassa impedenza alle correnti di guasto per poter interrompere il circuito con dispositivi funzionanti con sganciatore amperometrico (normalmente è un interruttore differenziale).



Criteri generali di progettazione.

Al conduttore di protezione (PE) vanno collegati:

- 1) i poli di terra delle prese a spina;
- 2) il morsetto di terra degli elettrodomestici fissi Classe I;
- 3) gli utilizzatori destinati ai servizi generali delle case (ascensore, amplificatore TV, luci esterne, ecc.);
- 4) i collegamenti equipotenziali supplementari (EQS) dei bagni.

Al collettore principale di terra vanno collegati:

- 5) tutte le tubazioni;
- 6) i ferri d'armatura del calcestruzzo a livello delle fondamenta; in particolare questa struttura può costituire un validissimo dispersore naturale in grado talvolta di sostituire vantaggiosamente il dispersore artificiale;
- 7) il collegamento equipotenziale delle tubazioni provenienti da rete pubblica (acqua, gas) va preferibilmente effettuato a valle dei contatori o dei giunti dielettrici per evitare interferenze;
- 8) il dispersore deve presentare una resistenza R_d coordinata con l'interruttore automatico meno sensibile; nel caso di figura si tratta dell'interruttore installato nel circuito dell'ascensore ($R_d \leq 100 \Omega$);
- 9) per l'interruzione del guasto a terra si devono usare interruttori differenziali (*) con sensibilità più alta possibile in relazione alle dispersioni naturali. Si consigliano le seguenti sensibilità (guida CEI 64-50): per l'appartamento: $I_{dn} = 30 \text{ mA}$; per i servizi generali: $I_{dn} = 0,3 \text{ A}$; per l'ascensore: $I_{dn} = 0,5 \text{ A}$.

(*) Teoricamente esiste ancora la possibilità di usare interruttori magnetotermici e fusibili.

Fig. 5.48 - Impianto di messa a terra: criteri generali di progettazione.

Definizione di massa e di massa estranea.

Massa: parte conduttrice facente parte dell'impianto elettrico o di un apparecchio utilizzatore che non è in tensione nelle condizioni ordinarie d'isolamento, ma che può andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale e che può essere toccata; la massa è una parte che non contiene parti in tensione, ma potrebbe assumere potenziali pericolosi per contatto con una massa in avaria (vedere fig. 5.49b esempio a).

Massa estranea: parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico, suscettibile di introdurre il potenziale di terra. In casi particolari, si considerano masse estranee quelle suscettibili di introdurre altri potenziali.

Esempi. Nella fig. 5.49b un portello che chiude un involucro facente parte della massa e con grado di protezione $IP \geq 20$ non è una massa; sempre nella fig. 5.49b, una parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico, isolata da terra in modo da non essere in grado di disperdere verso terra correnti pericolose, non è una massa estranea.

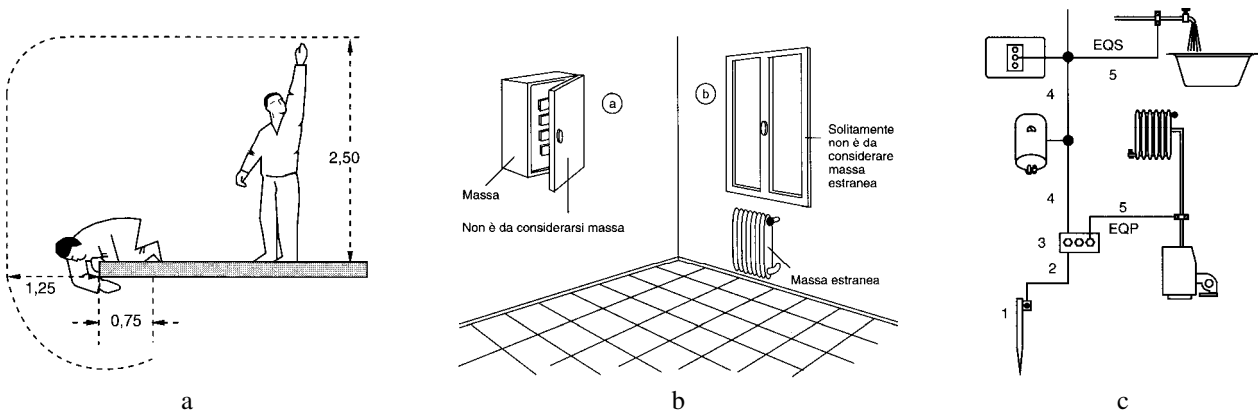


Fig. 5.49 - a) Volume di accessibilità - b) Definizione di massa e di massa estranea - c) Componenti di un impianto di terra.

Componenti di un impianto di terra. Un impianto di terra si compone essenzialmente di cinque parti che è necessario distinguere per la corretta applicazione delle norme CEI:

- 1) il dispersore che costituisce la parte posta in contatto con il terreno allo scopo di disperdere la corrente;
- 2) i conduttori di terra che collegano tra loro il dispersore, le armature del calcestruzzo, ecc. ed il collettore principale di terra;
- 3) il collettore principale di terra, al quale sono collegati tutti i conduttori qui di seguito considerati;
- 4) i conduttori di protezione che collegano gli involucri metallici degli utilizzatori con il collettore di terra;
- 5) i collegamenti equipotenziali che collegano al dispersore le masse estranee e che si distinguono in collegamenti equipotenziali principali EQP (quando sono connessi direttamente al collettore) e collegamenti equipotenziali supplementari EQS (quando sono connessi ai morsetti di terra locali per costituire un collegamento di sicurezza in parallelo agli EQP).

Dimensioni minime dei componenti del dispersore. Il dispersore può essere realizzato con un qualsiasi tipo di struttura disperdente: tondi profilati, nastri, tubi, corde purché in rame, acciaio rivestito di rame oppure ferro zincato. Sono ammessi anche altri materiali purché protetti contro la corrosione e compatibilmente con le caratteristiche del terreno. Le parti costituenti il dispersore devono avere dimensioni sufficienti ad assicurare una lunga durata contro le azioni corrosive che si possono avere nel terreno. Se si fa uso di ferro non zincato, le dimensioni lineari rispetto al ferro zincato vanno raddoppiate e la minima sezione raccomandata è di 100 mm².

È possibile utilizzare come dispersore anche i ferri di armatura del calcestruzzo, considerando solo quelli pertinenti a fondazioni interrato, meglio se aventi una sezione minima di 100 mm².

Possono essere utilizzate anche le tubazioni dell'acqua interrate e non rivestite, se fanno parte di un acquedotto pubblico; occorre in questo caso il consenso dell'Ente fornitore dell'acqua, il quale si impegna a comunicare all'utente eventuali variazioni significative ai fini della resistenza di terra R_T . Non sono invece utilizzabili come dispersore le tubazioni metalliche destinate a trasportare altri fluidi diversi dall'acqua (gas metano).

Il dispersore dovrà avere alcuni punti accessibili, oltre al collegamento dei conduttori di terra, per misure totali o parziali da ripetersi periodicamente. È bene che tutti questi punti e tutti i morsetti siano contrassegnati con l'apposito simbolo di terra. Si ricorda che le norme CEI prevedono che le giunzioni tra le varie parti di un dispersore e quelle fra un dispersore e il conduttore di terra siano eseguite:

- mediante saldatura forte (autogena);
- con morsetti aventi superfici di contatto di almeno 200 mm²;
- per contatto tra superfici di almeno 200 mm² a mezzo di uno o più bulloni di diametro non inferiore a 10 mm;
- mediante manicotti se si tratta di tubi.

I dispersori per essere conformi a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8 devono essere costruiti con elementi sufficientemente robusti e resistenti all'usura. Le dimensioni minime dei diversi componenti ai fini della robustezza meccanica e della resistenza all'usura sono indicate nelle tabelle che seguono. Qualora si usino materiali ferrosi non protetti da trattamento galvanico la sezione minima ammessa è di 100 mm².

Per infissione nel terreno		acciaio zincato	rame	Per posa nel terreno		acciaio zincato	rame
	ø mm	40	30		S mm ²	50	30
	Z mm	2,5	3		Z mm	3	3
	L mm	50	50		S mm ²	100	50
	Z mm	5	5		Z mm	3	3
	ø mm	20	15		S mm ²	50	35
					ø mm	1,8	1,8

Fig. 5.50 - Dimensioni minime dei componenti di un dispersore.

Sezione dei conduttori di protezione. I conduttori di protezione possono essere dimensionati con due criteri:

- 1) dimensionamento correlato a quello dei conduttori di fase (tab. 5.36); se un conduttore di protezione serve più circuiti, la correlazione deve riferirsi a quello che ha maggiore sezione di fase;

Sezione conduttore di fase	Sezione conduttore di protezione
Fino a 16 mm ²	Uguale a quello di fase
16÷35 mm ²	16 mm ²
Oltre 35 mm ²	Metà di quello di fase

N.B. Quando il conduttore di protezione non fa parte della stessa conduttura del conduttore di fase non deve essere minore di 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica, di 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Tab. 5.36 - Sezione dei conduttori di protezione in relazione al conduttore di fase.

2) dimensionamento calcolato mediante la formula

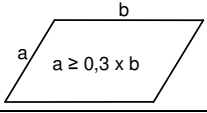
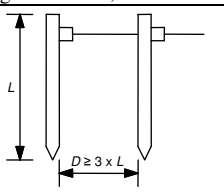
$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

dove I è la massima corrente di guasto espressa in ampere (circa uguale a $230/R_T$), t il tempo di intervento dell'interruttore differenziale (si può considerare con abbondanza circa 0,5 s) e k un coefficiente da dedurre dalla tab. 5.37.

Conduttore in cavo isolato				Rivestimento metallico dei cavi			
Materiale conduttore	Natura dell'isolante			Materiale conduttore	Natura dell'isolante		
	PVC	EPR-XLPE	G2		PVC	EPR-XLPE	G2
Rame	115	146	135	Rame	122	149	140
Alluminio	74	94	87	Alluminio	79	96	90
				Ferro	42	51	48
				Piombo	22	19	19
Conduttore nudo senza pericoli termici				Conduttori nudi in contatto con l'isolante dei cavi			
Materiale conduttore	Condizione di posa			Materiale conduttore	Natura dell'isolante o del rivestimento		
	A ⁽¹⁾	B ⁽²⁾	C ⁽³⁾		PVC	EPR-XLPE	G2
Rame	228	159	138	Rame	143	176	166
Alluminio	125	105	91	Alluminio	95	116	110
Ferro	82	58	50	Ferro	52	64	60
Note: A ⁽¹⁾ a vista, in locali accessibili solo a personale addestrato; $\theta_f=500$ °C (alluminio 300 °C). B ⁽²⁾ in condizioni ordinarie; $\theta_f=200$ °C. C ⁽³⁾ in locali con pericolo di incendio, salvo più severe prescrizioni delle norme; $\theta_f=150$ °C. I dati riportati sono tratti dalla norma 64-8.							

Tab. 5.37 - Coefficienti per il calcolo della sezione minima dei conduttori di protezione.

Dati per il dimensionamento di massima del dispersore. Per il calcolo della resistenza di terra R_T si può dividere la resistenza unitaria R_U per i metri di corda (L) o per il numero dei picchetti (N) di cui è composto l'impianto, cioè $R_T = R_U/L$ oppure $R_T = R_U/N$.

Tipo di dispersore	Dimensioni	Tipo di terreno		
		Sabbioso	Vegetale	Argilloso
Corda interrata attorno all'edificio a 0,5 m di profondità	a + b (15+50 m)	2000	400	125
	a + b (200+300 m)	2500	500	150
Picchetto collegato con una corda nuda interrata a 0,5 m di lunghezza $L = 1,5$ m	L (1,5 m)	200	40	12
	L (2,5 m)	150	30	9
	L = lunghezza del dispersore a picchetto D = distanza tra due dispersori			

Tab. 5.38 - Coefficienti per il calcolo della sezione minima dei conduttori di protezione.

Esempio 1. Determinare la lunghezza della corda (L), posta ad una profondità di 0,5 m, necessaria per realizzare un impianto di terra avente un dispersore posto in un terreno vegetale e avente una resistenza R_T non superiore a 20 Ω .

$$L = R_U / R_T \quad L = 400 / 20 \quad L = 20 \text{ m.}$$

Esempio 2. Determinare il numero di picchetti (N) lunghi 1,5 m necessari per realizzare un impianto di terra in un terreno vegetale con un dispersore avente una resistenza R_T non superiore a 20 Ω .

$$N = R_U / R_T \quad N = 40 / 20 \quad N = 2.$$

Da notare che il dispersore deve presentare una resistenza R_T coordinata con l'interruttore automatico di protezione differenziale (vedere paragrafo dedicato ai centralini di distribuzione).

Condizione d'idoneità delle strutture metalliche. Le condizioni affinché una struttura metallica continua possa essere usata come conduttore di protezione sono le seguenti:

- 1) deve essere assicurata la protezione contro il danneggiamento meccanico, chimico, elettrochimico, elettrodinamico, sia delle strutture che delle connessioni;

- 2) la continuità elettrica deve essere assicurata attraverso adatte connessioni;
- 3) la conduttanza deve essere almeno uguale a quella dell'equivalente connessione con un conduttore in rame (vedere tab. delle sezioni minime);
- 4) deve essere possibile la connessione con conduttori di protezione nei punti predisposti per le giunzioni o le derivazioni;
- 5) tutti gli elementi devono essere appositamente previsti o successivamente resi idonei alla funzione di conduttore di protezione.

Conduttore di terra e conduttori equipotenziali. Il conduttore di terra può essere dimensionato con gli stessi criteri del conduttore di protezione, ma non deve avere sezione inferiore a 16 mm^2 se in rame protetto contro la corrosione, a 25 mm^2 se in rame non protetto contro la corrosione. I conduttori equipotenziali vanno dimensionati come indicato nella tab. 5.39.

Conduttori equipotenziali principali EQP		Conduttori equipotenziali supplementari EQS	
Sezione conduttore di protezione principale* PE [mm ²]	Sezione conduttore equipotenziale EQP [mm ²]	Collegamento massa-massa	EQS \geq al PE di sezione minore
PE ≤ 10	EQP = 6	Collegamento massa-massa estranea	EQS \geq a $\frac{1}{2}$ della sezione del corrispondente PE
PE = 16	EQP = 10	Collegamento massa estranea-massa estranea oppure massa estranea-terra	EQS $\geq 2,5 \text{ mm}^2$ con protezione meccanica 4 mm^2 senza protezione meccanica
PE = 25	EQP = 16		
PE ≥ 35	EQP = 25		

*Si deve intendere il PE di massima sezione facente capo al collettore di terra.

Tab. 5.39 - Dimensionamento dei conduttori equipotenziali.

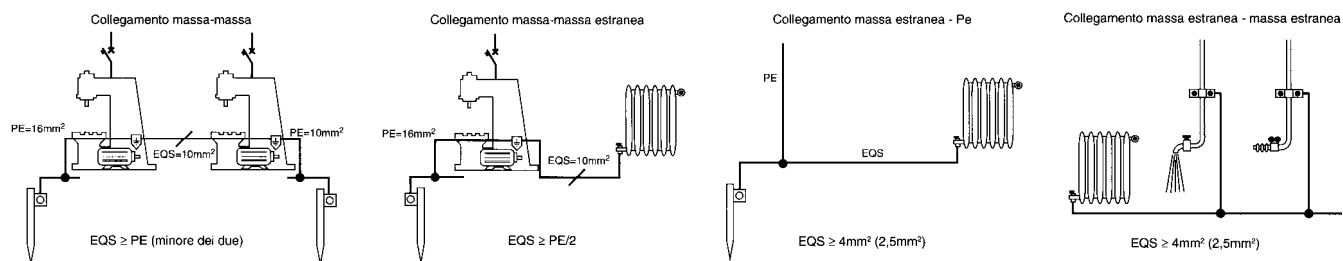


Fig. 5.51 - Esempi di collegamenti equipotenziali supplementari.

5.30 Equalizzazione del potenziale nei locali ad uso medico (nel CD-ROM allegato)

5.31 Impianto per ascensori (nel CD-ROM allegato)

5.32 Impianto centralizzato di antenna TV (nel CD-ROM allegato)

5.33 Impianto per lampade a catodo freddo con tensione da 1 a 10 kV (nel CD-ROM allegato)

5.34 Impianti di terra per apparecchiature di elaborazione dati (nel CD-ROM allegato)

5.35 Impianti BUS

È indubbio che il lavoro di installazione ha raggiunto ormai un livello di complessità notevole. Nelle abitazioni come negli edifici adibiti al terziario, convivono spesso diversi impianti, alcuni dei quali molto sofisticati: illuminazione, riscaldamento, climatizzazione, gestione dei carichi, antincendio, antintrusione, controllo accessi, e così via. Ciascuno di essi è concepito attualmente come un'unità autonoma, che richiede quindi collegamenti dedicati per l'alimentazione, il comando e il controllo, come mostrato nella fig. 5.65a. Il risultato finale è un insieme di impianti, la cui realizzazione comporta un notevole dispendio di tempo e un grande aggravio di costi per il complicato cablaggio, rendendo peraltro difficoltosi gli ampliamenti e le eventuali modifiche successive.

Nell'installazione tradizionale, infatti, connessione **fisica** e **logica** sono la stessa cosa e, di conseguenza, il cablaggio dipende dalla funzione dei dispositivi: se si rende necessario aggiungere o modificare una funzione, dovranno per forza essere cambiate tutte le connessioni.

In altre parole, si dovranno *tirare nuovi fili*, con ulteriori complicazioni e spese.

Inoltre, questa tecnica non consente l'interconnessione fra i diversi impianti, i quali si comportano come isole autonome, reagendo in modo indipendente e ignorando le azioni eseguite dagli altri. In tal modo non è possibile attuare effettivi risparmi energetici e neppure migliorare il comfort degli ambienti, se non ricorrendo a continui e non razionali interventi manuali, che finiscono per interferire nelle normali attività lavorative o disturbare i momenti di relax. La soluzione a questi problemi sta nel cambiamento della tecnica di installazione, passando da quella tradizionale a una mediante BUS o wireless ovvero passare alla domotica (dal francese *domotique* che significa *casa automatica*) che ha il preciso scopo di riunire e automatizzare le funzioni presenti all'interno non solo della casa, ma degli edifici in generale.

Tipo di circuito elettrico	Impianto tradizionale	Impianto dotato di automazione BUS (domotica)
Circuito luce (accensione di corpi illuminanti).	Comando da punti prestabiliti serviti da apposito circuito (interruttore, deviatore, ecc.) realizzato in fase di costruzione dell'impianto elettrico.	Comando da qualsiasi punto servito dal cavo BUS mediante l'utilizzo di un dispositivo generico di ingresso. Possibilità di decidere il tipo di funzione (bistabile, temporizzato, ecc.), interazione con altri dispositivi del sistema (per esempio, impianto antintrusione). Possibilità di cambiare la funzione e il punto di comando in base alle esigenze senza opere sull'impianto elettrico.
Circuito FM.	Circuito di distribuzione con prese per prelievo energia realizzato in fase di costruzione dell'impianto elettrico.	Circuiti analoghi all'impianto tradizionale, con la possibilità aggiuntiva di controllare i punti di prelievo mediante l'utilizzo di un controllo carichi per realizzare dei distacchi programmati ed evitare l'intervento dell'interruttore limitatore dell'ente distributore. Possibilità di disattivare i circuiti FM in base alle esigenze o agli stati dell'impianto (per esempio, distacco in funzione dello stato dell'impianto antintrusione per disabilitare i circuiti durante l'assenza dall'abitazione).
Impianto antintrusione.	Impianto di rivelazione volumetrica e perimetrale.	Impianto di rivelazione volumetrica e perimetrale compatibile con il sistema di automazione domotico che consente di effettuare attivazioni programmate o eseguire la diagnostica da qualsiasi punto sia interno che esterno alla casa.
Impianto di riscaldamento.	Suddivisione dell'impianto di riscaldamento su più zone comandabili ciascuna da un termostato ambiente.	Come per l'impianto tradizionale con l'aggiunta della possibilità di interazione dei termostati ambiente con il sistema domotico (per esempio, riduzione automatica della temperatura in caso di uscita dall'abitazione, interazione dall'esterno mediante telefono/GSM o Internet).
Impianto di controllo accessi e/o apertura porte.	Utilizzo di dispositivi appositi per il controllo accessi e apertura porte a badge o trasponder.	Utilizzo di dispositivi di controllo accessi e aperture porte a badge o trasponder integrabili con il sistema domotico, possibilità di abbinare insieme più funzioni (per esempio, disattivazione impianto antintrusione in entrata, disattivazione circuiti luce e FM in uscita).
Supervisione impianto.	Non possibile.	Controllo mediante pannelli sinottici o pannello video su PC.
Comando remoto.	Non possibile.	Comando e controllo di tutto il sistema da un qualsiasi punto mediante unico apparato telefonico/GSM.
Stima di massima valore impianto.	4500 €	9000 €

Fig. 5.64 - Comparazione tra un impianto elettrico di una unità abitativa di media (100 m²) con dotazione impiantistica medio-alta, realizzato in modo tradizionale e con l'impiego di apparati di automatismo integrato domotico.

Il concetto su cui si basa un sistema BUS è il seguente. Oltre a quella di alimentazione a 230 V, viene tirata un'unica linea, denominata appunto BUS, a bassissima tensione (SELV) e costituita da uno o due doppini telefonici, alla quale vengono collegati in parallelo sia i **sensori** (di temperatura, ricevitori a raggi infrarossi, anemometri, sensori di luminosità), sia gli **attuatori** (dispositivi periferici che attuano i comandi automatici e manuali destinati ad apparecchi di illuminazione, tapparelle, motori, ventilatori, condizionatori, sirene d'allarme, videocitofoni, elettrodomestici, ecc.). Nella linea BUS transitano i dati e i comandi relativi a tutti gli attuatori di tutti gli impianti, i quali sono sempre "in ascolto" tramite i microprocessori di cui sono dotati e reagiscono solo quando sono raggiunti da un messaggio (accenditi, spenti, alza, abbassa, apri, chiudi, ecc.), in codice digitale, indirizzato espressamente a loro, singolarmente o in gruppo.

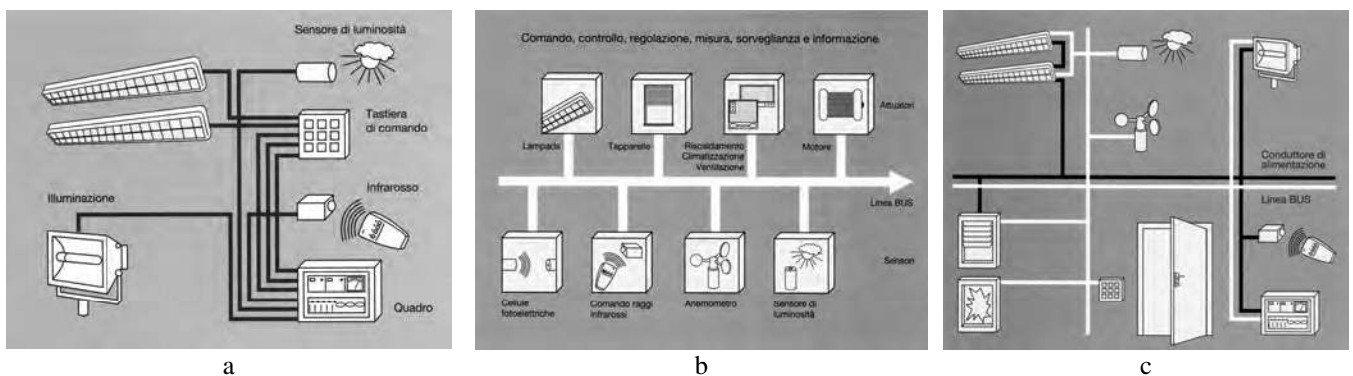


Fig. 5.65 - a) Impianto di tipo tradizionale - b) Principio di funzionamento di una linea BUS - c) Impianto di tipo BUS.

Se due o più messaggi vengono inviati contemporaneamente sul BUS, il messaggio dal contenuto più importante ha la precedenza, mentre gli altri vengono memorizzati e inviati appena il canale è libero.

In questo modo si superano i limiti del sistema di installazione tradizionale: non sono più necessari tanti collegamenti dedicati per alimentazione, comando e controllo quanti sono i singoli dispositivi, poiché due sole linee svolgono queste funzioni per tutti. Nel sistema mediante BUS non c'è più identità tra connessione fisica e logica: dunque tutti i componenti sono collegati al BUS allo stesso modo, indipendentemente dalla loro funzione.

Dal punto di vista dell'installazione, il sistema BUS presenta i seguenti vantaggi.

Il cablaggio iniziale è nettamente semplificato, e questo determina una maggiore facilità di esecuzione iniziale: è possibile precablare l'edificio o l'abitazione prima di progettare in dettaglio l'impianto, senza alcuna limitazione successiva. Inoltre, nel caso di ampliamenti e modifiche, non è più necessario installare nuovi cavi in quanto, grazie al microprocessore contenuto in ogni apparecchio, per cambiare configurazione del sistema sarà sufficiente cambiare gli indirizzi dei componenti esistenti, senza toccare il cablaggio.

Per aggiungere nuovi sensori o attuatori basterà collegarli sulla linea BUS già installata.

Anche la manutenzione risulta molto più semplice: utilizzando la linea BUS, è possibile interrogare continuamente il sistema per assicurare che i singoli componenti funzionino correttamente. In questo modo si possono individuare velocemente quei componenti che non funzionano e procedere alla sostituzione o alla riparazione in tempi molto brevi, con costi inferiori, e garantendo un livello notevole di efficienza e sicurezza dell'impianto.

Tipologia di impianto	Funzione svolta	Edifici uso residenziale			Edifici ad uso terziario									
		Appartamento	Villa	Seconda casa	Negozi	Ufficio	Laboratorio	Scuola	Palestra piscina	Ristorante Hotel	Bar Pub	Centro commerciale	Luoghi di culto	
Sicurezza	Antintrusione	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Allarmi tecnici	--	Si	Si	--	--	--	--	--	Si	Si	Si	Si	--
	Antipanico	--	Si	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Controllo accessi	--	--	--	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--	--	Si	--
Citofonia e videocitofonia	Funzioni base	Si	Si	Si	--	Si	Si	--	Si	--	--	--	--	--
	Autoaccensione	Si	Si	--	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--
	Segnalazione porta aperta	--	Si	Si	--	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--
	Attivazione luci scale	Si	--	--	--	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--
Comfort	Rotazione telecamere interne	Si	Si	--	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--
	Termoregolazione	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Diffusione sonora	Si	Si	--	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Automazione luci	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Automazione tapparelle/serrande	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--
	Scenari	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si
Controllo remoto	Autom. scenari e azioni program.	--	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--	--	--	--	Si	--
	Controllo carichi	Si	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	Si	--	--
	Verifica stato temperatura	Si	Si	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Programmazione clima	Si	Si	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Segnalazioni di allarme	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Risparmio energetico	Attivazione gruppi e scenari	--	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Diagnostica dispositivi	--	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gestione energia	--	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	--	--	--
	Programmazione carichi	--	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	--	--	--

Tab. 5.43 - Esempi di applicazione dei sistemi BUS e wireless.

I sistemi BUS superano anche un altro grande limite della tecnica tradizionale: l'incomunicabilità tra i vari impianti. Per esempio, è possibile programmare gli impianti di climatizzazione, illuminazione e chiusura tapparelle in modo da regolare automaticamente temperatura interna e luminosità, a seconda delle condizioni ambientali esterne.

L'interconnessione consente di ottenere più facilmente il monitoraggio dell'edificio o dei suoi settori. Tramite un quadro sinottico, un terminale, un PC, è possibile avere la situazione dei consumi, il rilevamento di correnti e tensioni in determinati rami della rete, l'intervento di interruttori automatici, il livello di liquidi, il controllo accessi e gli allarmi tecnici. Mediante modem, sia per rete fissa a tecnologia ISDN o ADSL sia per rete mobile GSM, è possibile la gestione completa di un impianto BUS via Internet.

Sono disponibili in commercio i seguenti tipi di BUS, in genere incompatibili tra di loro e caratterizzati da un diverso tipo di protocollo, ovvero la possibilità di leggere la logica associabile a tutte le diverse possibili successioni degli impulsi elettrici che si scambiano le diverse apparecchiature.

I BUS **proprietary** ovvero codificati secondo protocolli brevettati da una singola azienda (per esempio, il sistema SCS della bticino). In genere i proprietari sono semplici da configurare in quanto rispondono a una specifica esigenza studiata per specifici servizi.

I BUS **aperti**, codificati secondo regole standardizzate adottate da consorzi di aziende, permettono di realizzare sistemi più articolati. In ambito impiantistico europeo, il BUS aperto più diffuso è quello che segue i protocolli definiti all'interno del consorzio EIBA (European Installation Bus Association) che ha il compito di sviluppare lo standard EIB (European Installation Bus), poi confluito nello standard europeo EIB/KONNEX (EIB/KNX) al quale in Italia aderiscono ABB, bticino, Gewiss, Siemens, Vimar, Wieland e altre aziende. Il BUS EIB/KNX è una soluzione aperta e come tale offre un'importante garanzia di interoperabilità (compatibilità tra prodotti EIB di differenti costruttori). Questo BUS è conforme alla normativa CEI EN 50090 (CEI 205), norma di riferimento per le soluzio-

ni BUS per la home e building automation. Tutti gli attuali dispositivi EIB, senza necessità di alcuna modifica, potranno essere utilizzati (collegandoli sullo stesso cavo) con i futuri prodotti.

Cablaggio. Nei sistemi BUS, il cablaggio viene drasticamente semplificato riducendosi al collegamento dei dispositivi in parallelo al BUS (connessione fisica), senza tener conto della loro associazione logica, ossia della loro funzione nell'impianto.

La configurazione delle linee (topologia) può essere scelta tra quattro diverse possibilità: a stella, a bus/multipiano, ad anello e a albero o una combinazione di queste, come mostrato nella fig. 5.66a. Non è necessario l'adattamento tramite opportune impedenze terminali delle linee della rete BUS.

Durante il cablaggio, per garantire l'affidabilità della trasmissione dei messaggi, è necessario tener conto:

- della distanza massima tra due dispositivi in funzione della sezione dei conduttori del cavo BUS;
- del massimo numero di componenti collegabili;
- della massima corrente assorbibile per ogni linea.

L'architettura di un sistema BUS EIB/KNX è rappresentato nella fig. 5.66b. Ogni linea è composta da un massimo di quattro segmenti, ognuno con un massimo di 64 dispositivi (totale di 256 dispositivi per linea). Dovendo utilizzare più di una linea, è possibile collegare alla linea principale fino a 5 linee derivate, per mezzo di altrettanti accoppiatori. Questa struttura è chiamata Area. Anche la linea principale può ospitare fino a 64 dispositivi.

L'EIB può essere ampliato per mezzo di una linea dorsale alla quale possono essere connesse al massimo 15 aree. Su un massimo di 15 aree possono lavorare assieme circa 64000 dispositivi (il numero reale dei dispositivi installabili dipende dall'alimentazione scelta in riferimento all'assorbimento totale degli stessi).

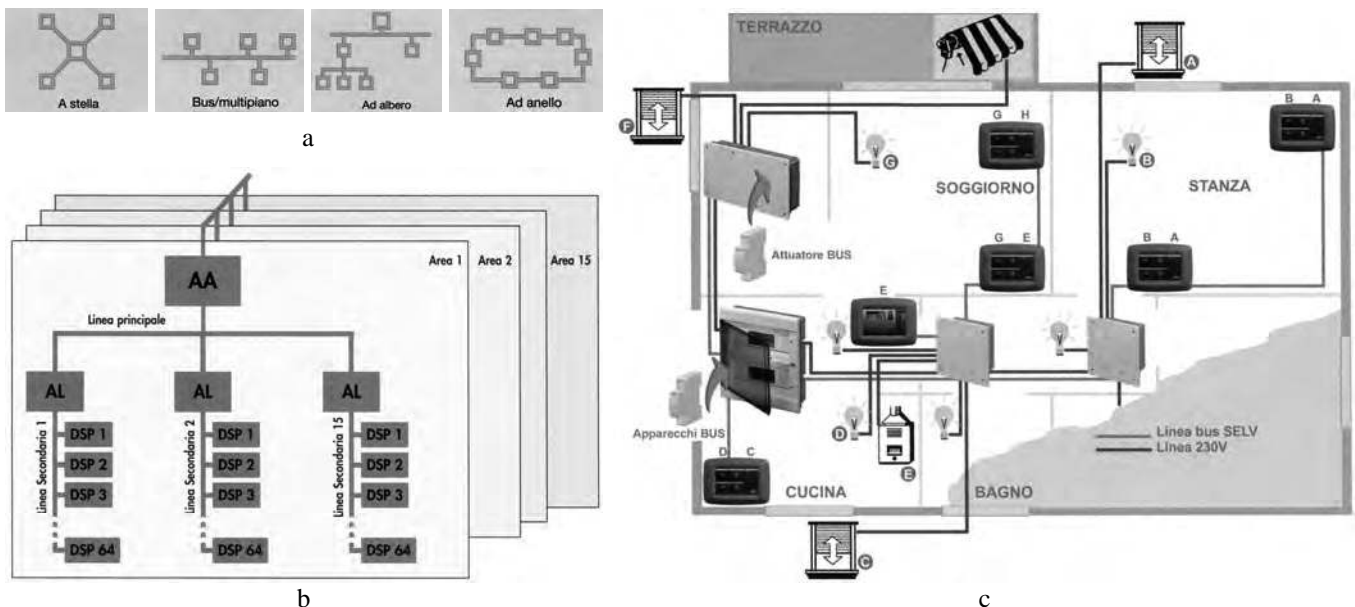


Fig. 5.66 - a) Configurazione delle linee (topologia) - b) Architettura di un sistema EIB/KNX: AA = accoppiatore di area o di campo, AL = accoppiatore di linea, DSP = dispositivo EIB/KNX, n. max. di aree = 15, n. max. di linee secondarie per area = 15, n. max. di dispositivi per linea secondaria = 64 (fino a 256 utilizzando ripetitori) - c) Esempio applicativo di un sistema BUS EIB (Gewiss).

I dispositivi possono essere collegati in qualsiasi punto della linea BUS, senza dover rispettare una precisa gerarchia. Ciascuna linea può avere qualsiasi topologia, purché siano rispettati i limiti massimi dimensionali.

Di seguito vengono riportati i vincoli che devono essere rispettati per la stesura di ogni linea (linea dorsale, linee principali, di area e linee secondarie):

- lunghezza totale: max. 1000 m, misurati sommando tutti i pezzi di cavo componenti la linea (limite superabile utilizzando ripetitori);
- distanza (misurata lungo il cavo) tra l'alimentatore ed ogni singolo dispositivo: max. 350 m;
- distanza (misurata lungo il cavo) tra due qualsiasi dispositivi: max. 700 m;
- numero di alimentatori per ogni linea: max. 2;
- distanza (misurata lungo il cavo) tra due alimentatori sulla stessa linea: min. 200 m.

Per gli impianti EIB è estremamente importante utilizzare un cavo che soddisfi le prescrizioni stabilite dallo standard; in questo modo si è certi che vengano garantite le caratteristiche tecniche-prestazionali del sistema: si consiglia l'uso di cavi certificati EIB. Il cavo usato può essere di tipo telefonico twistato (attorcigliato), a una o due coppie, di sezione $<1 \text{ mm}^2$, con o senza schermo metallico, e isolamento pari a quello dei conduttori di alimentazione a 220/230 V.

L'installazione potrà essere effettuata in tubi, canali e condotti separati, oppure utilizzando quelli nei quali transitano gli altri conduttori: in quest'ultimo caso, sarà opportuno ricorrere al cavo schermato.

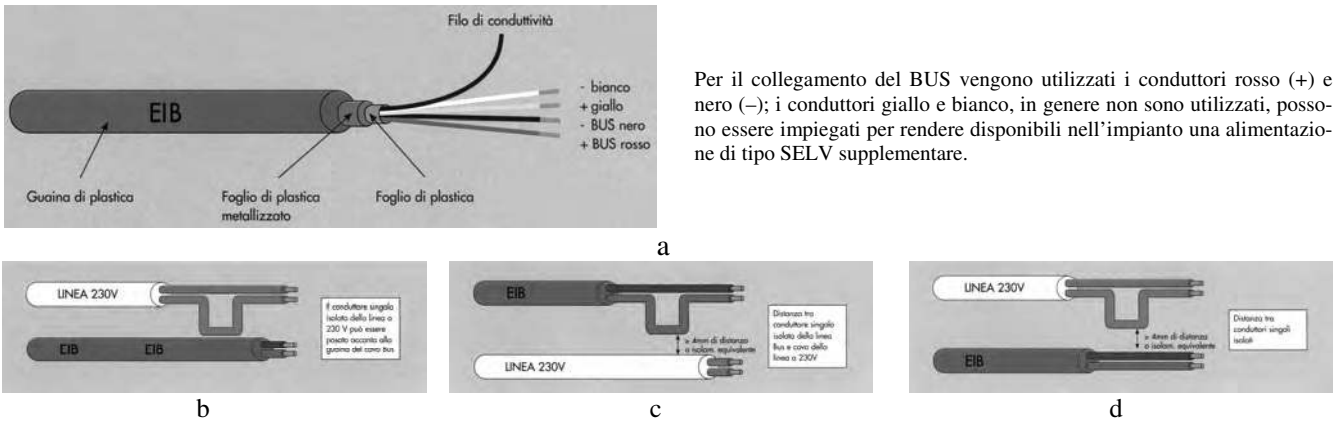


Fig. 5.67 - a) Esempio di cavo per il collegamento del BUS EIB - b) - c) - d) Posa delle linee. Per la posa delle linee BUS si devono rispettare, in funzione dei casi, opportune distanze installative dalle linee di energia (Gewiss).

Nella fig. 5.68a vengono mostrati i collegamenti di un sistema BUS a 2 conduttori twistati nei quali l'alimentazione in corrente continua è sovrapposta ai segnali digitali e a 4 conduttori di cui due twistati (fig. 5.68b) nei quali viene separata. Con l'alimentazione separata è possibile ottenere un "BUS differenziale" poco sensibile ai disturbi esterni e particolarmente utile in ambienti critici dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica.

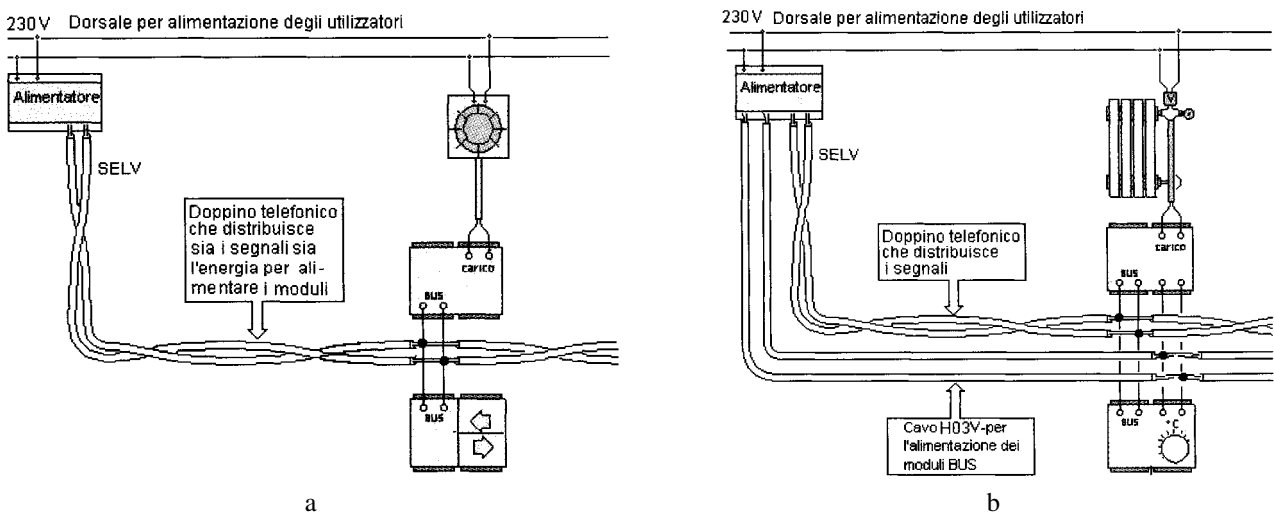


Fig. 5.68 - Collegamenti di un sistema BUS: a) Tipo a 2 conduttori - b) Tipo a 4 conduttori.

Nei sistemi BUS sono presenti uno o più alimentatori, in genere con tecnologia switching, con una tensione in uscita molto inferiore a 50 V. In virtù di ciò, di solito gli alimentatori sono certificati come sorgenti di tipo SELV per i quali è vietata la messa terra. Occorre però porre attenzione a un fatto importante: gli attuatori molto spesso si interfacciano, tramite contatti, con i circuiti di potenza a 220/230 V.

Affinché il BUS sia effettivamente SELV, occorre che i circuiti a 220/230 V siano opportunamente separati e che gli attuatori assicurino un'efficace separazione interna tra i due sistemi (quest'ultima condizione deve essere assicurata dal costruttore).

Oltre all'alimentatore, sono sempre presenti almeno due tipologie di apparecchi: i moduli di ingresso (o di comando) e i moduli di uscita (o attuatori).

In genere, i moduli di ingresso/uscita sono previsti per il montaggio su guida DIN nei centralini o negli armadi di distribuzione. Si stanno diffondendo, per i BUS domestici, apparecchi compatti che possono essere montati nelle ordinarie scatole porta apparecchi da incasso, come mostrato nella fig. 5.69a-b.

Per un'agevole installazione di un impianto BUS, si consiglia di disporre di un centralino maggiorato per posizionare sia le protezioni dell'impianto elettrico che gli apparecchi del sistema BUS; inoltre, conviene utilizzare cassette di derivazione aggiuntive, rispetto a quelle già previste per l'impianto elettrico, per posizionare gli attuatori BUS (vedere fig. 5.69b).

Indirizzamento. Una volta completato il cablaggio, l'installatore deve provvedere all'indirizzamento dei dispositivi. Questa operazione consiste nell'associazione di un codice, o indirizzo, a ogni dispositivo, ed eventualmente anche a famiglie, che consenta ai messaggi transitanti nella rete BUS di riconoscere e raggiungere senza errori i propri destinatari.

Esistono due tipi di indirizzi fisico e di gruppo, perché è possibile azionare sia un singolo attuatore sia un numero determinato di attuatori nello stesso momento con un solo segnale di comando (telegramma). Per esempio, premendo un pulsante è possibile comandare una sola lampada, ma anche un gruppo di lampade contemporaneamente.

Esistono, fondamentalmente, due metodi di configurazione che prevedono o meno l'uso di un software di configurazione. La tecnica che non prevede l'uso di un software è applicata ai sistemi più semplici e si avvale di configuratori meccanici numerati, da inserire in appositi connettori predisposti sugli apparecchi oppure di una serie di micro switch da predisporre su ON o OFF, formando un numero di codice a n. cifre binarie.

Per i sistemi più sofisticati, invece, è necessario agire mediante un software (per esempio, ETS) installato su PC e a sua volta interfacciato al sistema BUS mediante un'interfaccia seriale RS232C oppure USB. Alcuni costruttori prevedono, come mezzo intermedio, l'uso di un apparecchio configuratore munito di tastiera e display. L'operazione, in ogni caso, può essere realizzata facilmente anche prima di installare i dispositivi.

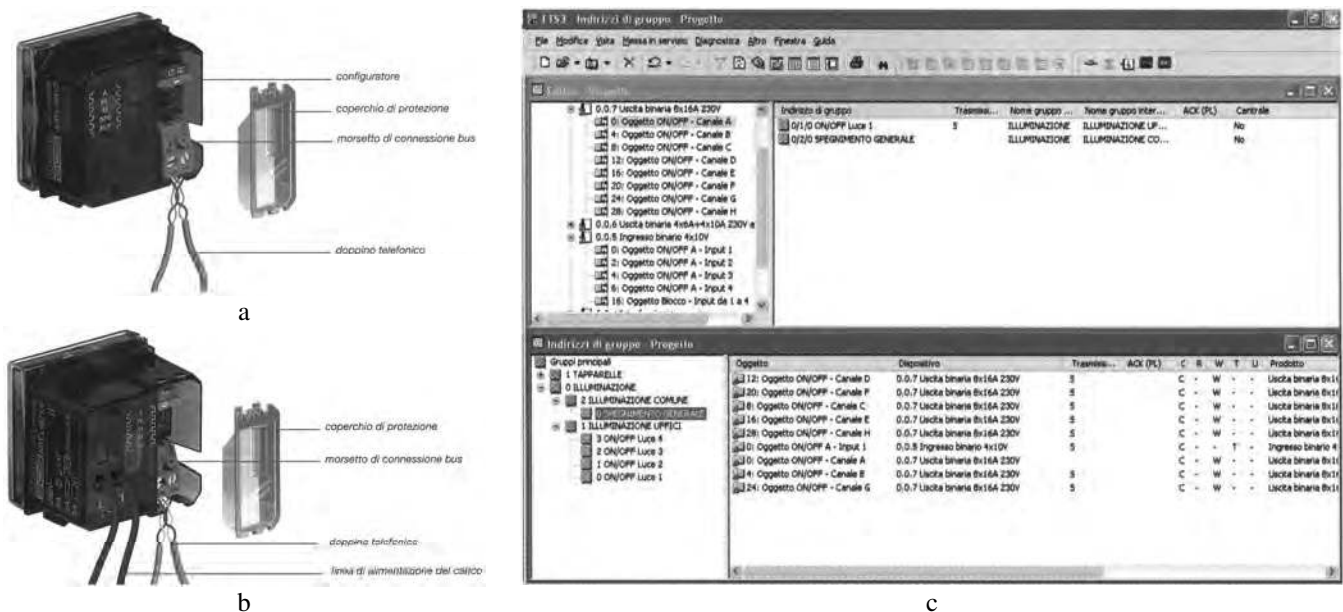


Fig. 5.69 - a) Esempio di indirizzamento BUS SCS mediante configuratore meccanico di un comando (bticino) - b) Esempio di indirizzamento BUS SCS mediante configuratore meccanico di un attuatore (bticino) - c) Esempio di software ETS (EIB Tool Software) attraverso il quale si creano i collegamenti logici necessari per la realizzazione delle funzioni desiderate (Gewiss).

Di seguito vengono presentati degli esempi riguardanti l'illuminazione, la climatizzazione e il controllo degli infissi, il controllo accessi, la gestione dei carichi elettrici, i sistemi antincendio e antipanico, i sistemi antintrusione e allarmi tecnici.

Impianto di illuminazione. I requisiti cui gli impianti di illuminazione devono rispondere hanno subito negli ultimi anni un notevole incremento. Una moderna installazione deve fornire la giusta quantità di luce al posto giusto e al momento giusto e, contemporaneamente, garantire economie di gestione, dimostrandosi flessibile.

In un impianto realizzato con una linea BUS, come mostrato nella fig. 5.70, si possono distinguere varie tipologie di funzioni; tra queste ne segnaliamo alcune di seguito.

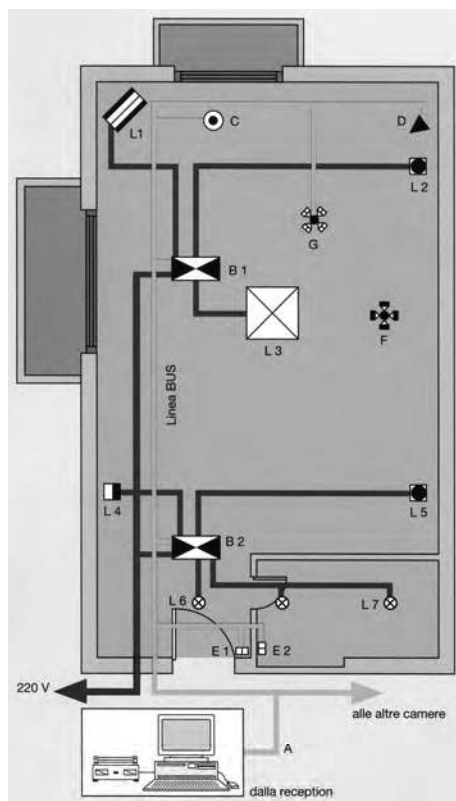
- La **personalizzazione**, ossia accensione, lo spegnimento e la regolazione degli apparecchi di illuminazione effettuati tramite telecomandi a raggi infrarossi (portatili o applicati alla parete) e pulsanti da incasso. Dopo aver acceso gli apparecchi di illuminazione da una stazione centralizzata è quindi possibile, utilizzando questi strumenti, parzializzare e regolare l'impianto di illuminazione come desidera l'utente, oppure secondo il contributo della luce diurna. In tal modo, il comfort visivo all'interno della stanza rimane sempre a un livello ottimale.
- La **temporizzazione**, attuata mediante temporizzatore, secondo programmazioni di tipo giornaliero, settimanale, mensile e annuale. Grazie a questa soluzione è possibile programmare l'impianto di un edificio in maniera che gli apparecchi si accendano, per esempio, ogni giorno dalle 8:00 alle 18:00, con esclusione della pausa, ed escludano l'accensione durante i fine settimana, i giorni festivi del mese e quelli di chiusura per ferie.

- L'**automazione** in relazione alla luce diurna. Si tratta di un'operazione realizzata con l'ausilio di interruttori fotoelettrici, che adeguano il livello di illuminamento interno in relazione a quello esterno, spegnendo o regolando gli apparecchi posti vicino alle finestre.
- L'**accensione automatica**, nel caso di rilevazione tramite sensore della presenza di persone in aree controllate, di uno o più apparecchi per un tempo programmato.

Nell'esempio riportato in fig. 5.70 viene mostrato un impianto di illuminazione per una stanza di un albergo. Gli attuatori periferici (in figura indicati con B1 e B2) sono collegati tra di loro attraverso una linea BUS che connette anche tutti i vari sensori (interruttore fotoelettrico e rivelatore di presenze), i comandi manuali (pulsanti e telecomandi) della stanza e la centralina di controllo (un PC oppure un pannello touch screen), posta nella reception dell'albergo. La linea BUS è separata galvanicamente da quella di alimentazione a 220/230 V.

Impianto di climatizzazione e controllo infissi. Data la tipologia, gli impianti di climatizzazione e controllo infissi vengono ormai affiancati ad un controllo di illuminazione. Quindi, nell'esempio che segue riportato nella fig. 5.71, inseriamo nella stanza d'albergo vista precedentemente anche queste due dotazioni. Alla linea BUS che viaggia parallelamente a quella del 220/230 V AC, si collegano due motori, con i relativi attuatori (nella fig. 5.71 A1 e A2) per l'azionamento delle tapparelle, e due fan coil (F1 e F2 a loro volta dotati di interfaccia BUS).

Il primo tipo di comando previsto è manuale, eseguito con due pulsanti doppi (P1 e P2) posti ai lati delle finestre. In questo caso, mediante le interfacce BUS, P1 comanda A1 e P2 comanda A2.



Legenda.

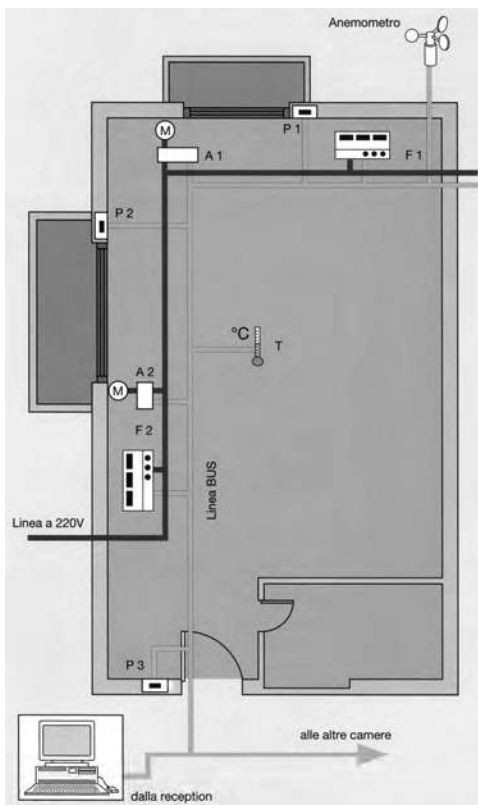
- Centralina di comando del sistema (per esempio, un PC, un pannello touch screen) per tutte le funzioni automatiche e di supervisione.
- Attuatori periferici per l'attuazione di tutti i comandi automatici o manuali: B1 controlla L1, L2, L3; B2 controlla L4, L5, L6, L7.
- Interruttore fotoelettrico per la regolazione automatica in funzione della luce diurna: accende e regola L3.
- Rilevatore di presenza persone per l'accensione automatica in aree controllate: accende L3, L6.
- Pulsanti di comando manuale fisso: E1 spegne (solo) tutto, E2 accende e spegne L7.
- Telecomando IR portatile a 3 canali per le accensioni e la regolazione dei corpi illuminanti: canale 1: accende e spegne L2, L3, L5; canale 2: accende e spegne L1, L4; canale 3: accende e spegne L2, L5.
- Ricevitore IR per la ricezione degli impulsi inviati dal telecomando.
- Apparecchi di illuminazione.

Fig. 5.70 - Impianto di illuminazione.

Un'altra funzione realizzabile è quella di legare l'innalzamento o la discesa delle tapparelle (apertura o chiusura di tende da sole esterne) alle condizioni atmosferiche. È necessario allora porre un anemometro sul tetto dell'albergo (o della casa) per rilevare la velocità del vento. L'avvicinarsi di un temporale mette in azione il sensore che, una volta superato il valore di soglia prefissato, manda un segnale attraverso il BUS, provvedendo all'innalzamento o all'abbassamento delle tapparelle (apertura o chiusura del tendone esterno parasole).

Programmando infine un altro pulsante (P3), è possibile, con lo stesso comando, azionare tutte le tapparelle presenti nella stanza. Tutte queste funzioni, con la tecnica di installazione tradizionale, richiedono l'uso di una grande quantità di cavi, mentre con il sistema BUS è sufficiente una sola linea.

Seguendo il medesimo principio, si realizza l'impianto di climatizzazione. Un unico termostato (T), comune ai fan coil (F1 e F2), determinerà l'accensione e lo spegnimento delle ventole, mandando in circolo il nuovo messaggio sul BUS, quando il valore rilevato si sarà discostato da quello impostato.



Legenda.

- A) Attuatori per l'azionamento delle tapparelle.
- F) Fan coil.
- P) Pulsanti doppi per il comando motori delle tapparelle: P1 comanda A1, P2 comanda A2, P3 comanda A1, A2, T.
- T) Termostato: comanda F1 e F2.

Fig. 5.71 - Impianto di climatizzazione e controllo infissi.

Inoltre, è possibile legare il comando generale di stanza delle tapparelle (P3) anche all'attivazione o disattivazione della climatizzazione, facendolo agire contemporaneamente sul termostato, semplicemente assegnando a quest'ultimo l'indirizzo "di gruppo" delle tapparelle.

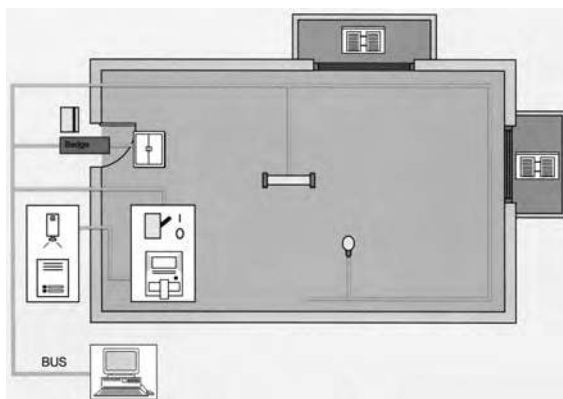
Anche in questo caso è possibile controllare lo stato della camera direttamente da un PC o touch screen posto nella reception dell'albergo. Una volta comparso sul terminale il messaggio che segnala la camera libera, è possibile trasmettere dei comandi, tramite tastiera o pressione di determinati punti sul display, che comanderanno la discesa delle tapparelle e l'abbassamento della temperatura di soglia del termostato.

Impianto di controllo accessi. Tra i dispositivi interfacciabili a sistemi BUS dediti alla gestione e al controllo degli accessi, la tecnologia mette ormai a disposizione una vasta gamma di soluzioni relative al controllo di presenza e alla relativa decodifica della persona transitata attraverso il varco.

Il sistema più sfruttato è il lettore di tessera magnetica, dispositivo a cui si fa riferimento nell'esempio riportato in fig. 5.72, data la sua diffusione in vari settori e applicazioni.

L'interfacciamento sulla linea BUS di un lettore di badge posto a controllo di un varco fornisce un valido sistema di gestione dei transiti tramite la lettura di una password (codice d'accesso) personale all'utente, cui si può eventualmente aggiungere un codice segreto da digitare su una tastiera per garantire l'accesso esclusivo al legittimo proprietario della tessera.

Diversi sistemi consentono inoltre la programmazione tramite BUS delle fasce orarie di abilitazione dei transiti, e la definizione di differenti tipi di password a seconda del tipo di utente al quale abilitare il passaggio.



- Posto esterno telecamera + citofono
- Posto interno Pulsante apertura porta + Monitor
- Elettromagnete in chiusura porta
- Pulsante di apertura porta
- Lettore di badge
- Badge
- PC per monitoraggio e controllo

Fig. 5.72 - Impianto di controllo accessi.

La soluzione che prevede l'uso del BUS presenta alcuni vantaggi, tra cui la possibilità del funzionamento autonomo del lettore di tessera anche in presenza di eventuali interruzioni sulla linea BUS, consentendo comunque l'apertura temporizzata o meno del varco, a prescindere dal malfunzionamento della comunicazione.

Gli accessi inviati sul BUS sotto forma di telegrammi possono essere memorizzati nell'archivio del PC di controllo, permettendo un facile monitoraggio di tutti i transiti avvenuti nel singolo locale (o in tutti i locali dell'edificio).

L'univocità legata al concetto di codice d'accesso (password) permette non solo la differenziazione dell'utente, ma anche l'abilitazione di specifiche utenze elettriche (impianto di illuminazione, di ventilazione, di riscaldamento) associabili all'utente stesso e correlate alla sua presenza nel locale.

L'applicazione al controllo accessi dei sistemi BUS risulta particolarmente efficace in presenza di un numero elevato di lettori di tessera e di correlazioni funzionali da associare all'avvenuto transito: abilitazione dei dispositivi di illuminazione, utenze elettriche particolari, servizi all'utente in possesso di codice d'accesso opportuno e così via.

L'esempio riportato nella fig. 5.72 ipotizza l'uso di un lettore di tessera magnetica, che comanda anche localmente l'apertura della porta e controlla il suo stato, e di un pulsante di apertura varco, gestiti entrambi dal sistema BUS; i segnali audio/video del videocitofono, invece, vengono inviati al posto interno su linea dedicata.

Il PC di controllo e supervisione collegato alla linea BUS provvede a verificare che, oltre all'attivazione del varco inviata dal pulsante posto sul citofono, ci sia anche la corretta lettura e decodifica della password, associata a quella della tessera magnetica. Infine, come è possibile notare dal progetto, possono essere connessi alla linea BUS altri dispositivi, come quelli di illuminazione.

Gestione di carichi elettrici. Una delle esigenze fondamentali risolte dai sistemi BUS è quella del controllo e della gestione degli impianti al fine di ridurre i costi di utilizzo delle risorse energetiche in funzione del comfort desiderato.

Tale applicazione prevede una gestione intelligente dei sovraccarichi inerenti al consumo, intervenendo automaticamente in tutti gli aspetti che riguardano il prelievo dell'elettricità, il suo corretto utilizzo e lo stacco dei carichi, programmati in relazione alle differenti funzioni decisionali (luminosità, temperatura, presenza persone, quantità di energia prelevata, priorità).

La funzione principale consiste dunque nella disabilitazione automatica, secondo un piano prefissato dall'utente, di uno o più apparecchi o macchine elettriche, al fine di abbattere le eventuali punte di potenza assorbita rilevate in un certo intervallo di campionamento prestabilito. La necessità di monitoraggio e controllo comporta l'ottimizzazione dei consumi che potrebbero determinare penalizzazioni in base al contratto di fornitura dell'energia. L'applicazione di tariffe differenziate in funzione delle fasce orarie di utilizzo, e ovviamente di prefissati livelli di consumo, è divenuta ormai una prassi comune in diversi Paesi europei e la tendenza in Italia è quella di estendere tale provvedimento.

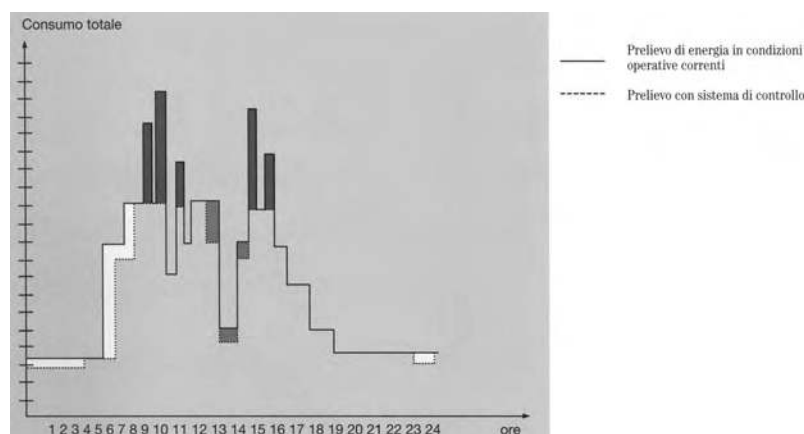


Fig. 5.73 - Consumo dell'energia elettrica nell'arco delle 24 ore.

L'algoritmo di calcolo più comune dei controllori di potenza di picco esegue la differenza tra l'energia totale disponibile nel periodo e quella già assorbita, dividendo poi il tempo restante al completamento del periodo di misura e ottenendo la potenza media assorbibile senza superare i limiti contrattuali.

Se la potenza media assorbibile risulta inferiore alla somma della potenza base non distaccabile, più la somma della potenza di tutti i carichi distaccabili, il sistema provvede a disinserire i carichi meno prioritari fino a raggiungere un valore di potenza inserito uguale o minore a quello della potenza disponibile fino a fine periodo.

Nella fig. 5.73 viene riportato in un grafico l'andamento del prelievo dell'energia in condizioni operative tradizionali, confrontati con quello ottenibile adottando un sistema BUS dedito all'ottimizzazione delle risorse.

In quest'ultima modalità, il controllo risulta particolarmente favorito dalla decentralizzazione delle funzioni di commutazione. Inoltre il sistema offre facile estensibilità e riconfigurabilità, consentendo la programmazione software delle correlazioni fra i vari fattori decisionali, come il tempo, la presenza effettiva di persone e i livelli (luminosità, temperatura, ecc.).

Nell'esempio riportato nella fig. 5.74 ci si riferisce ad un sistema BUS di gestione dei carichi elettrici che comprende, oltre al cuore del sistema costituito dal controllore di richiesta dell'energia (Power Demand Controller o PDC), una serie di utenze elettriche facilmente integrabili con il controllo: lampade, ventilatori, condizionatori e alcuni elettrodomestici (frigorifero e macchina del caffè).

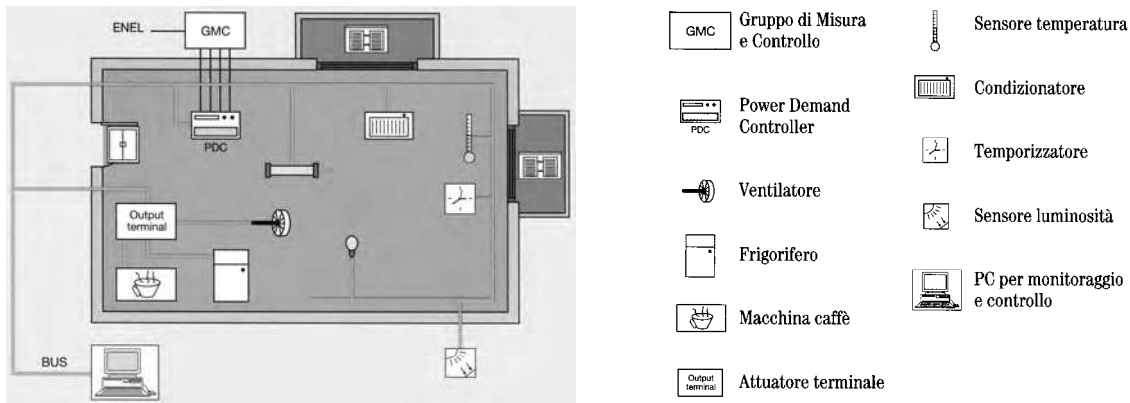


Fig. 5.74 - Impianto per la gestione di carichi elettrici.

Impianti antincendio e antipanico. I sistemi che vengono genericamente definiti antincendio vengono progettati e installati per agire in tre fasi distinte del fenomeno combustivo: la rivelazione, la segnalazione e l'intervento.

Per quanto riguarda la prima, normalmente l'impianto è in grado di discriminare i segnali provenienti da due diverse categorie di rivelatori, le quali si differenziano per la collocazione all'interno del locale.

Nel caso, per esempio, di una segnalazione proveniente da dispositivi collocati in posizioni ad alto rischio, vicino a porte e tendaggi di ingresso oppure a finestre, il sistema attiva le sequenze operative d'emergenza in tempi brevissimi. Invece, nell'eventualità di una segnalazione generata da apparecchi posti in aree meno pericolose, la procedura di attivazione automatica è meno rapida, per consentire un controllo da parte del personale addetto ed, eventualmente, far segnalare l'allarme ad un secondo rivelatore nella zona interessata.

L'impianto deve essere in grado di aprire automaticamente le porte in caso di emergenza; a questo scopo, ogni porta sarà equipaggiata con un elettromagnete a basso assorbimento per il mantenimento in chiusura (la forza sviluppata è di circa 500 N), il quale potrà essere disalimentato con un comando automatico remoto o per intervento manuale locale sul maniglione antipanico.

Inoltre, l'impianto, deve essere dotato di paletti di blocco meccanico con microinterruttore per la rilevazione dello stato, necessari per il serraggio durante i periodi di non utilizzo dei locali, ma da sbloccare a cura del personale al momento dell'apertura: l'operazione consente infatti la chiusura del microinterruttore e il trasferimento immediato dell'informazione alla centrale di controllo.

Le porte devono essere dotate di maniglione antipanico senza funzioni di blocco meccanico (che al momento della pressione apre un microinterruttore, disalimentando l'elettromagnete di mantenimento in chiusura) e di molle per l'apertura verso l'esterno quando non fossero attivi i sistemi di bloccaggio. L'impianto così concepito svolge attività di controllo e verifica sia all'inizio sia durante il normale periodo di attività del locale o dell'edificio.

Inizialmente il sistema controlla le porte di sicurezza, che devono risultare non bloccate da vincoli meccanici e mantenute chiuse esclusivamente da dispositivi elettrici (elettromagnete eccitato).

Se l'operazione ha avuto esito positivo, viene dato il consenso all'alimentazione di utenze specifiche (illuminazione, impianti di amplificazione sonora, ecc.). Durante l'attività, il sistema compie un ciclo continuo di verifiche, controllando costantemente le condizioni di sicurezza riguardanti le porte e i rivelatori di incendio, eventualmente su due o più livelli di priorità.

Nel caso d'emergenza accertata, l'impianto attiva automaticamente l'accensione delle luci nel locale e disattiva le utenze specifiche, avvertendo così i clienti o il pubblico dello stato di pericolo. Infine, apre automaticamente le uscite di emergenza, riducendo così la possibilità di incontrollate manifestazioni di panico.

Nell'esempio riportato nella fig. 5.75, viene mostrato un impianto antincendio e antipanico realizzato con sistema BUS in un locale generico. All'unica linea riservata al comando e al controllo vengono collegati in parallelo tutti i dispositivi: i sensori di incendio (in questo caso specifico sono rivelatori di fumo) a priorità duplice, A e B, l'elettromagnete di chiusura della porta di sicurezza e il relativo microinterruttore per il rilievo dello stato di apertura.

ra/chiusura, una sirena d'allarme e un PC che svolge la funzione di centrale di controllo. Sono infine connessi alla linea BUS anche gli apparecchi di illuminazione da correlare all'impianto antincendio.

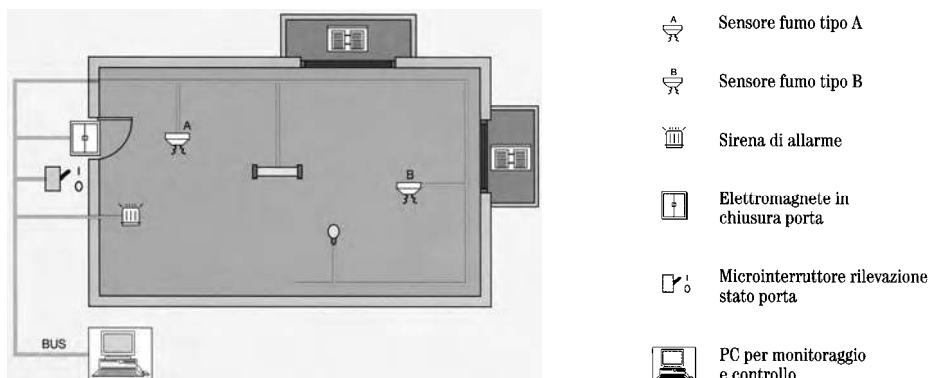


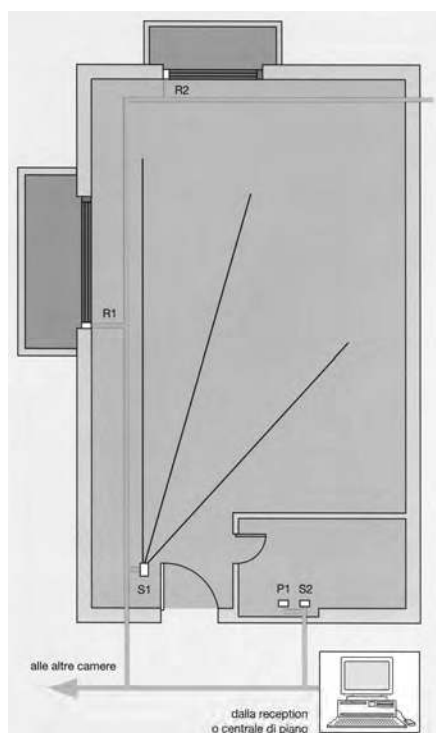
Fig. 5.75 - Impianto antincendio e antipanico.

Impianti antintrusione e allarmi tecnici. Un sistema antintrusione e allarmi tecnici ha generalmente questi scopi fondamentali: sorvegliare gli accessi a un edificio, proteggerne gli interni utilizzando, rispettivamente, una rilevazione perimetrale e una volumetrica, comandare e gestire gli allarmi tecnici.

La realizzazione mediante tecnica BUS non differisce molto da quella tradizionale, se non per la diversa concezione del cablaggio. L'impianto è in grado di svolgere molteplici funzioni.

- Antintrusione: rilevando e segnalando con allarmi locali sonori e/o luminosi un tentativo di effrazione in modo selettivo su diverse zone dell'edificio, che possono essere attivate o disattivate separatamente, operando sia dalla centrale sia da punti di controllo periferici.
- Antirapina o antipanico: attivando segnalazioni a distanza verso l'esterno con un combinatore telefonico e/o con ponti radio in caso di rapina o malore.
- Allarmi tecnici: rilevando fughe di gas e allagamenti e, quindi, attivando mezzi di segnalazione predefiniti e un allarme alla centrale. Inoltre, ove possibile, intervenendo con strumenti automatici come elettrovalvole per limitare i danni o evitare situazioni di pericolo. Questa funzione può integrare anche il sistema antincendio, consentendo la realizzazione di un impianto multifunzionale.
- Antisabotaggio: rilevando un tentativo di sabotaggio o il guasto di un elemento particolare e quindi attivando immediatamente un allarme.

L'esempio mostrato in fig. 5.76 prevede la sola alimentazione di rete per la centrale, mentre gli elementi periferici vengono alimentati dal BUS.



Legenda.

- P) Pulsante antimalore.
 R) Sensori antiapertura e antisfondamento per le porte finestre collegati al BUS tramite interfaccia.
 S) Rivelatori volumetrici a infrarossi passivi antintrusione.

Fig. 5.76 - Sistema antintrusione e allarmi tecnici.

Attraverso quest'ultima linea, la centrale interroga permanentemente tutti i sensori, utilizzando i vari indirizzi locali di cui ciascuno è dotato: ognuno risponde inviando la segnalazione del proprio stato.

In questo modo, alla centrale è possibile rilevare facilmente eventuali manomissioni e malfunzionamenti, nel caso di mancate risposte.

L'esempio cui si fa riferimento in questa scheda è una stanza d'albergo, protetta con un sensore volumetrico a infrarossi passivi (S1) per la rilevazione di intrusi, e con un sensore di allagamento (S2) per il controllo di eventuali perdite di acqua nel bagno (in un'abitazione, per esempio, nella cucina).

Le porte finestre sono protette contro l'apertura e/o lo sfondamento da due sensori (R1 e R2) collegati al BUS tramite un'interfaccia.

In bagno, infine, è previsto un pulsante (P1) antimalore per trasmettere un allarme alla centrale. Tutti gli allarmi sono poi riportati alla postazione di controllo situata nella reception ed eventualmente ripetuti su ogni piano.

5.36 Impianti di comando wireless

Le apparecchiature per il collegamento mediante onde radio (wireless) rappresentano un'importante risorsa per lo sviluppo della domotica, sia per la realizzazione di integrazioni di servizi in edifici vecchi sia per completare o aggiornare impianti esistenti. I campi di impiego nell'ambito dei comandi e dei controlli a radio frequenza (RF), che comportano trasmissioni di potenze irrisorie, sono teoricamente illimitati, nel senso che tutto ciò che può essere trasmesso su supporto filare può esserlo anche mediante onde elettromagnetiche.

Tuttavia l'uso delle onde radio va inteso come un mezzo ausiliario dando priorità, ove possibile, agli impianti cablati (tradizionali o BUS); infatti la connessione wireless è più costosa e lo spettro delle onde radio è una risorsa a capacità finita, utilizzabile senza particolari autorizzazioni e controlli solo nell'ambito di certe frequenze e con potenza limitata in modo da interessare raggi di azione nell'ordine di qualche decina di metri (max. 100 in campo libero). Tra le principali applicazioni possiamo segnalare: telecomandi mobili, impianti antintrusione, integrazione di automatismi scambio dati, cordless.

In particolare si possono suddividere in tre livelli di complessità.

Nel primo livello sono previsti i casi più semplici di comando a tutto o niente (luci, tapparelle, riscaldamento, antintrusione): basta sostituire la presenza o assenza della corrente con la presenza o assenza delle onde radio che non necessitano di modulazione; si possono sfruttare treni d'onda a diversa frequenza per comandare, con uno stesso trasmettitore, diversi attuatori il cui ricevitore è sintonizzato su una delle frequenze.

Nel secondo livello troviamo quegli impianti per la trasmissione di segnali in fonìa o video (videocitofonia, cordless, segnali da monitor a monitor, ecc.): le onde radio vengono modulate in ampiezza, frequenza o fase per trasmettere segnali analogici.

Al terzo livello trovano posto gli impianti con il massimo della complessità: la trasmissione viene effettuata mediante treni d'onda a impulsi codificati con determinati protocolli che rendono i collegamenti senza fili idonei al colloquio con computer o componenti collegati da sistemi seriali.

L'impiego dei radiocomandi è indispensabile in particolari situazioni, come quelle mostrate nella fig. 5.77.

In particolare, negli edifici soggetti a sorveglianza dello Stato per particolari valori artistici o culturali, ove è tassativamente vietato incassare tubi o deturpare pareti con cavi a vista, gli interruttori a radiocomando costituiscono l'unica risorsa possibile.

L'impiego attualmente più frequente è per la realizzazione di impianti antintrusione in case dove non esiste predisposizione per la posa di conduttori.

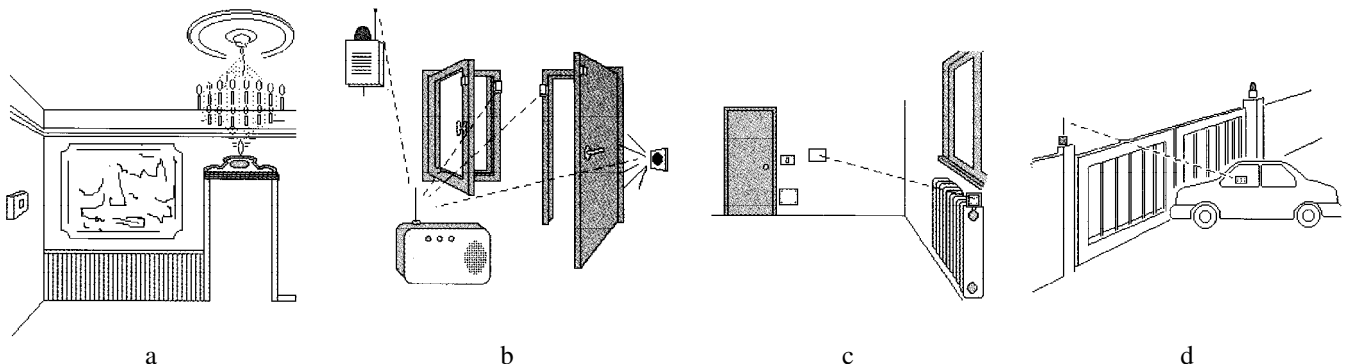


Fig. 5.77 - Principali applicazioni dei comandi wireless: a) Luoghi nei quali è impossibile installare cavi - b) Impianti antintrusione - c) Gestione riscaldamento e condizionamento - d) Chiavi elettroniche per cancelli motorizzati.

Con la tecnologia wireless, diventa semplice offrire piccole soluzioni d'automazione orientate alla domotica o apportare sostanziali miglioramenti all'impianto elettrico esistente.

Di seguito, vengono presentati degli esempi applicativi (proposti dalla ditta Gewiss), che sintetizzano alcune delle molteplici soluzioni offerte dal sistema wireless.

Le pulsantiere, i radiocomandi, i sensori e i cronotermostati funzionano normalmente con due batterie tipo AAA, mentre i ricevitori che sono collegati agli attuatori normalmente devono essere alimentati a 220/230 V AC.

Il sistema utilizza una trasmissione dati di tipo impulsivo: i dispositivi scambiano informazioni a radiofrequenza con bassa potenza e solamente per il brevissimo periodo di trasmissione, con un risparmio delle batterie e un tempo molto limitato di occupazione della banda di frequenza.

Lo stato di carica della batteria è indicato dal lampeggio del LED (presente al centro del tasto) che, inoltre, permette di visualizzare l'avvenuta trasmissione del segnale RF.

Esempio 1. Nel locale generico indicato in fig. 5.78a, il carico luminoso è comandato dall'unico interruttore indicato con "A". Per motivi di comodità, a seguito dell'apertura di un passaggio per il locale adiacente, si vuole aggiungere un altro apparecchio di comando nella posizione indicata con "B", come mostrato nella fig. 5.78b.

Nella fig. 5.78c viene mostrata la soluzione che prevede l'aggiunta dei seguenti dispositivi senza dover eseguire interventi edili: pulsantiera - TX ad 1 canale (posizione B) per la trasmissione del comando a radiofrequenza al ricevitore; ricevitore - RX ad 1 canale (posizione A) per la ricezione del comando a radiofrequenza e l'accensione del carico luminoso. Si conserva l'interruttore esistente.

Con l'aggiunta dei dispositivi indicati, si evita di eseguire qualsiasi modifica alle opere murarie, dato che la pulsantiera - TX si installa a parete mentre il ricevitore - RX si installa nella scatola già presente.

I collegamenti da effettuare riguardano solamente il ricevitore - RX, collegato alla linea del carico e all'apparecchio di comando precedentemente installato. L'alimentazione a 230 V richiesta per i ricevitori è facilmente ricavabile dall'impianto esistente.

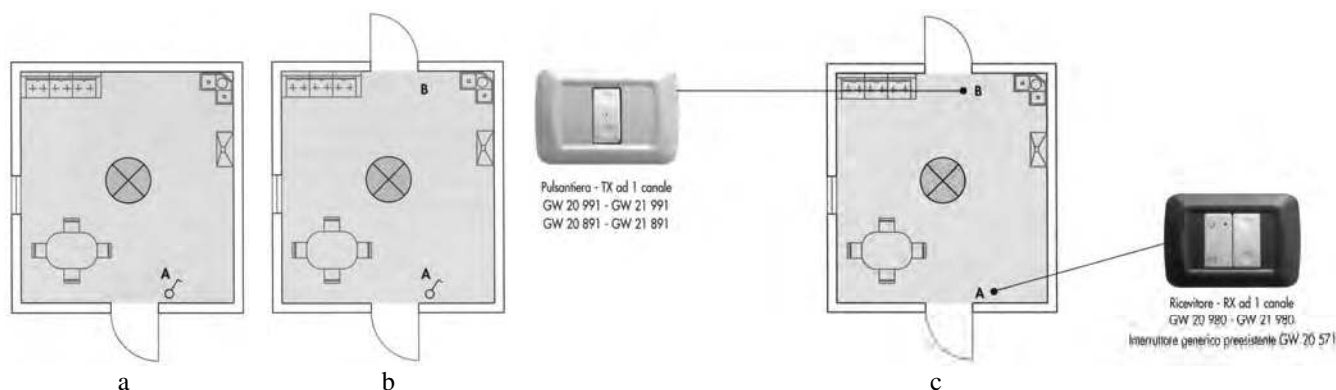


Fig. 5.78 - Esempio di applicazione: aggiunta di un punto di comando.

Esempio 2. Nel locale indicato nella fig. 5.79a, la presa di energia generica indicata con "A" deve essere adibita per il controllo di una lampada a stelo.

Deve essere possibile, oltre al comando ON/OFF, effettuare anche la regolazione dell'intensità luminosa mediante il dimmer della lampada.

Le operazioni si devono poter eseguire tramite un apparecchio di comando ubicato nella zona "B" e per mezzo di un telecomando.

Nella fig. 5.79b viene mostrata la soluzione che prevede l'aggiunta dei seguenti dispositivi: pulsantiera - TX 1 canale (posizione B) per comando e regolazione; ricevitore - RX ad 1 canale (posizione A) per la gestione del dimmer; dimmer elettronico a pulsante (posizione A) dimmer tradizionale collegato alla presa di energia; telecomando - TX per comando e regolazione della lampada a stelo. La presa di energia precedentemente installata si mantiene per il collegamento alla lampada.

Con l'aggiunta dei dispositivi indicati, si evita di eseguire qualsiasi modifica alle opere murarie, dato che la pulsantiera - TX si installa a parete, mentre il ricevitore - RX e il dimmer tradizionale si installano nella scatola già presente.

Nella scatola da incasso "A" il ricevitore - RX è collegato al dimmer tradizionale, il quale gestisce la presa comandata. L'alimentazione a 230 V richiesta per questi dispositivi è facilmente ricavabile dall'impianto esistente.

Tramite una semplice operazione di autoapprendimento, sarà possibile abbinare al ricevitore - RX anche il telecomando - TX. Nella presa il carico luminoso deve essere compatibile con le caratteristiche elettriche del dimmer e del ricevitore - RX.

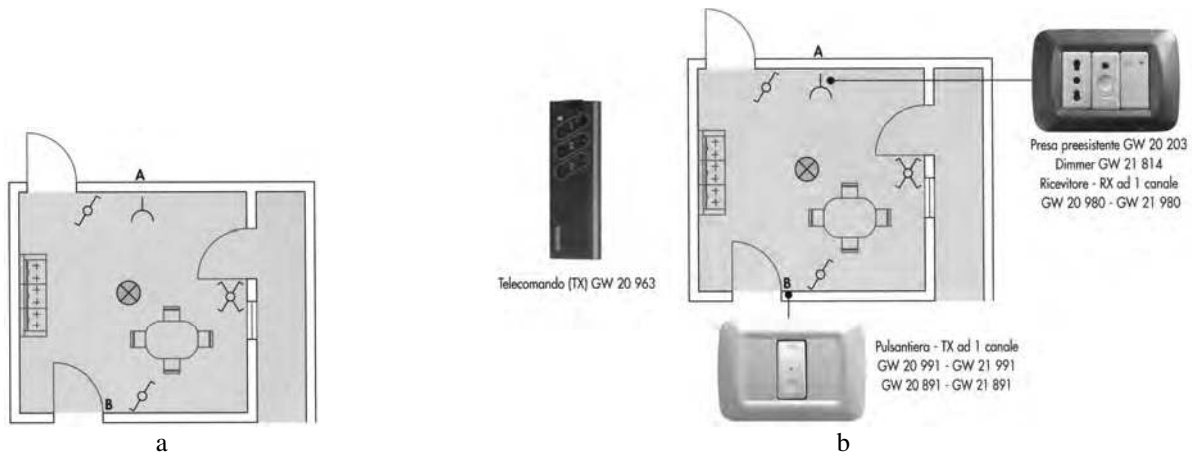


Fig. 5.79 - Esempio di applicazione: creazione di un punto presa comandato.

Esempio 3. I locali mostrati in fig. 5.80a rappresentano una cucina ed un soggiorno in cui è necessario effettuare le seguenti aggiunte: in soggiorno (posizione A), un cronotermostato per il comando tramite RF della caldaia; in cucina (posizione B), un rivelatore di gas per il comando tramite a RF dell’elettrovalvola per la chiusura del gas.

Nella fig. 5.80b viene mostrata la soluzione che prevede l’aggiunta dei seguenti dispositivi: cronotermostato da parete (posizione A) per la gestione del climatizzatore e l’azionamento del ricevitore; due ricevitori - RX ad un canale, uno per il collegamento all’elettrovalvola gas e uno per il collegamento alla caldaia; rivelatore di gas CH₄ (metano) tradizionale (posizione B); trasmettitore - TX per ingressi convenzionali (posizione B) per interfacciare al sistema RF il rivelatore di gas. Con l’aggiunta dei dispositivi indicati, si evita di eseguire qualsiasi modifica alle opere murarie, dato che il cronotermostato si installa a parete, mentre i ricevitori - RX si possono installare nelle scatole da parete o da esterno già presenti nell’impianto.

Dopo le opportune semplici operazioni di configurazione, in base agli eventi registrati, il cronotermostato e il rivelatore di gas controllano i rispettivi ricevitori - RX per l’attivazione della caldaia e dell’elettrovalvola.

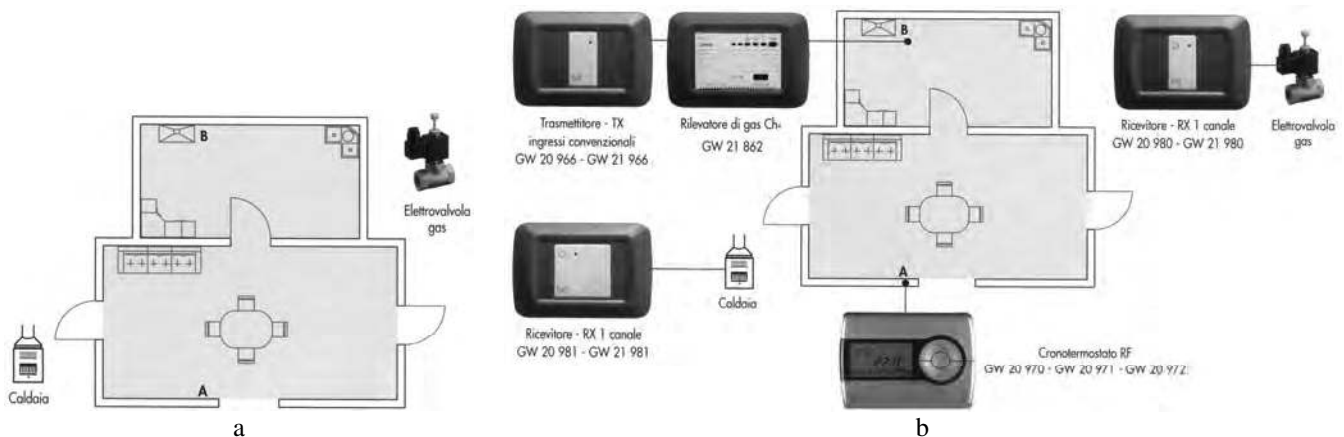


Fig. 5.80 - Esempio di applicazione: aggiunta del cronotermostato e del rivelatore di gas.

Esempio 4. Nel locale mostrato nella fig. 5.81a sono indicate tre tapparelle motorizzate A, B e C, ed una tenda da sole indicata con D. Per quanto riguarda le tapparelle, la richiesta è quella di dover installare, oltre ai comandi locali (posizione 2 e 3), un comando centralizzato con funzione di “GIÙ TUTTO” nella posizione indicata con 1. Per la tenda da sole, si richiede il comando locale (posizione 3) in aggiunta alla protezione automatica contro il vento con anemometro.

Nella fig. 5.81b viene mostrata la soluzione che prevede l’aggiunta dei seguenti dispositivi: pulsantiera - TX 1 canale (posizione 1) per il comando centralizzato; pulsantiera - TX 2 canali (posizione 2) per comando tapparelle A e B; pulsantiera - TX 2 canali (posizione 3) per il comando della tapparella C e tenda D; quattro comandi per motori - RX (posizione A-B-C-D) per la commutazione dei relativi motori; modulo - TX per ingressi convenzionali (posizione D) per interfacciare al sistema RF l’anemometro.

Con l’aggiunta dei dispositivi indicati, si evita di eseguire qualsiasi modifica alle opere murarie, dato che la pulsantiera - TX si installa a parete, mentre il modulo - RX per il comando motori e il modulo - TX per ingressi convenzionali possono essere installati nel cassetto per le tapparelle.

Una volta collegati i moduli per i motori - RX e il modulo interfaccia - TX (quest'ultimo si collega ad un anemometro comunemente reperibile sul mercato), si procede con la fase d'autoapprendimento; subito dopo i dispositivi sono pronti per funzionare.

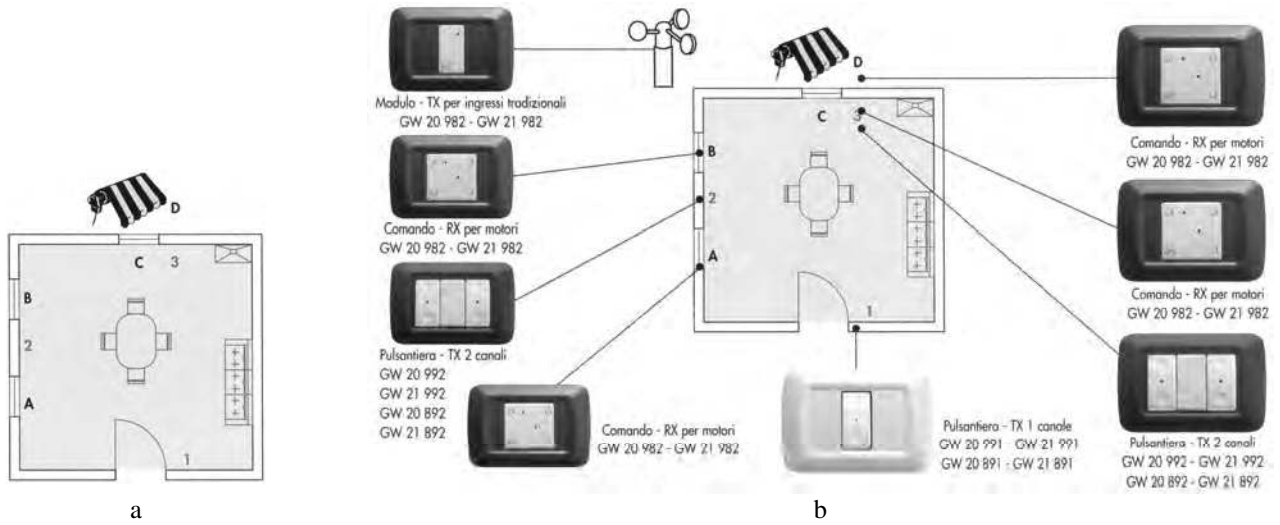


Fig. 5.81 - Esempio di applicazione: gestione centralizzata tapparelle e tende motorizzate.

Esempio 5. La richiesta di gestire da remoto l'impianto di riscaldamento/condizionamento è in forte aumento, ma non sempre è disponibile la linea telefonica tradizionale (trattandosi, per esempio, della seconda casa). Oggi con l'utilizzo di un comunicatore telefonico GSM, è possibile attivare/disattivare l'impianto di riscaldamento/condizionamento, come mostrato nella fig. 5.82a.

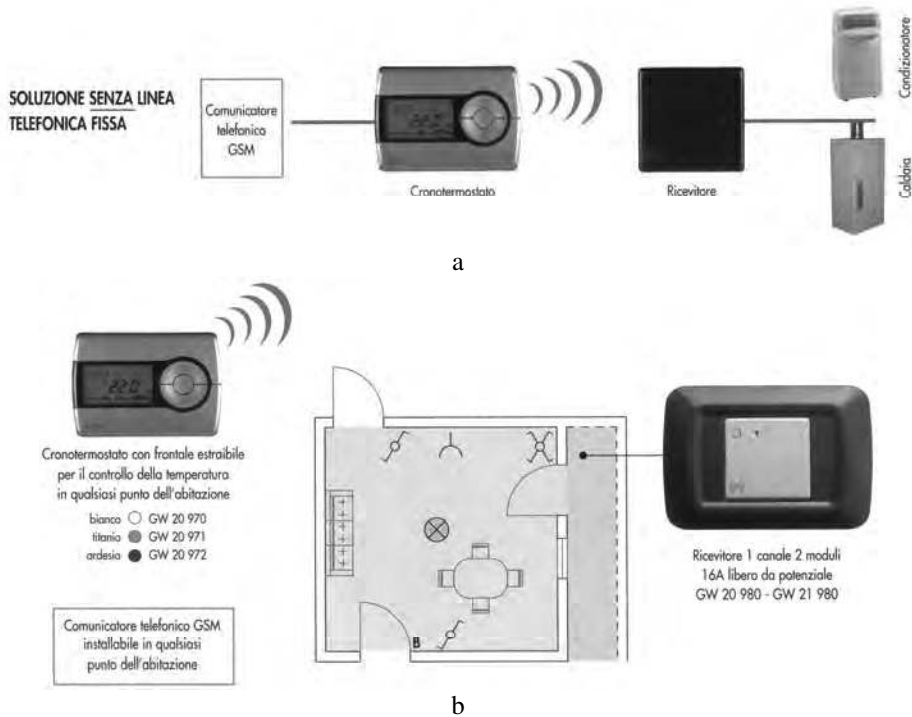


Fig. 5.82 - Esempio di applicazione: attivazione riscaldamento/condizionamento via telefono GSM.

Nella fig. 5.82b viene mostrata la soluzione che prevede l'aggiunta dei seguenti dispositivi: cronotermostato da parete; ricevitore - RX ad un canale per collegamento alla caldaia/condizionatore; comunicatore telefonico GSM reperibile in commercio.

Per le applicazioni multimediali d'appartamento del livello di quelle ottenibili con il sistema BUS o con il cablaggio strutturato, si può fare riferimento alla guida CEI 100-119 che tratta le applicazioni WLAN (Wireless Local Area Network) e WPAN (Wireless Personal Area Network): l'applicazione WLAN è pertinente all'ambito terziario, industriale o domestico anche per servizi complessi; l'applicazione WPAN (Wireless Personal Area Network) riguarda un'operatività più semplice in ambito domestico, ma sempre con possibilità di connessioni a reti di telecomunicazione e trasmissione dati.

5.37 Impianti antintrusione

Il problema della sicurezza e della difesa delle abitazioni da furti e scassi diventa sempre più pressante dal momento che ogni giorno aumenta il numero di denunce per furti in appartamento.

Le abitazioni che restano incustodite per molte ore al giorno possono essere protette da questo pericolo utilizzando:

- **protezioni passive** costituite da recinzioni, inferriate, porte blindate che hanno lo scopo di bloccare o perlomeno rallentare i tentativi di intrusione;
- **protezioni attive** costituite da apparecchiature elettroniche in grado di rilevare presenze di persone o tentativi di scasso e generare dei segnali di allarme.

Il grande sviluppo e la miniaturizzazione sempre più all'avanguardia, che ha caratterizzato la ricerca nel campo dell'elettronica, dà oggi la possibilità di avere sistemi di allarme attivi di grande affidabilità e precisione a costi relativamente contenuti.

Questi sistemi attivi, che rilevano le intrusioni e generano segnali di allarme, combinati con le protezioni passive, rallentano l'avanzata degli eventuali intrusi e offrono un elevato grado di protezione.

Per i nuovi edifici residenziali si sta diffondendo, per quanto detto precedentemente, il criterio di fornire all'utente unità abitative dotate di svariati servizi e, quindi, oltre agli impianti visti precedentemente, si tende ad offrire anche sistemi antintrusione ed antifurto (porte blindate, segnalazione di allarme, ecc.). Questa tendenza si riscontra sia nella costruzione di un certo prestigio sia nella ristrutturazione di vecchi stabili.

Naturalmente la sicurezza contro i furti ha un costo, proporzionale all'entità dei beni da proteggere. Prevedere in sede progettuale anche il sistema antintrusione rientra nel quadro della razionalità nella progettazione e realizzazione degli impianti elettrici.

Diventa indispensabile la collaborazione tra l'operatore della sicurezza e l'installatore di impianti elettrici; i due settori sono diversi, ma richiedono entrambi alte professionalità, sintetizzabili nella conoscenza e nell'applicazione delle norme CEI.

Nell'ambito degli impianti d'allarme, la norma CEI a cui fare riferimento è la 79-3: "Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione. Norme particolari per il controllo degli accessi", in cui vengono date le indicazioni da applicare nella realizzazione di un impianto antintrusione.

Questa normativa suddivide gli apparecchi e gli impianti antintrusione in tre livelli di prestazioni, in base alle loro caratteristiche ed in base alla severità delle prove superate.

Il primo livello di protezione è assegnato agli impianti più semplici, mentre il terzo livello identifica gli impianti più complessi, adatti alla protezione di banche, gioiellerie, aree militari, ecc.

La norma riporta i metodi di calcolo utilizzati per determinare il livello di protezione degli impianti in base al tipo di apparecchiature utilizzate ed alla loro installazione.

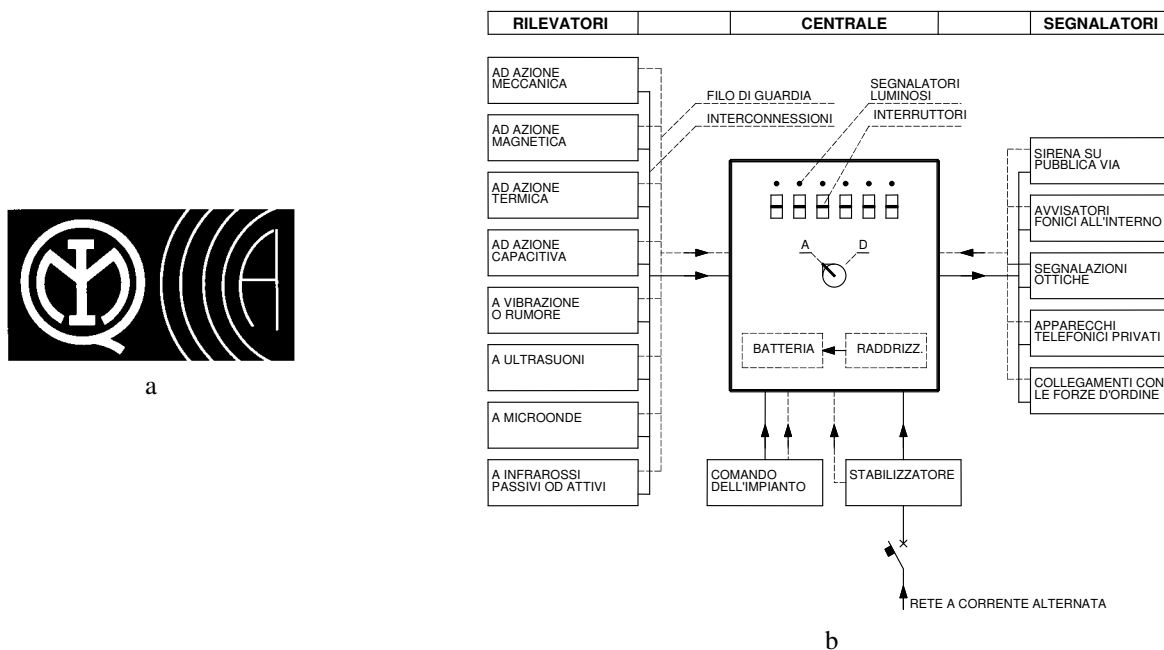


Fig. 5.83 - a) Marchio "IMQ allarme" - b) Schematizzazione di un impianto di allarme. Per l'allacciamento alla rete a corrente alternata le norme raccomandano di utilizzare un interruttore automatico indipendente dal restante impianto elettrico, o preferibilmente, un interruttore differenziale a media sensibilità $I_{dn} > 30 \text{ mA}$ per meglio assicurare la protezione contro i contatti indiretti.

Come tutti gli impianti, anche quelli antintrusione, oltre alla normativa specifica, devono soddisfare i requisiti generali della norma CEI 64-8, del D.M. n. 37/2008 e così via.

L'installatore può verificare la piena rispondenza normativa delle apparecchiature tramite la presenza del marchio "IMQ allarme" (vedere fig. 5.83a).

Il marchio garantisce che i dispositivi sono pienamente rispondenti ai requisiti ed hanno superato le prove riportate nella norma CEI 79-2, "Norme particolari per gli apparecchi".

Questa norma riporta le caratteristiche costruttive fondamentali e le prove che i vari apparecchi costituenti un impianto antintrusione devono superare.

L'utilizzo di apparecchiature rispondenti alle norme non garantisce di per sé che l'impianto antintrusione sia realizzato a regola d'arte; infatti, possono venire commesse delle mancanze in fase installativa.

Assume quindi un'importanza rilevante il personale specializzato che realizzerà l'impianto e ne garantirà la corretta installazione.

A tal fine è prevista la possibilità di registrazione delle ditte installatrici presso l'Istituto del Marchio di Qualità (IMQ), il cui regolamento prevede, oltre alle modalità di iscrizione, anche una serie di disposizioni a cui la ditta deve sottostare. L'Istituto Italiano del Marchio di Qualità effettuerà poi un controllo a campione degli impianti realizzati.

Nella fig. 5.84 viene rappresentato un impianto di allarme nelle sue parti fondamentali.

Gli impianti antifurto, o più propriamente antintrusione, possono essere suddivisi nei tipi volumetrico o perimetrale; in entrambi i casi questi impianti sono formati dai seguenti elementi:

- i **rivelatori**, ossia i dispositivi necessari per rivelare i fenomeni fisici che avvengono nel momento in cui avviene il tentativo di intrusione, furto oppure aggressione e a tradurli nei segnali elettrici che vengono inviati alla centrale. Vengono di seguito mostrate due tabelle (tab. 5.44 e tab. 5.45) che elencano questi dispositivi, che in genere sfruttano determinati fenomeni fisici (meccanici, magnetici, elettrici, acustici, luminosi, ecc.), permettendo così di segnalare il verificarsi di una determinata situazione. La scelta del tipo di rivelatore idoneo a proteggere locali o spazi esterni condiziona l'impianto di sicurezza sia dal punto di vista dell'affidabilità sia da quello economico;
- la **centrale di elaborazione**, l'apparecchiatura che consente di attivare o disattivare l'impianto; riceve ed elabora i segnali che arrivano dai rivelatori ed è in grado di attivare dei dispositivi di allarme. Le lettere **A-D** indicano la predisposizione dell'impianto: (**A**ttivato e **D**isattivato). Il dispositivo di predisposizione degli stati di operatività dell'impianto può essere collocato anche lontano dalla centrale. La centrale inoltre reca in genere anche dei segnalatori luminosi, per indicare gli stati di operatività dell'impianto ed eventuali interruttori per inserire o escludere le zone in cui è suddiviso l'impianto;
- l'**alimentatore**, l'apparecchiatura collegata alla rete elettrica che fornisce l'energia in corrente continua necessaria alle apparecchiature elettroniche che formano l'impianto; inoltre, mantiene in carica la batteria di accumulatori, che è in grado di alimentare l'impianto in mancanza dell'energia da parte della rete;
- l'**organo di comando**, il dispositivo elettromeccanico oppure elettronico che predisponde lo stato di operatività dell'impianto; in genere, è realizzato con chiavi meccaniche, chiavi elettroniche oppure con tastiere digitali;
- i **dispositivi di allarme**, necessari per fornire un segnale luminoso e/o sonoro oppure per effettuare chiamate dedicate attraverso linee telefoniche o ponti radio, quando si verifica una condizione di allarme.

Tipo	Costituzione e funzionamento	Esempi
Passivi	Sono costituiti da un solo dispositivo atto a rilevare il verificarsi di un determinato processo fisico.	Contatti di tipo elettrico nelle varie versioni costruttive (microcontatti, tappeti, trappole). Rivelatori di vibrazioni. Microfoni. Rivelatori passivi di infrasuoni. Rivelatori passivi di infrarossi.
Attivi	Sono costituiti da due dispositivi (emettitore e ricevitore) destinati a generare un processo fisico e rilevarne le eventuali variazioni.	Rivelatori a barriere ad infrarossi, a microonde, ad ultrasuoni. Rivelatori volumetrici a microonde e ad ultrasuoni.

Tab. 5.44 - Classificazione dei rivelatori in base alla realizzazione.

Tipo	Costituzione e funzionamento	Esempi
Puntuali	Rilevano eventuali variazioni della condizione di stato preesistente come, per esempio, spostamenti, deformazioni.	Contatti magnetici (contatti reed) e elettromeccanici, contatti a vibrazione, tappeti e nastri sensibili.
Lineari	L'interruzione di una linea ideale generata dal rivelatore provoca l'allarme.	Barriera a raggi infrarossi attivi.
Superficiali	L'attraversamento di una superficie ideale generata dal rivelatore provoca l'allarme.	Microfoni selettivi. Rivelatori di vibrazione. Rivelatori di rottura vetri.
Volumetrici	Rilevano movimenti di persone nell'interno dei volumi protetti.	Rivelatori volumetrici ad infrarossi passivi, a microonde, ad ultrasuoni, ad infrasuoni. Barriere a microonde e ad ultrasuoni.

Tab. 5.45 - Classificazione dei rivelatori in base alla operatività.

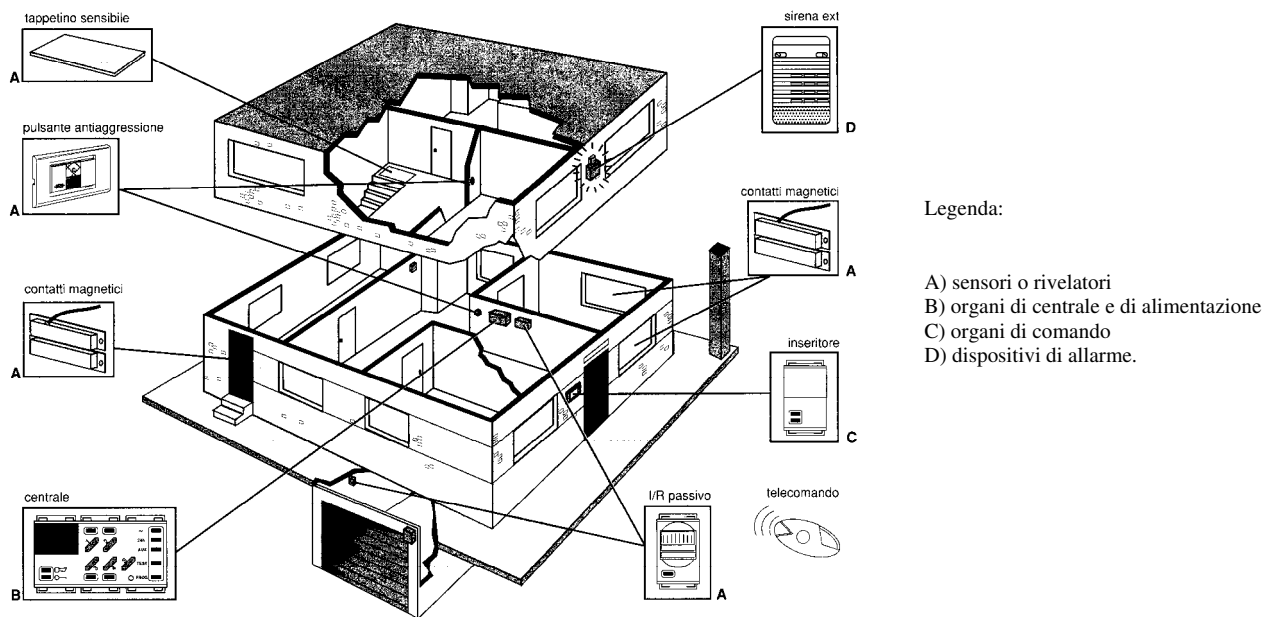


Fig. 5.84 - Esempio di un impianto antintrusione.

I **rivelatori** si possono suddividere in due gruppi principali in base ai loro principi di funzionamento ed alle loro caratteristiche installative: rivelatori per protezioni perimetrali, adatti alla protezione degli accessi perimetrali dei fabbricati quali finestre, porte, lucernari, ecc.; rivelatori per protezioni volumetriche, adatti per la protezione dei volumi interni dei fabbricati.

Gli **impianti volumetrici** possono essere realizzati utilizzando rivelatori ad ultrasuoni, a microonde e a raggi infrarossi passivi. Negli impianti realizzati con rivelatori ad ultrasuoni, un trasmettitore emette degli ultrasuoni in quantità tale da saturare l'ambiente da proteggere; un ricevitore, posto in genere nello stesso contenitore del trasmettitore, controlla che le onde riflesse abbiano la stessa frequenza di quelle emesse, ed è così quando nell'ambiente non ci sono persone o oggetti in movimento.

Quando un oggetto o una persona si muove nell'ambiente protetto, si hanno delle riflessioni che, a causa dell'effetto Doppler, hanno una frequenza diversa da quella del segnale emesso dal trasmettitore. Quando il segnale che viene ricevuto è diverso da quello trasmesso, viene inviato un segnale di allarme alla centrale.

Il volume di protezione del campo ultrasonico ha in genere una lunghezza che varia tra gli 8 e i 25 m, mentre la larghezza varia tra i 2 e i 6 m. Quando l'ambiente da proteggere è troppo grande per un solo rivelatore, è possibile utilizzarne più di uno, a patto di installarli in modo da evitare interferenze tra di loro.

I sistemi che utilizzano i rivelatori a microonda, invece, si basano anch'essi, in genere, sull'effetto Doppler, ma invece di utilizzare un'onda acustica, utilizzano un'onda elettromagnetica la cui frequenza è nell'ordine di alcune decine di gigahertz (8÷12 GHz).

Gli impianti a raggi infrarossi passivi (I/R) non richiedono, rispetto ai precedenti rivelatori, un trasmettitore e un ricevitore, in quanto il ricevitore è in grado di segnalare il movimento di una persona nella zona, rivelando il calore emanato dal corpo umano in movimento. L'elemento ricevitore è costituito da un insieme di lenti di Fresnel, che consentono di concentrare le radiazioni infrarosse provenienti da un qualsiasi punto del volume controllato sul sensore elettronico (pireolettrico).

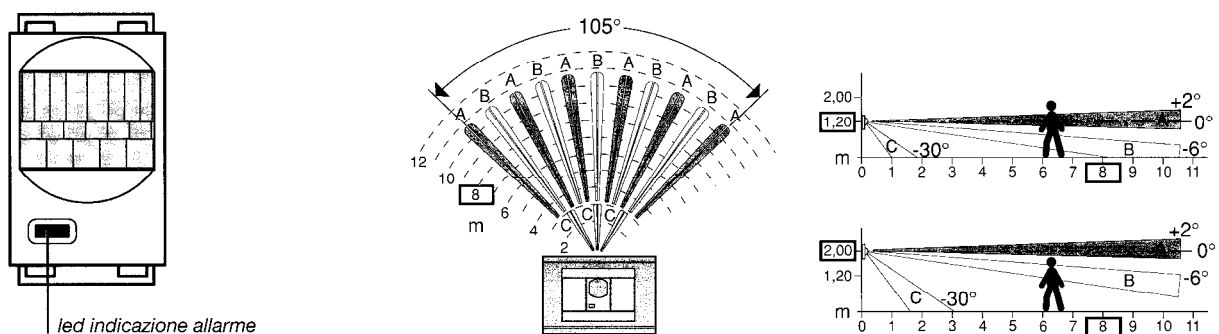


Fig. 5.85 - Rivelatore volumetrico a raggi infrarossi (IR) passivi con relativo diagramma di copertura; la forma del volume entro il quale viene rilevato il movimento è determinato dal sistema ottico utilizzato (lente di Fresnel). In questo caso, è suddiviso in 14 fasci ripartiti su tre piani (come è visibile nella figura). Il rivelatore dà la possibilità di scegliere il funzionamento istantaneo o ritardato (bucino).

Sia nel caso di rivelatori ad ultrasuoni che a infrarossi passivi, il costruttore deve allegare il diagramma di copertura.

Attualmente vengono utilizzati dei rivelatori che abbinano il sensore ad infrarossi con uno a microonde, ottenendo un sistema avente i vantaggi dei due sensori ed eliminando gli inconvenienti di ognuno. In questo caso, la segnalazione di allarme avviene solo quando entrambi i sensori trasmettono il segnale (funzione AND), un accorgimento che permette di evitare falsi allarmi generati da eventi ai quali è sensibile solo uno dei due sensori.

Vi sono però sul mercato alcuni sensori i cui segnali sono posti in modo tale che l'allarme viene generato se uno dei due sensori rileva un'intrusione privilegiando così in questo modo la sicurezza d'allarme (funzione OR).

I sistemi volumetrici trovano il migliore impiego quando le zone da proteggere sono numerose, come nel caso dei musei e delle esposizioni; il sistema di allarme può essere collegato a dispositivi acustici o ottici oppure essere collegato alla linea telefonica per avvisare automaticamente le forze dell'ordine.

Gli **impianti perimetrali**, invece, vengono realizzati mediante l'uso di un cavo installato lungo il perimetro dell'area da proteggere e collegato in serie ai sensori posti nelle zone di accesso o nei punti che si vogliono controllare. Il cavo, che in pratica costituisce un circuito chiuso, nelle condizioni normali viene attraversato da una corrente di pochi milliampere.

L'impianto così concepito segnala la condizione di allarme qualora venga a mancare, a causa dell'interruzione del collegamento, la corrente che si ha in condizioni normali.

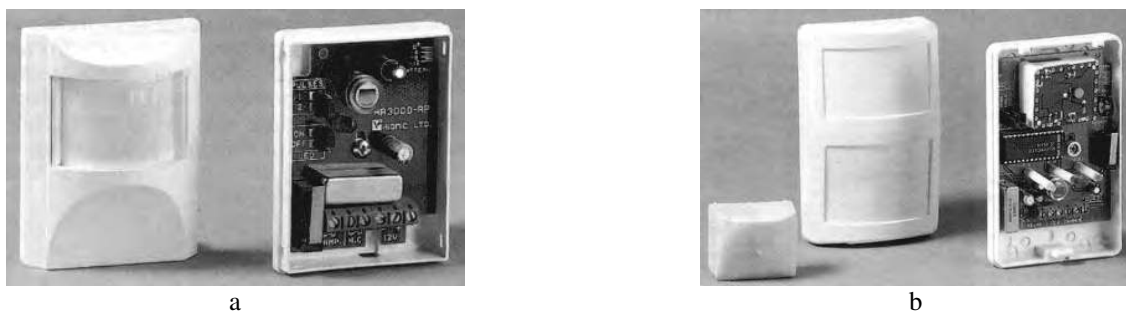


Fig. 5.86 - Rivelatori volumetrici: a) Infrarossi passivi - b) Doppia tecnologia a infrarossi e microonde.

Per la realizzazione pratica dell'impianto, si possono utilizzare dei contatti magnetici nei battenti delle porte e delle finestre ed, eventualmente, utilizzare dei vetri che contengono al loro interno un sottilissimo filo che si spezza quando il vetro viene rotto; in pratica si tratta di contatti normalmente chiusi (NC) che si aprono in caso di intrusione.

I contatti magnetici sono costituiti da un magnete permanente e da un relè reed con contatti chiusi con il magnete avvicinato. Quando il magnete viene allontanato, il contatto del relè si apre generando il segnale di allarme. Questi sensori vengono realizzati in due principali tipologie costruttive:

- cilindriche: adatti all'installazione da incasso all'interno dei serramenti;
- rettangolari: adatti per l'installazione a vista su serramenti, porte basculanti, ecc.

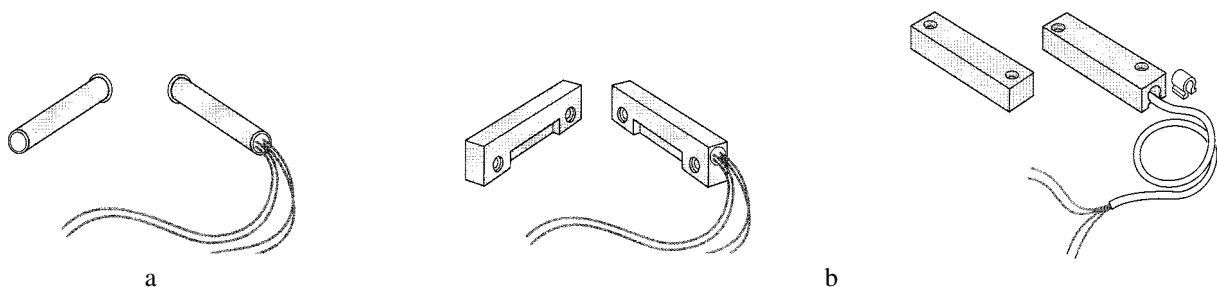


Fig. 5.87 - Tipi di sensori magnetici: a) cilindrici - b) rettangolari.

Esistono anche rivelatori a pressione e speciali rivelatori ad asta o a filo per tapparelle sensibili al sollevamento, allo strappo o al taglio della serranda.

I rivelatori ad asta sono costituiti da un contatto elettromeccanico mosso da un'asta e sono adatti all'installazione all'interno dei cassonetti delle tapparelle avvolgibili. Quando la tapparella viene sollevata il diametro del rullo dell'avvolgitore aumenta aprendo il contatto.

I rivelatori a filo sono dotati di un contatto centrifugo, una molla di richiamo e una corda da fissare alla tapparella o ai serramenti scorrevoli. Al movimento della corda, il contatto centrifugo si apre, generando il segnale di allarme.

Nei punti di passaggio si possono utilizzare delle fotocellule a raggi infrarossi, mentre nei locali chiusi è utile utilizzare dei microfoni; nel caso si voglia evitare l'apertura di vani nei muri, si possono utilizzare degli speciali relè sensibili ai colpi e alle vibrazioni.

I contatti sensibili alle vibrazioni sono costituiti da una massa metallica fissata su di un'asta in acciaio armonico (molla). Quando il contatto viene percosso, la massa metallica fa oscillare la molla, la quale apre il contatto e genera l'allarme.

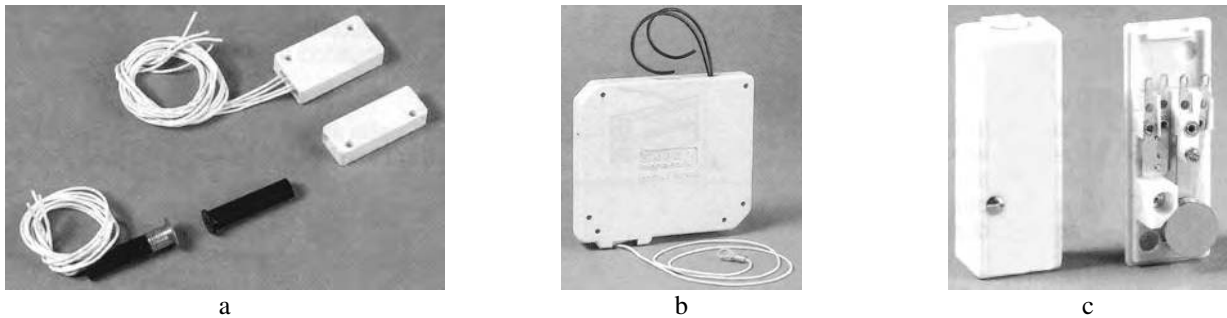


Fig. 5.88 - Rivelatori perimetrali: a) contatti magnetici - b) contatti ad asta o a filo - c) contatti a vibrazione.

All'interno del rivelatore è presente una vite che, variando l'elasticità della molla, permette la regolazione della sensibilità del dispositivo.

Questa tipologia di rivelatori può essere interfacciata ad un'unità elettronica di analisi che evita i falsi allarmi.

Questi rivelatori vengono utilizzati per la protezione antisfondamento di porte, vetri o pareti.

Negli impianti di questo tipo è possibile escludere (parzializzazione dell'impianto) alcuni sensori oppure parti dell'impianto in modo da consentire alle persone autorizzate di attraversare la zona protetta senza attivare l'allarme; per l'esclusione si usano in genere degli interruttori a chiave.

Il segnale della porta di ingresso in genere è ritardato per dare la possibilità al padrone di casa, al suo rientro, di disinserire l'impianto prima che l'allarme scatti.

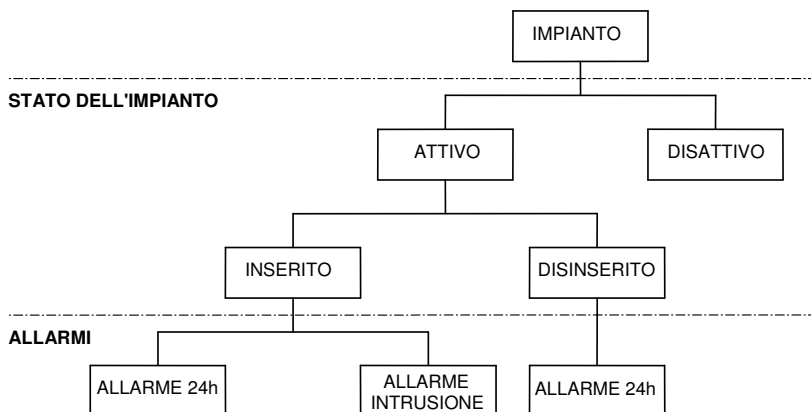
Sistemi più recenti consentono una maggiore protezione, come, per esempio, i sensori a variazione di capacità che sono in grado di rivelare la presenza di persone vicino all'oggetto protetto (casseforti e quadri) ancora prima che l'oggetto venga toccato.

Un altro sistema efficace è la barriera a raggi infrarossi attivi costituiti da un emettitore e un ricevitore: il primo genera un fascio di raggi infrarossi invisibili che vengono normalmente captati dal ricevitore; l'interruzione del fascio da parte di un corpo opaco all'infrarosso determina la condizione di allarme.

Per creare barriere più ampie sono disponibili anche le barriere ad infrarossi del tipo a tenda che sono in grado di formare una specie di muro invisibile. Anche questi tipi di impianto possono essere collegati, come quelli volumetrici, ad un centralino delle forze dell'ordine.

Gli **organi di comando** sono dei dispositivi che danno la possibilità di comandare l'impianto e, quindi, di *inserirlo* o *disinserirlo*.

L'operazione di inserimento/disinserimento avviene attraverso l'ausilio di chiavi meccaniche, elettroniche o telecomandi codificati. La norma CEI 79-2 prescrive il numero minimo di combinazioni che ogni dispositivo deve permettere in base al livello di prestazioni garantito. Gli inseritori possono essere integrati nella centrale o in moduli separati da installare in prossimità degli accessi.



Impianto attivato. Si intende un impianto in funzione e quindi in grado di essere inserito, disinserito e di generare allarmi.

Impianto disattivato. Si intende un impianto in stato di manutenzione e quindi non in grado di essere inserito o disinserito.

Impianto inserito. Stato corrispondente al periodo di rilevamento dei segnali di manomissione e di quelli provenienti dai sensori.

Impianto disinserito. Stato corrispondente al periodo di rilevamento dei soli segnali di manomissione (protezione 24 h).

Impianto in allarme 24 h. Si intende un impianto che, in stato "inserito" o "disinserito", ha rilevato un tentativo di manomissione.

Impianto in allarme intrusione. Si intende un impianto che, in stato "inserito", ha rilevato un'intrusione.

Fig. 5.89 - Stati operativi di un impianto antintrusione.

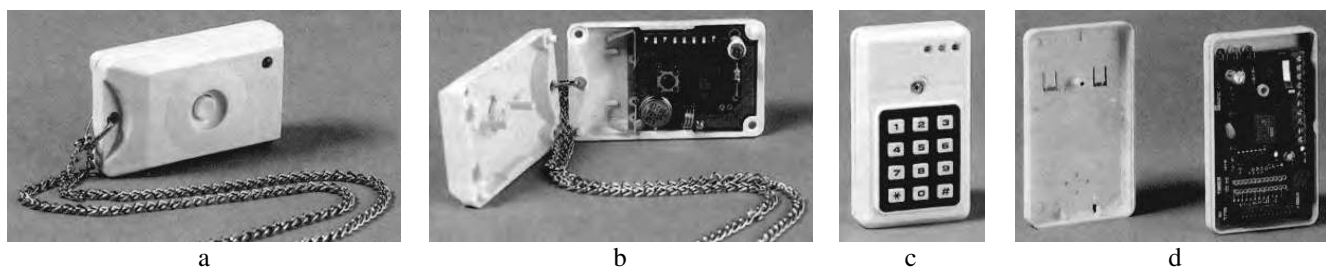


Fig. 5.90 - a) - b) Esempi di telecomandi portatili - c) - d) Esempi di tastiere numeriche o alfabetiche.

Una seconda tipologia di organi di comando è costituita da parzializzatori. Questi ultimi permettono, oltre che l'inserimento e il disinserimento dell'impianto, di attivare o disattivare le zone nelle quali l'impianto è stato suddiviso e sono quasi esclusivamente realizzati in esecuzione integrata con la centrale.

La **centrale** è l'elemento principale dell'impianto ed ha la funzione primaria di ricevere i segnali di allarme provenienti dai rivelatori, analizzarli e attivare i dispositivi di allarme.

Le centrali si possono suddividere nei seguenti circuiti dedicati a funzioni specifiche.

Circuiti di ricezione. Realizzano l'interconnessione fra la centrale e i rivelatori. Effettuano inoltre la prima analisi dei seguenti segnali ricevuti e segnalano eventuali manomissioni delle linee.

Circuiti elaborazione. Ricevono tutte le segnalazioni dai circuiti di ricezione ed attivano, in caso di allarme, gli opportuni segnalatori o dispositivi di allarme.

Circuiti di programmazione. Permettono in fase di installazione di scegliere le modalità di funzionamento dell'impianto e la sua suddivisione in zone. È inoltre possibile inserire un ritardo all'attivazione di alcune zone o dell'intero impianto che permette l'uscita o l'entrata dell'operatore senza provocare allarmi.

Circuiti di segnalazione. Compito di questi circuiti è di segnalare, tramite display o LED, lo stato della centrale e dell'impianto.

Circuiti di uscita. Comandano i vari dispositivi di allarme ad essi collegati in base ai segnali provenienti dai circuiti di elaborazione.

Circuiti di alimentazione. Possono essere integrati nella centrale stessa oppure installati in un contenitore separato. Servono per l'alimentazione della centrale e di tutto l'impianto e sono connessi ad una batteria che assicura l'alimentazione in caso di mancanza di tensione dalla rete.

Questa batteria deve essere dimensionata in base all'assorbimento dell'impianto, in modo da assicurare l'autonomia minima richiesta dalle norme in relazione al livello di prestazioni richieste.



Fig. 5.91 - Esempio di centrale: a) Vista esterna - b) Vista interna.

Con il termine **dispositivi di allarme** si identificano tutti quei mezzi in grado di effettuare segnalazioni di allarme tramite segnali acustici di elevata intensità sonora, segnali ottici oppure chiamate di emergenza preregistrate tramite linee telefoniche o ponti radio.

Si distinguono le sirene per esterno che generano un segnale acustico di elevata intensità sonora nell'ordine di 100÷120 dB. Sono contenute in un involucro adatto all'installazione esterna con un grado di protezione che non deve essere inferiore a IP34.

All'interno è contenuta anche una batteria la quale permette alla sirena di funzionare anche in caso di sabotaggio o taglio dei fili di alimentazione.

Le sirene per interno sono apparecchiature simili alle precedenti sia nel funzionamento che nelle caratteristiche; l'unica differenza è nel contenitore il quale può avere un grado di protezione inferiore ad IP34. Il loro scopo è di disorientare l'intruso il quale, a causa del suono, non può sentire i rumori provenienti all'esterno.

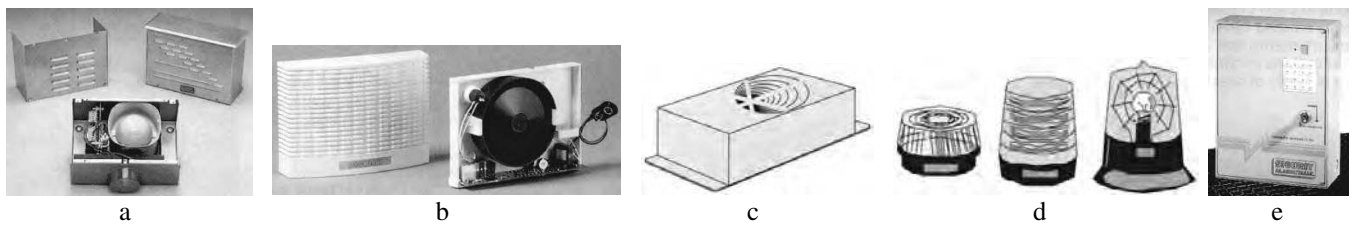


Fig. 5.92 - Dispositivi di allarme: a) Sirena per esterno - b) Sirena per interno - c) Sirena supplementare - d) Lampeggiatori - e) Combinatore telefonico.

Le sirene supplementari sono apparecchiature da installare all'interno per ripetere il segnale di allarme in più punti. A differenza di quelle viste precedentemente, non devono essere necessariamente autoalimentate.

Le sirene vengono spesso associate a dei lampeggiatori che generano un segnale luminoso lampeggiante.

I lampeggiatori sono prodotti nelle versioni con lampada ad incandescenza, lampada allo xeno (flash) o a rotore. Nella maggior parte dei casi, sono integrati nella sirena esterna.

Alcuni impianti possono essere dotati di un combinatore telefonico che permette di inviare un messaggio registrato su una linea telefonica commutata o dedicata a dei numeri telefonici precedentemente impostati.

I combinatori sono autoalimentati e, quindi, in grado di effettuare chiamate anche in caso di sabotaggio dei collegamenti elettrici.

Per la realizzazione dei collegamenti elettrici tra le varie apparecchiature di un impianto antintrusione, si utilizzano particolari cavi schermati a 4 o 6 conduttori.

Per gli impianti di livello 1, anche se non è consigliato, i cavi possono essere installati in cavidotti comuni ad altri conduttori, mentre per impianti di livello superiore, i cavi dell'impianto antintrusione devono essere posti in cavidotti dedicati. In ogni caso, la posa dei cavi, il tipo di cavo usato e la modalità di collegamento, in relazione anche all'ambiente di posa, devono soddisfare, oltre ai requisiti contenuti nella norma CEI 79-3, anche i requisiti generali contenuti nella norma CEI 64-8.

I cavi di collegamento, oltre ai fili per l'alimentazione dei dispositivi e i fili dedicati ai segnali di allarme, devono avere due fili utilizzati per la protezione contro il taglio o il cortocircuito dei collegamenti stessi.

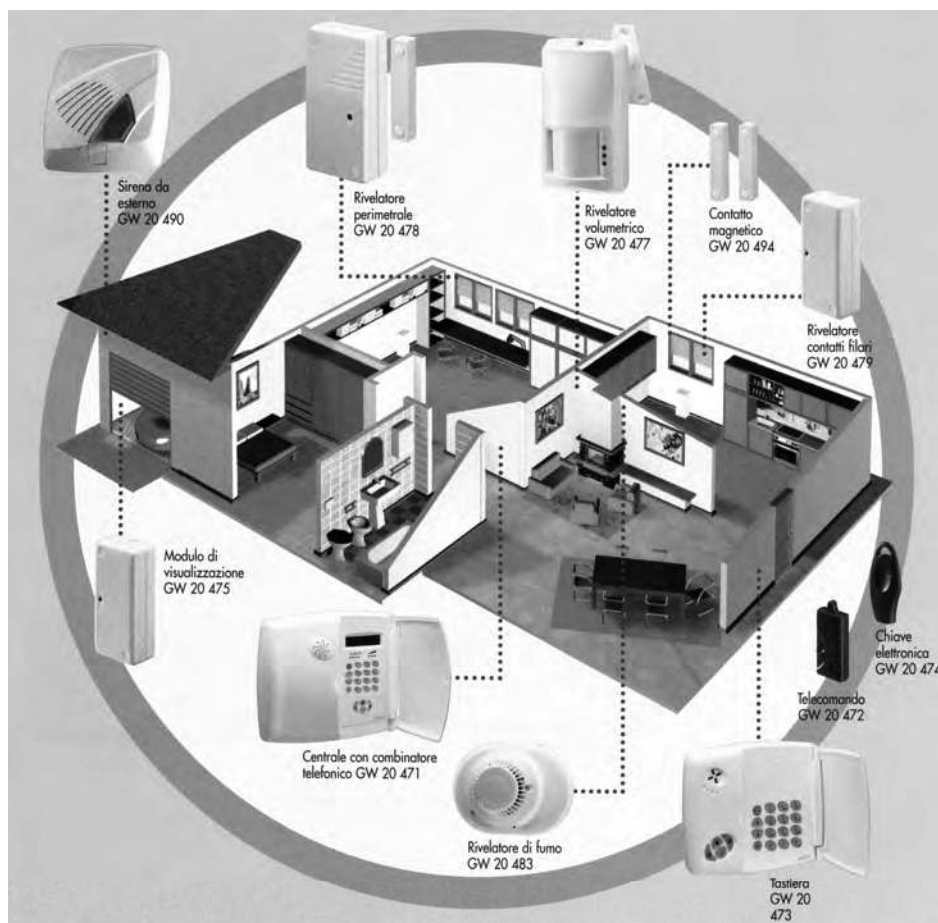


Fig. 5.93 - Esempio di impianto antintrusione con l'interconnessione degli apparecchi senza fili.

I costruttori, per superare gli evidenti problemi dovuti alla posa dei conduttori, specialmente in edifici non di nuova costruzione, si sono orientati verso sistemi di collegamento tra le apparecchiature che sfruttano le onde radio o le onde convogliate.

Le apparecchiature che usano l'interconnessione mediante onde radio, in pratica, sono delle piccole ricetrasmittenti che vengono alimentate attraverso batterie, eliminando così completamente i collegamenti elettrici. Questi sistemi presentano però lo svantaggio dovuto al controllo periodico della carica delle batterie.

Infatti, se si lascia l'impianto incustodito per un lungo periodo, in caso di scarica della batteria alcuni componenti vengono disattivati.

Nel sistema di interconnessione ad onde convogliate, la comunicazione fra i vari dispositivi avviene attraverso onde convogliate sui normali cavi di alimentazione elettrica.

L'alimentazione primaria normalmente è a 220/230 V AC; inoltre, tutti i dispositivi sono dotati di batterie tampone per garantire l'autonomia operativa dell'impianto.

L'**alimentazione** in corrente alternata delle apparecchiature di un impianto deve essere effettuata tramite una conduttura esclusivamente riservata a tale scopo, che deve contenere anche il conduttore di protezione. In ottemperanza alla norma CEI 64-8, la sezione dei conduttori unipolari in PVC per uso generale e posa in tubi o canalette non deve essere inferiore a $1,5 \text{ mm}^2$.

Come si è visto precedentemente, i segnali provenienti dai rivelatori vengono elaborati e, in caso di situazioni di pericolo, la centrale stessa provvede ad attivare i dispositivi di allarme.

La tensione di lavoro dei circuiti di rivelazione e di allarme è prevalentemente a 12 V in corrente continua, fornita di un alimentatore dotato di un raddrizzatore, di un filtro di livellamento e di un circuito di stabilizzatore (230 V AC/12 V DC), che funziona in tampone con una batteria di accumulatori.

Quest'ultima garantisce l'alimentazione dell'impianto sia in assenza temporanea dell'erogazione dalla rete pubblica, sia nell'eventualità che venga sabotata la linea di alimentazione dell'impianto di allarme.

La norma CEI 79-2 fornisce le caratteristiche alle quali devono rispondere gli alimentatori e le batterie qualora siano utilizzati per gli impianti di sicurezza.

Le norme prescrivono che i circuiti a bassissima tensione devono, per quanto possibile, utilizzare canalizzazioni separate dai circuiti a tensione di rete e da qualsiasi altro tipo di impianto.

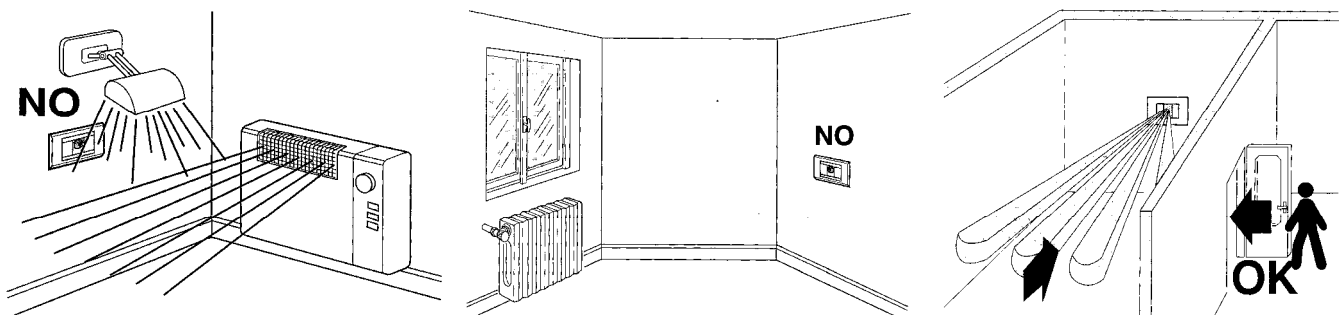
È vietato collegare alla stessa morsettiera circuiti a tensione di rete e quelli a bassissima tensione; deve essere realizzata una separazione anche nelle cassette di derivazione e, in particolare, tra i morsetti destinati a serrare i conduttori appartenenti a sistemi diversi.

In relazione al tipo di impianto, le scatole di derivazione devono essere autoprotette, cioè disposte e collegate in modo da dare un allarme qualora si tenti di aprirle indebitamente.

A tale scopo, sono previsti dei microcontatti posti in corrispondenza dei coperchi o sul fondo delle scatole per proteggerle anche contro lo sradicamento.

La norma CEI 79-3 prescrive le sezioni minime dei morsetti necessarie per la realizzazione dell'impianto (da $0,2$ a $0,5 \text{ mm}^2$). Qualsiasi tipo di soluzione venga scelta per l'installazione dei rivelatori, si devono adottare alcuni accorgimenti nella scelta del tipo e dell'ubicazione, stabiliti in base alle caratteristiche del luogo da proteggere, al fine di assicurare un corretto funzionamento ed evitare false segnalazioni di allarme.

Nelle figure 5.94, 5.95 e 5.96 vengono riportate alcune semplici indicazioni e consigli installativi, relativi ai più diffusi rivelatori.

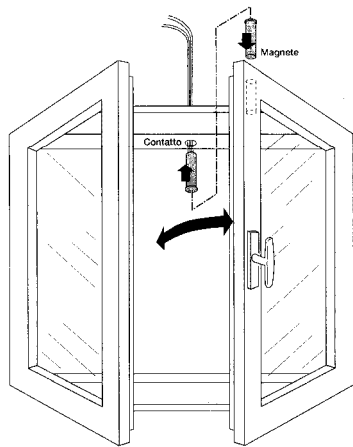


Porre attenzione affinché nel volume coperto dal sensore non vi siano apparecchi di riscaldamento quali termosifoni, bocchette d'aria calda, ecc. che possono provocare movimento di masse d'aria riscaldata. Installare il sensore in modo tale che non venga colpito da luce solare diretta o da forti sorgenti luminose quali lampade alogene o riflettori che possono ridurne la sensibilità.

Non posizionare i sensori in direzione di finestre o vetrate in quanto, essendo queste ultime trasparenti ai raggi infrarossi, possono venire rilevati movimenti di oggetti esterni.

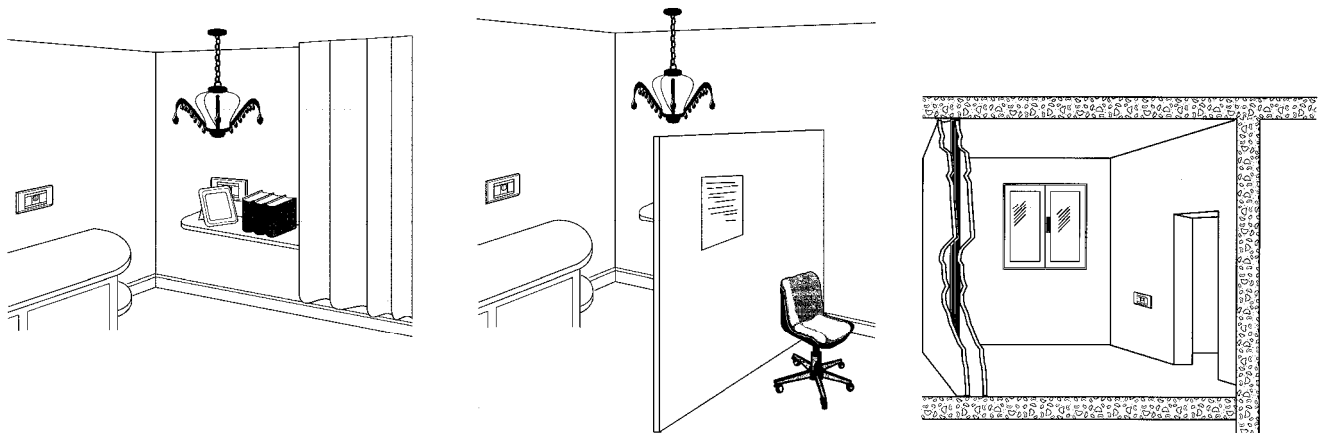
La massima sensibilità del sensore la si ottiene se l'attraversamento dei fasci sensibili avviene in modo trasversale.

Fig. 5.94 - Installazione dei sensori a raggi infrarossi passivi.



Porre attenzione affinché il contatto ed il magnete siano installati sul medesimo asse quando il serramento è chiuso. Installare il sensore nel punto più lontano dai cardini, in modo da ottenere un grande allontanamento del magnete per piccoli angoli di apertura. Se si devono proteggere con questo tipo di sensori delle porte in ferro, si consiglia di utilizzare sensori realizzati con contenitori in pressofusione di alluminio e magnete rinforzato. Questi sensori assicurano una buona robustezza meccanica e, inoltre, il magnete rinforzato compensa la dispersione di flusso magnetico provocato dal materiale ferroso dell'infisso.

Fig. 5.95 - Installazione dei sensori magnetici.



Porre attenzione affinché nel volume protetto non vi siano oggetti che possono oscillare, quali tendaggi, lampadari oppure masse d'aria in movimento in quanto possono provocare falsi allarmi.

Evitare di installare il sensore rivolto verso pareti, poste ad una distanza inferiore al suo raggio di copertura, in quanto essendo le pareti trasparenti alle microonde possono venire rilevati movimenti di oggetti esterni.

Verificare che nel raggio di copertura del sensore non vi siano tubature in materiale plastico in quanto il movimento dell'acqua può essere rilevato.

Fig. 5.96 - Installazione dei sensori a microonde.

Attualmente il settore dell'antintrusione è formato da specialisti con un grado di preparazione tecnica specifica. Gli impianti antintrusione sono considerati sino ad oggi impianti speciali, realizzabili esclusivamente da specialisti del settore.

L'installatore elettrico effettua solamente la posa delle canalizzazioni e lascia agli installatori di impianti antintrusione l'installazione degli apparecchi ed il collaudo finale. Diversi installatori elettrici si sono accorti di questo possibile sbocco professionale ed hanno iniziato a praticare questo nuovo tipo di attività.

La ditta bticino ha perciò proposto al mercato un sistema antintrusione con caratteristiche innovative per quanto riguarda i collegamenti, il decentramento delle funzioni e l'integrazione. Gli apparecchi del sistema antintrusione bticino serie Living sono del tipo modulare e sono realizzati in conformità alla norma CEI 79-2 e rispondono ai requisiti richiesti relativi agli impianti di livello 1.

Tutti i componenti del sistema si collegano in parallelo fra loro utilizzando un semplice doppino telefonico non polarizzato, attraverso il quale verranno distribuite sia le alimentazioni ai vari dispositivi, sia i segnali di controllo e di allarme.

L'alimentazione dell'intero sistema avviene mediante un apposito alimentatore e l'assorbimento di corrente, varia in funzione del numero di dispositivi inseriti nell'impianto. In caso di mancanza di alimentazione dalla rete elettrica, vengono garantite 24 ore di autonomia dalla batteria installata nella sirena esterna.

Il collegamento dei vari dispositivi che compongono il sistema viene ulteriormente facilitato dai morsetti estraibili.

Il sistema proposto dalla bticino permette la suddivisione dell'impianto in quattro zone distinte e parzializzabili (una zona corrisponde ad un gruppo di sensori attivabili e disattivabili contemporaneamente e indipendentemente dalla condizione dell'impianto). Tutti i dispositivi sono costruiti in modo tale da essere protetti da tentativi di manomissione e sono in grado di generare un segnale di allarme se manomessi.

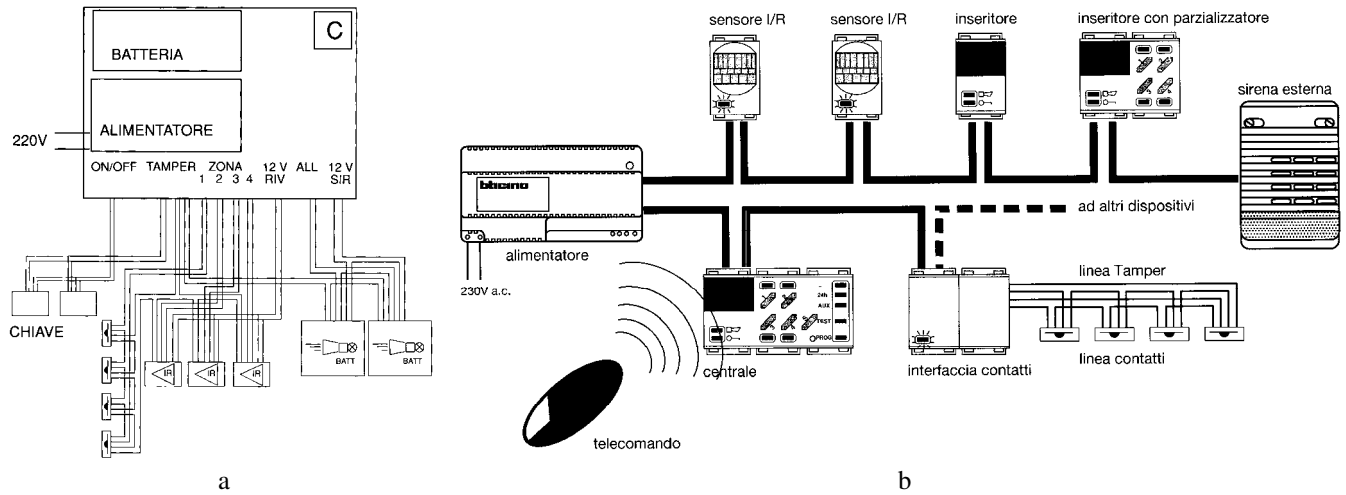


Fig. 5.97 - a) Collegamenti in un impianto antintrusione di tipo tradizionale. Utilizzando questa soluzione ogni apparecchio viene collegato alla centrale con cavi a 4, 6 o 8 conduttori. Tutti questi conduttori raggiungono la centrale dove vengono realizzate le connessioni con la morsettiere. Questa caratteristica, specialmente per grossi impianti, può creare dei problemi di cablaggio e posa dei conduttori - **b)** Collegamenti in un impianto antintrusione Living. La soluzione proposta dalla ditta bticino prevede un cablaggio semplificato rispetto alla soluzione precedente, in quanto rende possibile i collegamenti attraverso due soli conduttori che collegano in parallelo tutti i componenti del sistema. Il conduttore utilizzato per i collegamenti è un semplice doppino telefonico intrecciato. Nel cablaggio del sistema non è necessario rispettare le polarità dei collegamenti.

La ditta bticino sottolinea i vantaggi che ha questo sistema rispetto a quelli convenzionali.

- Gli apparecchi sono di ridotte dimensioni e perfettamente integrati con gli apparecchi modulari della serie Living e, quindi, con il resto dell'impianto elettrico.
- Il cablaggio dell'intero impianto è estremamente semplificato e velocizzato dall'uso del solo doppino telefonico.
- Le funzioni di comando sono decentrate sui vari apparecchi: l'utente, quindi, non è più costretto a raggiungere la centrale per effettuare qualsiasi comando.
- Eventuali ampliamenti successivi possono essere realizzati con estrema facilità.

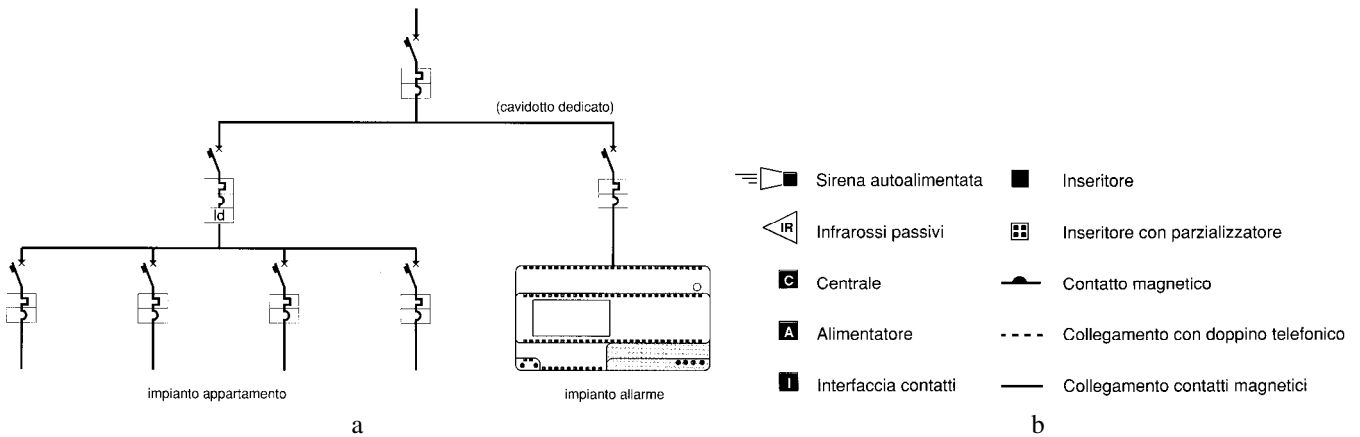


Fig. 5.98 - a) Per evitare interruzioni di alimentazione dell'impianto antintrusione in caso di intervento dell'interruttore differenziale, è consigliabile collegare l'alimentatore senza protezione differenziale. Il collegamento è consentito in quanto tutto il sistema è alimentato in bassissima tensione di sicurezza (SELV) - **b)** Segni grafici utilizzati per la stesura degli schemi di impianti antintrusione.

Vengono di seguito presentate alcuni esempi di realizzazioni con lo scopo di fare un'analisi critica delle possibilità installative.

Prima di progettare un sistema di sicurezza, è necessario individuare dove è ubicato l'insediamento da proteggere e quali sono le effettive esigenze dell'utente.

In linea di massima, si può affermare che esistono due tipologie di insediamento con caratteristiche diverse:

- unità non isolate (appartamento di un condominio);
- unità isolate (ville unifamiliari).

Per l'unità non isolata, si deve tenere conto della sua dislocazione in termini di altezza; le unità abitative al piano terra, al primo ed all'ultimo piano sono tendenzialmente più a rischio.

È necessario pertanto verificare se esistono barriere facilmente valicabili tra le parti comuni (vani scale, corridoi, terrazzi e balconi).

In questi casi, deve essere curata la protezione perimetrale (finestre, porte), in modo da rilevare prontamente qualsiasi tentativo di intrusione. Per unità isolate, invece, è necessario fare un'analisi particolareggiata di tutte le possibilità di accesso.

Nel primo esempio, mostrato nella fig. 5.99a, viene presentato un impianto antintrusione per un appartamento situato al secondo piano di un condominio con un balcone avente un parapetto di protezione continuo nella verticale di un lato.

L'accesso principale è costituito da un portoncino. Altre vie di accesso sono le porte finestre dello studio e della cucina che danno sul balconcino.

Considerata la posizione dell'abitazione, si può affermare che le uniche vie di accesso da proteggere sono il portoncino e le due porte che danno sul balcone.

L'accesso attraverso le altre finestre risulta estremamente difficoltoso e, quindi, improbabile.

La maggior sicurezza si ottiene installando sensori volumetrici all'infrarosso passivo in corridoio, nello studio ed in cucina. È bene installare sempre dei sensori volumetrici in quanto, l'intruso potrebbe superare le barriere fisiche (tapparelle-vetri) senza aprire l'infisso. In questo caso, il rivelatore magnetico sull'apertura non può generare l'allarme. Un impianto così concepito permette, tra l'altro, di adattare le possibilità d'uso alle diverse esigenze dell'utente. Ciò porta ad evidenti vantaggi dal punto di vista gestionale.

Per esempio:

- possibilità di utilizzare la protezione perimetrale durante la notte;
- possibilità di inserire i rivelatori volumetrici, con l'esclusione dei perimetrali studio/cucina, durante brevi assenze.

Per ottenere questa flessibilità, conviene raggruppare in modo opportuno i vari rivelatori.

In questo caso, è utile suddividere l'impianto nel modo seguente:

- contatto magnetico ingresso zona 1;
- contatti magnetici porte studio/cucina zona 2;
- infrarosso passivo corridoio zona 3;
- infrarosso passivo studio/cucina zona 4.

L'alimentatore può essere installato nella zona del centralino.

La centrale va opportunamente posizionata in un'area protetta e facilmente raggiungibile dall'utente.

Al fine di agevolare le operazioni di inserimento del sistema, è opportuno prevedere un inseritore ausiliario.

È chiaro che, se installato fuori porta la zona 1, l'inserimento sarà istantaneo.

Nel caso che non sia possibile installare l'inseritore all'esterno o non lo si voglia installare, è necessario associare il sensore volumetrico del corridoio alla zona 1 e temporizzare la stessa per consentire l'uscita dall'appartamento.

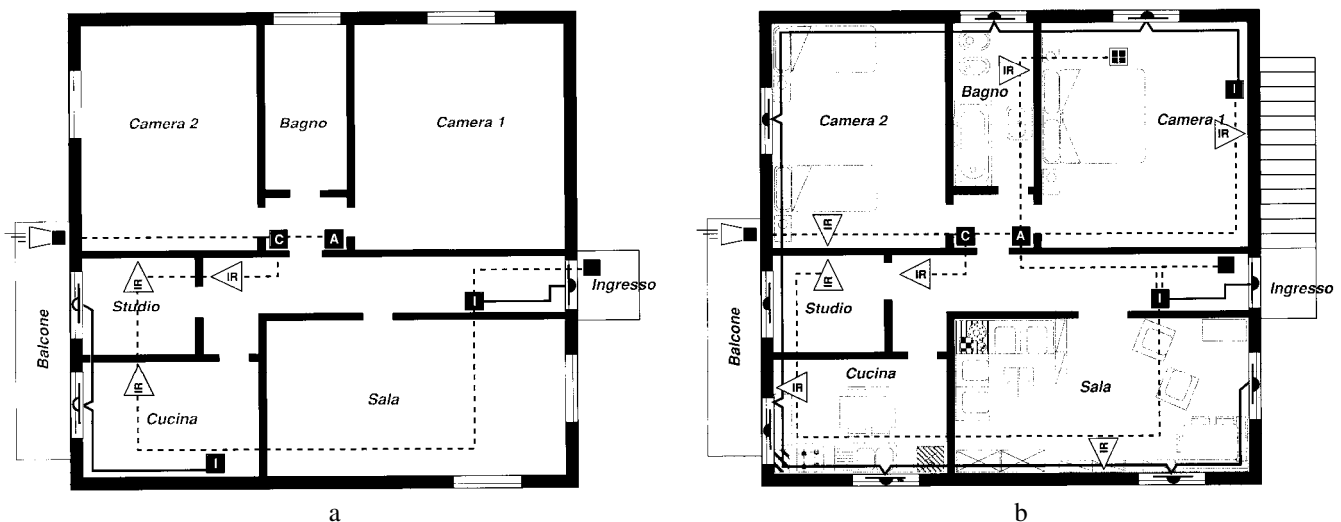


Fig. 5.99 - a) Esempio di impianto antintrusione per un appartamento situato al secondo piano di un condominio con un balcone avente un parapetto di protezione continuo nella verticale di un lato - b) Esempio di impianto antintrusione per un appartamento situato al piano terra di un condominio con un balcone avente un parapetto di protezione continuo nella verticale di un lato.

L'impianto sarà completato con l'installazione di una sirena interna nella vicinanza dell'ingresso, in modo da permettere una facile individuazione della provenienza dell'allarme dal vano scale e, comunque, disturbare e disorientare l'intruso con il rumore intenso affinché non possa sentire l'avvicinamento delle forze dell'ordine.

Inoltre, sarà installata la sirena esterna con il segnalatore ottico sul balcone, per permetterne una facile individuazione dall'esterno.

Per il posizionamento dei rivelatori volumetrici, è necessario verificare le aree di copertura e tenere presente i consigli installativi precedentemente affrontati. Utilizzando lo schema dell'impianto, verificare che sia garantita l'autonomia di 24 ore con una sola sirena esterna.

Nel secondo esempio, mostrato nella fig. 5.99b, viene presentato lo stesso appartamento dell'esempio 1, ma situato al piano terra del condominio.

Data la posizione, è necessario estendere la protezione perimetrale a tutte le finestre dell'appartamento e, per lo stesso motivo, è consigliabile installare dei rivelatori volumetrici negli ambienti, incrementando così il grado di sicurezza e aggiungendo peraltro una comodità gestionale dell'impianto.

In questo caso, la suddivisione dell'impianto può essere fatta nel seguente modo:

- contatto magnetico ingresso zona 1;
- contatti magnetici finestre zona 2;
- volumetrici zona giorno (studio-cucina-sala-corridoio) zona 3;
- volumetrici zona notte (camera 1-camera 2-bagno) zona 4.

L'alimentatore, la sirena interna e la sirena esterna saranno posizionati come nell'esempio precedente. Lo stesso dicasi per l'inseritore. Utilizzando lo schema dell'impianto, verificare che sia garantita l'autonomia di 24 ore con una sola sirena esterna.

Il terzo esempio proposto, mostrato nella fig. 5.100, descrive un impianto antintrusione per una villa di medie dimensioni disposta su due piani e dotata di un ingresso carraio ed un ingresso di servizio al piano terra.

Naturalmente, la prima protezione da realizzare è quella perimetrale, ottenuta con contatti magnetici installati sulle porte e sulle finestre.

Si installeranno, inoltre, delle protezioni volumetriche nei locali situati al piano terra e al primo piano.

Con questa situazione la suddivisione dell'impianto può essere eseguita nel seguente modo:

- contatti magnetici piano terra zona 1;
- contatti magnetici primo piano zona 2;
- volumetrici piano terra zona 3;
- volumetrici primo piano zona 4.

Installando infine tre inseritori, uno per ogni ingresso, ed un parzializzatore nell'area comune del piano terra, si rende estremamente agevole l'utilizzo dell'impianto.

Dopo aver calcolato gli assorbimenti, si deve verificare se questo impianto richiede l'installazione di due sirene per garantire l'autonomia di 24 ore. L'installazione di due sirene esterne, porta anche ad una più facile individuazione dell'impianto in allarme. È consigliabile, inoltre, posizionare anche una sirena all'interno, nella zona del vano scale, per i motivi già trattati nell'esempio precedente.

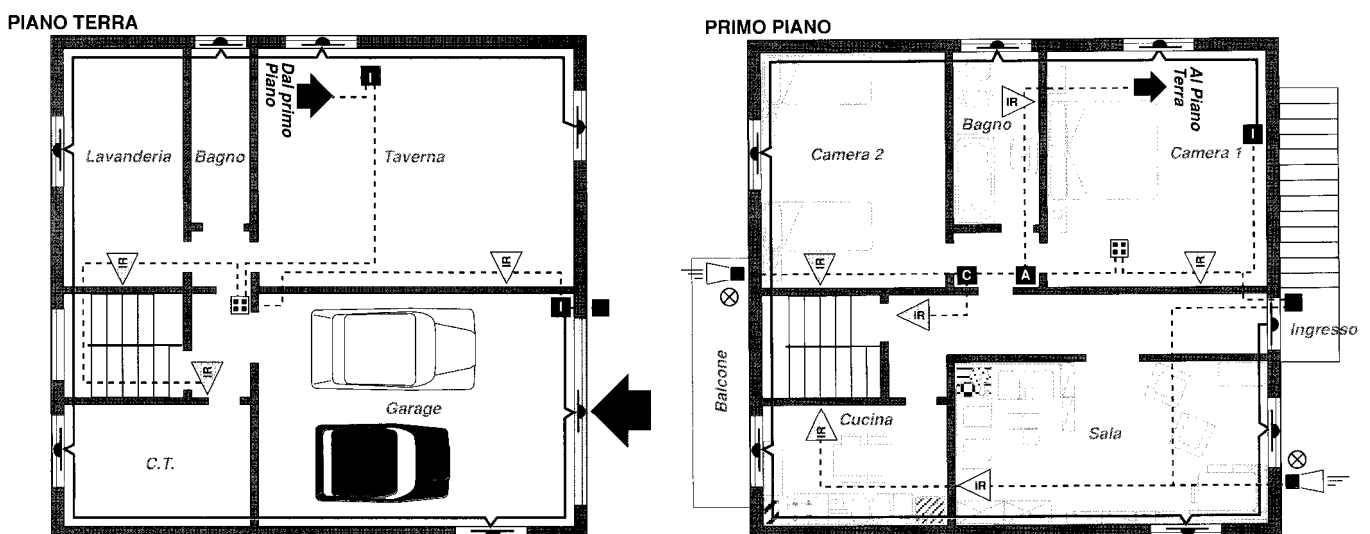


Fig. 5.100 - Esempio di impianto antintrusione per una villa di medie dimensioni disposta su due piani e dotata di un ingresso carraio ed un ingresso di servizio al piano terra.

Nel quarto ed ultimo esempio, mostrato nella fig. 5.101, viene proposta un'unità immobiliare adibita ad uso ufficio, laboratorio e magazzino, situata al piano terra. Anche in una situazione di questo genere, si inizia con l'effettuare una protezione perimetrale installando contatti magnetici sulla porta principale e sulla porta carraia del magazzino. L'impianto sarà integrato con una protezione volumetrica interna, al fine di garantire una buona protezione, in quanto non è possibile proteggere le finestre, data la loro configurazione fisica (finestre in cemento - vetro). L'impianto può essere suddiviso nel seguente modo:

- contatti magnetici zona 1;
- infrarossi passivi magazzino zona 2;
- infrarossi passivi ufficio zona 3;
- infrarossi passivi laboratorio zona 4.

L'alimentatore sarà installato nella zona quadro generale. La centrale sarà opportunamente posizionata in un'area protetta. Gli inseritori sono installati all'esterno e quindi la zona 1 non dovrà essere temporizzata.

L'impianto sarà completato con l'installazione di una sirena interna e di una sirena esterna con segnalatore ottico. Verificati gli assorbimenti, si riscontra che una sirena è sufficiente per garantire l'autonomia di 24 ore.

Su scelta del cliente, se ne possono installare due, al fine di portare l'autonomia minima a 48 ore.

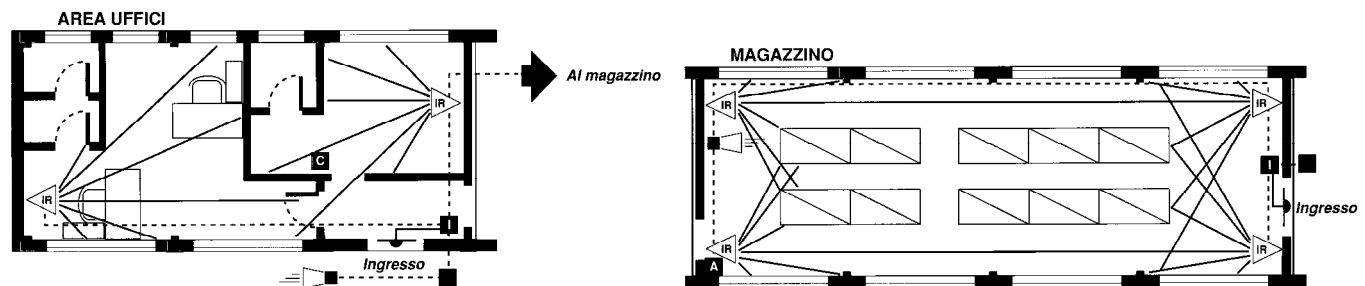


Fig. 5.101 - Esempio di impianto antintrusione per un'unità immobiliare adibita ad uso ufficio, laboratorio e magazzino, situata al piano terra.

5.38 Abbattimento delle barriere architettoniche (nel CD-ROM allegato)

5.39 Collaudi e verifiche negli impianti elettrici

La sicurezza degli impianti elettrici è normata dal Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 22 gennaio 2008, n. 37, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 61 del 12 marzo 2008. Si tratta di un vero e proprio regolamento relativo al riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

Questo nuovo decreto abroga i precedenti disposti di legge in materia di conformità degli impianti, in particolare la legge n. 46 del 5 marzo 1990, ad eccezione degli articoli 8, 14 e 16, le cui sanzioni trovano applicazione in misura raddoppiata per le violazioni degli obblighi previsti dallo stesso regolamento.

Il decreto si applica agli impianti posti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi o delle relative pertinenze. Se l'impianto è connesso a reti di distribuzione, si applica a partire dal punto di consegna della fornitura. Tra gli argomenti che la legge prende in esame ci sono:

- le caratteristiche che devono avere le imprese abilitate (art. 3)
- i requisiti tecnico-professionali per l'esercizio dell'attività (art. 4);
- la progettazione degli impianti (art. 5);
- la realizzazione e l'installazione degli impianti a regola d'arte (art. 6);
- la dichiarazione di conformità (art. 7);
- le responsabilità del committente o del proprietario (art. 8);
- la manutenzione degli impianti (art. 10);
- il deposito presso lo sportello unico per l'edilizia del progetto, della dichiarazione di conformità o del certificato di collaudo (art. 11);
- le sanzioni (art. 15).

Il D.M. n. 37/2008 prevede l'obbligatorietà della rispondenza a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro. Di seguito sono indicate le verifiche da effettuare per determinare se l'impianto elettrico in esame è realizzato secondo quanto previsto dal D.M. n. 37/2008. In genere, l'intervento di verifica produce anche documentazione aggiornata riguardo ai rischi connessi con il funzionamento dell'impianto elettrico, come richiesto dal D. Lgs. n. 81/2008 (presente nel CD-ROM allegato) nella parte relativa ai rischi di natura elettrica, a cui possono essere sottoposti i lavoratori sul luogo di lavoro.

La valutazione del rischio elettrico, partendo dalle normative di riferimento e dalla conoscenza dell'impianto elettrico e delle sue caratteristiche tecniche, è in pratica una vera e propria verifica tecnica dell'impianto elettrico con indicazione dei vari tipi di protezione, della qualità dei materiali e dell'elenco degli eventuali interventi che si reputano necessari per rispettare i requisiti minimi di conformità previsti dal D.M. n. 37/2008 e quelli previsti dall'insieme della normativa vigente, nonché alcuni suggerimenti per modifiche volte ad elevare il livello di sicurezza dell'impianto. Le verifiche possono essere **a vista** o **strumentali**.

Esame della documentazione tecnica, schemi e piani di installazione. Si verifica la correttezza e la completezza del progetto, dei suoi allegati e della dichiarazione di conformità. Se non è fornita alcuna documentazione di progetto o attestante la conformità alla regola d'arte dell'impianto stesso, si deve procedere ad effettuare un rilievo completo dell'esistente, analizzando la disposizione delle apparecchiature e aggiornando e/o producendo *ex novo* gli schemi grafici della distribuzione.

Verifica dell'efficienza funzionale e della sicurezza dell'impianto. Si deve, nel corso dell'esame a vista, verificare il livello di efficienza e di sicurezza dell'impianto, con riferimento alla legislazione e alla normativa vigente, tenendo conto dei punti di rispondenza come degli eventuali punti di non rispondenza, in termini di compatibilità dei componenti, funzionalità e accessibilità delle parti di impianto. In pratica, si deve accertare se i componenti elettrici sono stati scelti e messi in opera compatibilmente con l'ambiente di installazione; si deve verificare la buona funzionalità delle parti installate e che l'accessibilità alle parti di suddetto impianto risulti agevole per le apparecchiature di manovra e di protezione, allocate nei quadri, per le scatole e le altre componenti suscettibili di controlli periodici, per le apparecchiature che, per loro natura e frequenza o continuità di funzionamento, necessitano di periodica sostituzione.

Protezione dai contatti diretti, involucri e contenitori. Si deve verificare che le protezioni meccaniche volte ad impedire le possibilità di contatti diretti siano idonee in tutte le parti.

Idoneità dei materiali e degli apparecchi. Nel caso non risulti disponibile una dichiarazione di conformità, compilata dalla ditta installatrice con l'allegata scheda sulla tipologia dei materiali impiegati, si effettua un'analisi a vista delle apparecchiature e dei materiali utilizzati. Questi devono risultare idonei, ovvero provvisti di marchio di qualità e in possesso del corretto grado di protezione IP per l'ambiente di installazione.

Protezione dai contatti indiretti, impianto di terra e interruttori differenziali. Si deve controllare che la protezione dai contatti indiretti sia stata realizzata mediante il collegamento all'impianto di terra delle masse facenti parti dell'impianto e tramite il coordinamento fra l'impianto di terra così strutturato e la protezione automatica differenziale, realizzata con interruttori differenziali ad alta sensibilità.

Protezione dalle sovracorrenti, interruttori automatici magnetotermici. Si accerta la presenza di interruttori magnetotermici destinati alla protezione delle varie linee che compongono l'impianto fino all'ultima sezione derivata. Di essi, si verifica l'idoneità dimensionale e la correttezza di funzionamento.

Controllo del dimensionamento e dei provvedimenti di protezione dei quadri. Di ciascun quadro elettrico si verifica la completa protezione e messa a terra degli sportelli e delle parti metalliche che fanno parte della struttura. Il cablaggio del quadro deve risultare completamente regolare con riferimento a quanto previsto dalla norma CEI 17-13 e dalla norma CEI 23-51 in materia di cablaggio e di corretta connessione interna. La carpenteria del quadro deve garantire l'inaccessibilità delle parti in tensione.

Sezioni minime dei conduttori e colori distintivi. Si verifica che la sezione dei conduttori non sia inferiore a quella minima prevista, che siano garantite l'infilabilità e la sfilabilità dei cavi nel modo previsto dalle norme, che sia rispettata la colorazione dei conduttori.

Separazione fra condutture differenti. Si verifica che cavi appartenenti a sistemi elettrici diversi (con tensione diversa) non siano inseriti negli stessi involucri o nelle stesse tubazioni.

Controllo dei dispositivi di illuminazione di emergenza. Si deve accertare la presenza e l'efficienza delle plafoniere autoalimentate collocate nei vari ambienti. Si deve verificare se queste sono sufficienti a garantire il livello minimo di illuminazione dei locali di lavoro e, in particolare, delle vie di esodo verso le uscite di emergenza.

Le verifiche strumentali sono effettuate mediante opportuni strumenti di misura. Tra gli strumenti di misura fondamentali, il più diffuso e conosciuto è il **tester** o **multimetro**. Questi strumenti, realizzati sia in versione portatile sia in versione da laboratorio, consentono, generalmente, di eseguire almeno misure di **tensione**, di **corrente** e di **resistenza** in corrente continua (DC) e in corrente alternata (AC), con diverse portate per ogni funzione. Per questo motivo, essi sono denominati strumenti multifunzione o multimetri. Tali strumenti sono disponibili in versione sia analogica sia digitale e hanno diverse portate, ottenute mediante commutazione manuale o automatica (v. fig. 4.47c).

Un altro strumento molto diffuso è la **pinza amperometrica**, che consente di misurare correnti anche molto elevate senza bisogno di interrompere il circuito di misura. Normalmente, per eseguire misure di corrente con un amperometro, è necessario interrompere il circuito e inserire, in serie all'utilizzatore, lo strumento di misura.

Per conoscere il valore della corrente che percorre l'utilizzatore, usando invece una pinza amperometrica, è sufficiente abbracciare con la pinza apribile il conduttore isolato che lo alimenta. Le pinze amperometriche sono stru-

menti multifunzione e consentono di misurare, oltre alle correnti, anche tensioni e resistenze, e possono avere funzioni speciali come, per esempio, la memorizzazione delle correnti di spunto dei motori elettrici.

Le pinze amperometriche più diffuse effettuano solo misure in corrente alternata perché sfruttano il principio dell'induzione magnetica; ci sono comunque pinze amperometriche che eseguono anche misure su circuiti in corrente continua, utilizzando uno speciale sensore ad effetto Hall, che consente di rilevare la corrente continua.

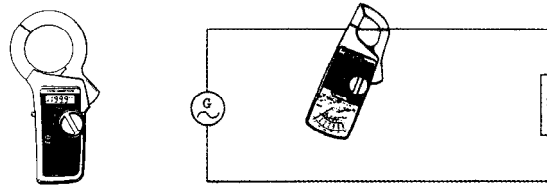


Fig. 5.109 - Pinza amperometrica e relativa inserzione per la misura della corrente assorbita da un utilizzatore monofase.

Anche le pinze amperometriche, come gli altri strumenti di misura portatili, sono realizzate in versione sia analogica sia digitale; inoltre, hanno un sistema per bloccare e, quindi, memorizzare l'indicazione. Ci sono, infine, pinze amperometriche molto sensibili, in grado di misurare correnti anche nell'ordine di qualche milliampere, particolarmente adatte a rilevare le correnti di dispersione degli impianti elettrici. Le stesse pinze amperometriche sensibili alle correnti di dispersione sono utilizzate per la misura della corrente di primo guasto, come mostrato nella fig. 5.110b. La corrente di primo guasto dei sistemi IT, e comunque dove si adotta il sistema di protezione contro i contatti indiretti mediante la separazione elettrica, può essere misurata con una pinza amperometrica ad alta sensibilità, in grado cioè di rilevare le correnti di primo guasto che sono nell'ordine dei milliampere.

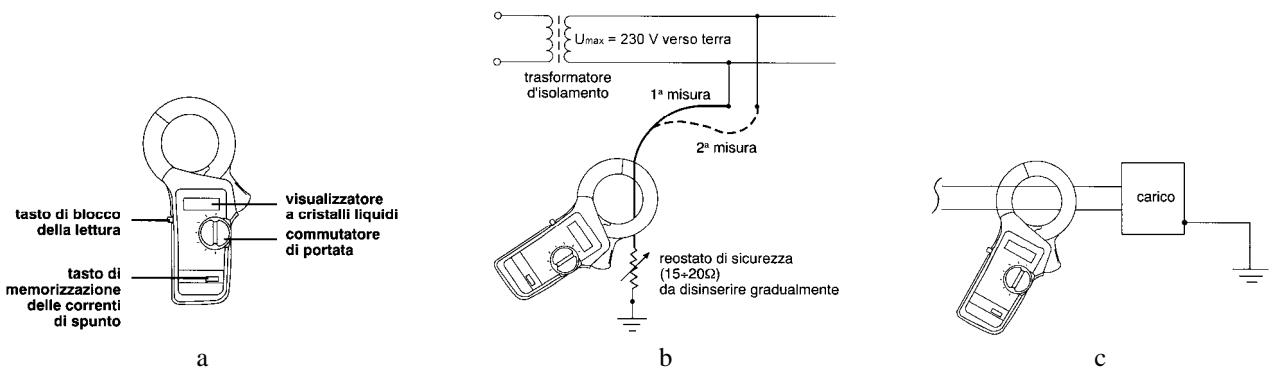


Fig. 5.110 - a) Caratteristiche di una pinza amperometrica digitale - b) Misura della corrente di primo guasto sul circuito secondario separato da un trasformatore di isolamento negli impianti elettrici adibiti ad uso medico - c) Inserzione per la misura delle correnti di dispersione su un carico monofase.

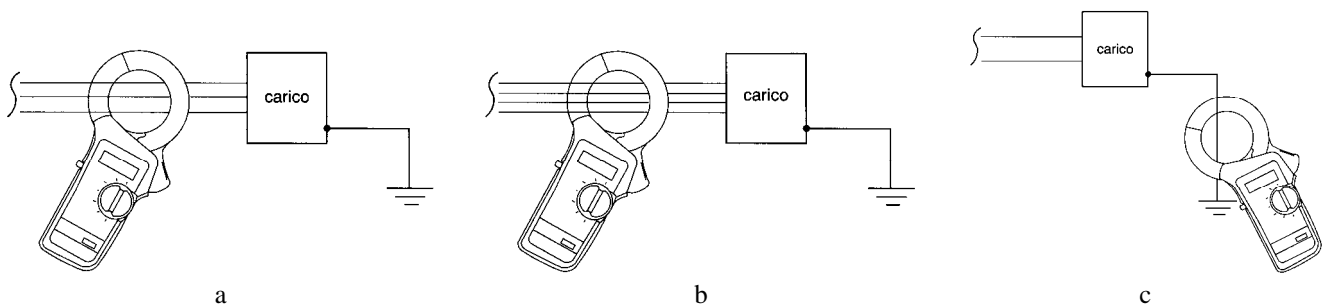


Fig. 5.111 - Inserzioni: a) Per la misura delle correnti di dispersione su un sistema trifase senza neutro distribuito - b) Per la misura delle correnti di dispersione su un sistema trifase con neutro distribuito - c) Per la misura delle correnti di drenaggio a terra.

Per l'esecuzione della misura, si collega un conduttore fra la terra e, successivamente, fra ognuna delle fasi del circuito separato. Qualora non si conosca il valore presunto della corrente di primo guasto, e comunque quale precauzione per la sicurezza, è bene inserire un reostato fra il conduttore di fase e la terra ed effettuare la misura escludendo gradualmente. Si ricorda che la corrente di primo guasto dei circuiti separati nei locali adibiti ad uso medico non deve essere superiore a 2 mA con gli apparecchi scollegati. Le pinze amperometriche idonee ad eseguire questa misura sono generalmente realizzate per ricercare e misurare le correnti di dispersioni.

Vale la pena ricordare che, nelle moderne installazioni sia civili sia industriali, sta crescendo sempre più l'utilizzo di apparecchiature costituenti i cosiddetti "carichi non lineari" (reti di computer, dispositivi per la regola-

zione della velocità dei motori elettrici, alimentatori, ecc.), che contribuiscono a deformare anche notevolmente la forma d'onda dei segnali ad esso applicati, allontanandola sempre più dalla tradizionale forma d'onda sinusoidale tipica dei carichi "lineari" (resistenze, induttanze e capacità).

I normali strumenti di misura (multimetri e pinze amperometriche) per la misura delle tensioni e delle correnti alternate del tipo a **valore medio** consentono di effettuare misure precise solamente su forme d'onda sinusoidale di segnali e, dunque, su carichi di tipo lineare. Per misure su carichi non lineari, l'insorgere di componenti armoniche, che provocano la distorsione della forma d'onda del segnale, rende necessario l'impiego di strumenti in **vero valore efficace** (TRMS, *True Root Mean Square*) in quanto gli strumenti in valore medio, considerando il valore della sola frequenza fondamentale di 50 Hz, possono dare luogo a errori anche notevoli sulla lettura dei valori.

Gli strumenti in TRMS forniscono, invece, oltre al valore efficace della fondamentale, anche il valore efficace dell'intera onda, comprese le armoniche, entro la banda passante per cui sono progettati.

Di conseguenza, misurando la stessa grandezza con strumenti di entrambe le famiglie, i valori ottenuti sono identici solo se l'onda del segnale è puramente sinusoidale, mentre, per forme d'onda distorte, gli strumenti in TRMS forniscono valori sempre maggiori rispetto ai corrispondenti strumenti in valore medio.

In definitiva, è importante l'uso di strumenti di misura in TRMS quando occorre eseguire misure ed effettuare manutenzioni su impianti elettrici al fine di ottenere valori di lettura veritieri delle grandezze esaminate.

Ogni strumento di misura elettrica, oltre ad assolvere alla propria funzione, deve porre in sicurezza l'operatore dalle sovratensioni istantanee, che possono insorgere per effetto della presenza di reti di carico complesse, situazioni di cortocircuito, scariche atmosferiche e così via.

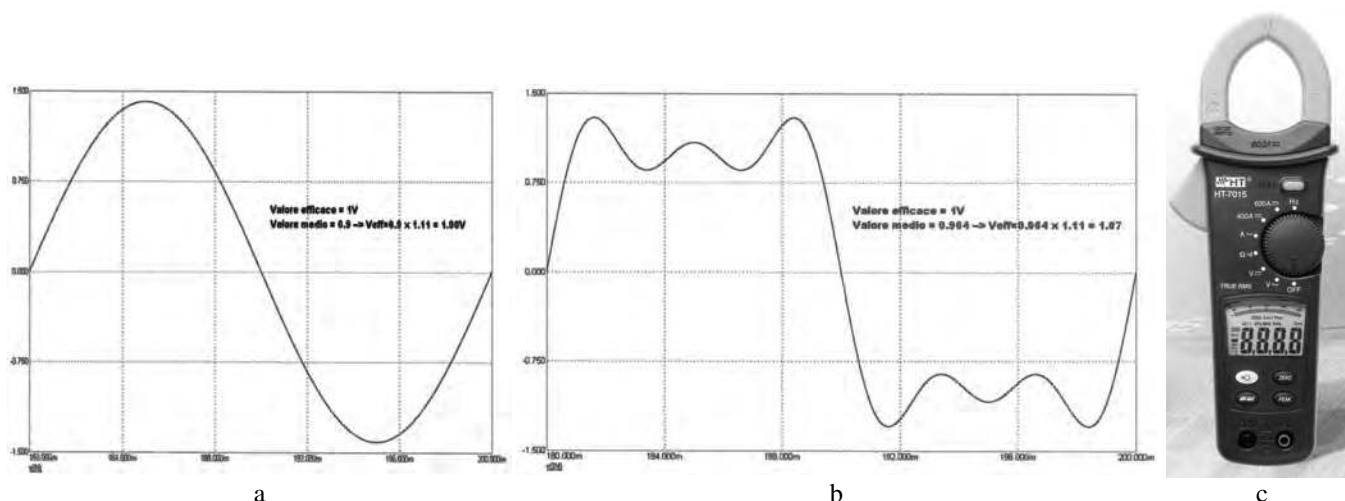


Fig. 5.112 - Forma d'onda sinusoidale su un carico lineare - b) Forma d'onda distorta su un carico non lineare - c) Esempio di pinza amperometrica digitale multifunzione per misure fino 600 A - AC/DC. Si noti la scritta TRMS a sinistra sopra il display e la scritta CAT III 600 V posta in alto a sinistra vicino alla pinza (HT).

Le norme internazionali IEC 61010-1 hanno stabilito quattro "categorie di sovratensione", che definiscono il livello di protezione, dai transitori di tensione, di ogni strumento, in funzione della distanza dalla sorgente di alimentazione. Strumenti appartenenti alla categoria più elevata richiedono maggiore protezione interna in quanto possono operare in prossimità della sorgente. Una breve descrizione è riportata nella tab. 5.46.

Categoria di sovratensione	Tipologia di misura	Esempi di applicazione
CAT I	Misure effettuate su circuiti non collegati direttamente alla rete di distribuzione	Apparecchiature elettroniche protette, misure su dispositivi non derivati dalla rete
CAT II	Misure effettuate su circuiti collegati direttamente sull'installazione a bassa tensione	Apparecchiature per uso domestico, utensili portatili e similari
CAT III	Misure effettuate in installazioni all'interno di edifici	Pannelli di distribuzione, cablaggi, interruttori, prese di installazioni fisse, motori elettrici, apparecchiature industriali
CAT IV	Misure effettuate su una sorgente di un'installazione in bassa tensione	Contatori elettrici, misure su dispositivi primari di protezione dalle sovracorrenti, unità di regolazione dell'ondulazione.

Tab. 5.46 - Categorie di sovratensione per gli strumenti di misura secondo la norma IEC 61010-1.

Le prove principali (verifiche strumentali) da eseguire sugli impianti elettrici sono le seguenti:

- 1) prova della continuità dei circuiti di protezione;
- 2) prova di funzionalità degli interruttori differenziali;
- 3) misura della resistenza di terra;
- 4) misura della resistenza d'isolamento;
- 5) verifica della protezione per separazione elettrica;

- 6) misura dell'impedenza dell'anello di guasto e della resistenza di cortocircuito;
- 7) misura della corrente di cortocircuito;
- 8) misura della caduta di tensione.

Di seguito sono mostrate le modalità di collegamento di alcune apparecchiature necessarie per effettuare le verifiche strumentali più comuni; per ulteriori informazioni sull'uso delle apparecchiature di misura, è comunque necessario fare riferimento ai manuali di istruzione.

1) Prova della continuità dei circuiti di protezione. La continuità dei conduttori di protezione (PE), del neutro quando svolge anche la funzione di conduttore di protezione (PEN), dei conduttori equipotenziali principali (EQP) e supplementari (EQS) e del conduttore di terra (CT) deve essere accertata mediante uno strumento che eroga una corrente di almeno 0,2 A, impiegando una sorgente di tensione alternata o continua compresa fra 4 e 24 V a vuoto.

Negli impianti elettrici dei locali adibiti a uso medico, la resistenza dei conduttori equipotenziali deve essere misurata con una tensione a vuoto da 6 a 12 V e una corrente di circa 10 A; il valore misurato non deve essere superiore a 0,15 Ω.

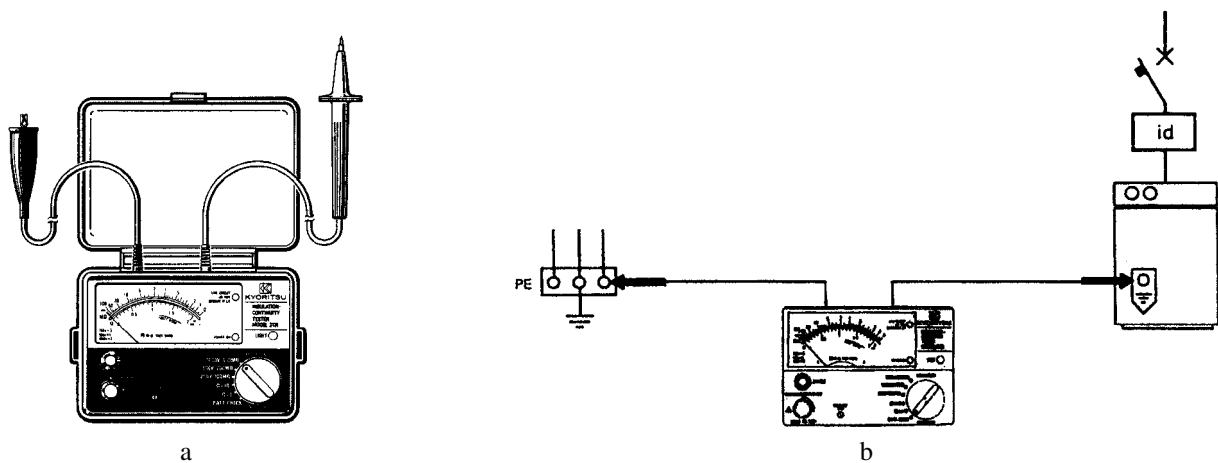


Fig. 5.113 - a) Strumento per le misure di isolamento e prove di continuità - b) Misura di continuità tra collettore di terra o nodo e massa di un apparecchio utilizzatore.

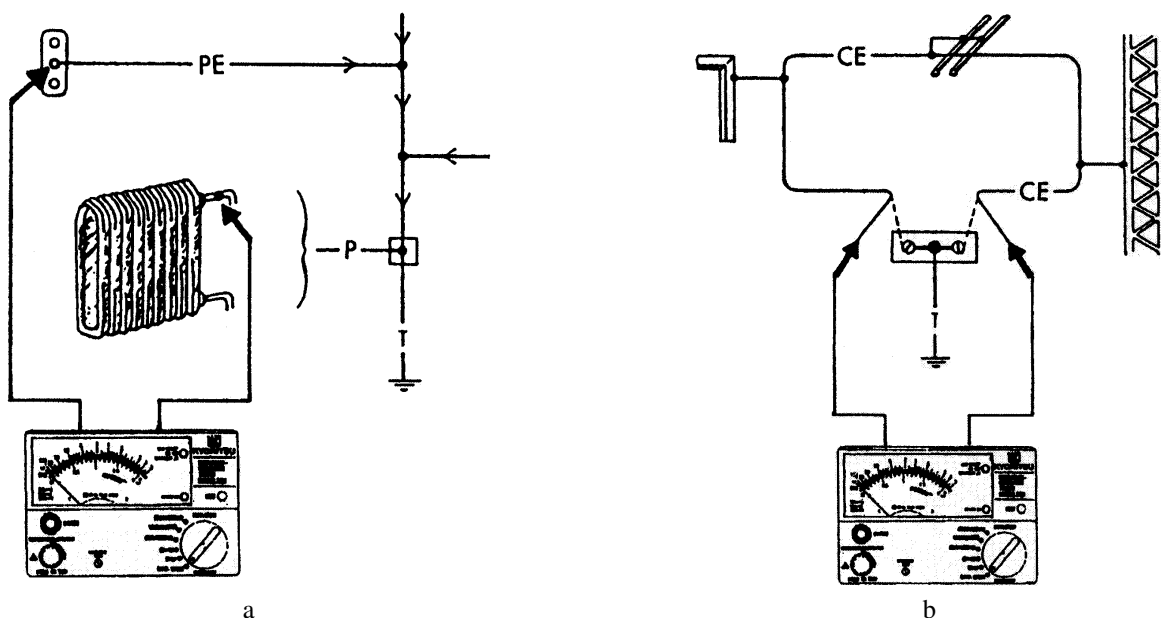


Fig. 5.114 - a) Misura di continuità tra alveolo centrale di una presa e massa estranea - b) Misura tra due estremi di un anello equipotenziale.

Per eseguire la prova, occorre verificare che vi sia continuità tra:

- il collettore di terra e i dispersori (quando accessibili);
- il collettore di terra e le masse estranee principali (tubi dell'acqua, gas, riscaldamento, ecc.);
- il collettore di terra o i nodi ed i morsetti di terra degli apparecchi utilizzatori di Classe I;
- il collettore di terra o i nodi e i poli di terra delle prese a spina;
- le masse estranee dei locali contenenti bagni o docce ed il nodo o i poli di terra delle prese a spina.

La norma di riferimento da prendere in considerazione per queste misure è la CEI 64-8.

Nella fig. 5.113 e fig. 5.114 viene mostrato un apposito strumento per effettuare le misure di continuità e alcuni esempi di collegamento.

2) Prova di funzionalità degli interruttori differenziali. Questa prova consiste nell'accertare che gli interruttori differenziali installati conservino nel tempo le proprie caratteristiche.

Gli strumenti portatili di questo tipo consentono, in genere, di effettuare:

- la prova di non intervento con una corrente di dispersione pari a metà della propria corrente d'intervento I_{dn} ;
- la prova di intervento con una corrente di dispersione pari alla propria corrente d'intervento I_{dn} con la lettura dei tempi di intervento fino a 2 s;
- la prova di intervento veloce a $5I_{dn}$ con la lettura di intervento;
- la prova di intervento entro 40 ms con una corrente di dispersione di 250 mA quando si tratta di interruttore differenziale ad alta sensibilità.

Per realizzare una verifica che accerti le funzioni di protezione per le quali l'interruttore differenziale è installato, si può verificare, per esempio, che ogni interruttore differenziale di tipo "AC":

- non intervenga con una corrente di dispersione pari a metà della propria corrente d'intervento I_{dn} ;
- intervenga entro 500 ms se $I_{dn} = 30$ mA o entro 2 s se $I_{dn} > 30$ mA con una corrente di prova di valore pari alla propria corrente d'intervento I_{dn} ;
- intervenga entro 40 ms con una corrente di dispersione di 250 mA quando si tratta di interruttori differenziali con $I_{dn} = 30$ mA, oppure con una corrente pari a $5 I_{dn}$ quando si tratta di interruttori differenziali con $I_{dn} > 30$ mA.

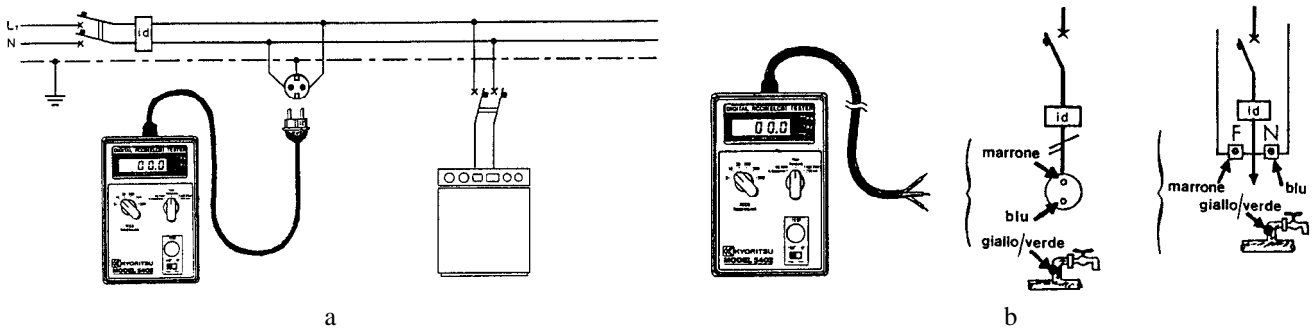


Fig. 5.115 - a) Modalità di collegamento dell'apparecchio prova differenziali ad una presa a spina - b) Collegamento su un impianto senza conduttore di protezione (PE) fra presa a spina e massa estranea e fra morsetti di un interruttore differenziale ed una massa estranea.

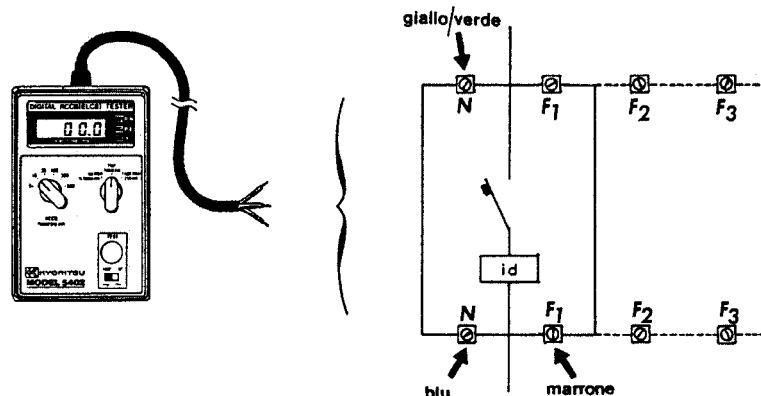


Fig. 5.116 - Collegamento diretto all'interruttore differenziale su un impianto con tensione 400/230 V.

La corrente di prova può essere iniettata nei due opposti angoli ciclici, 0° e 180° , con riferimento all'onda di tensione, per avere, così, i due tempi d'intervento migliore e peggiore. Per ogni interruttore differenziale di tipo "A" si può anche verificare che intervenga con una corrente pulsante ad una semionda di valore efficace pari a 1,4 volte la corrente nominale sovrapposta ad una corrente continua di 6 mA.

Per gli accertamenti di cui sopra è possibile collegare i terminali dello strumento:

- direttamente ai morsetti a valle dell'interruttore di prova e la terra;
- tra i morsetti a valle e quelli a monte dell'interruttore di prova;
- direttamente alle prese a spina o ai circuiti protetti dallo stesso differenziale di prova, possibilmente con gli apparecchi utilizzatori non collegati.

Le norme di riferimento da prendere in considerazione per queste misure sono la CEI 64-8 e la CEI 17-5.

Nella fig. 5.115 sono mostrati alcuni esempi di utilizzo di uno strumento per la verifica della funzionalità degli interruttori differenziali.

3) Misura della resistenza di terra. La misura della resistenza del dispersore D è eseguita conficcando nel terreno un dispersore ausiliario (o sonda) di corrente Da e una sonda di tensione Dv ad una distanza di circa $5 \div 10$ m tra loro e rispetto al dispersore in esame.

La fig. 5.117 illustra come è effettuato il collegamento dei due dispersori ausiliari Da e Dv e del dispersore in prova D con il misuratore della resistenza di terra.

La distanza di $5 \div 10$ m è puramente indicativa ed è valida solo per la misura dei singoli dispersori a picchetto.

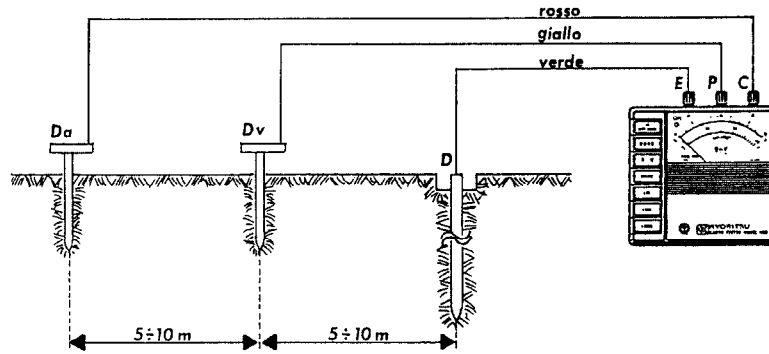


Fig. 5.117 - Modalità di collegamento di un misuratore di resistenza di terra.

Quando si eseguono misure su impianti molto estesi, il dispersore di corrente Da deve essere conficcato ad una distanza (2) dal contorno dell'impianto da verificare, pari almeno alla massima dimensione lineare (1) del suolo impegnato dall'impianto di terra stesso (fig. 5.118).

Per accertare l'attendibilità della misura e, quindi, l'indipendenza dell'impianto in verifica rispetto al dispersore ausiliario Da , bisogna ripetere la misura spostando la sonda di tensione Dv prima di qualche metro verso l'impianto D in verifica (posizione Dv_1) e, successivamente, di qualche metro verso il dispersore di corrente Da (posizione Dv_2), così da individuare se la zona dove è conficcato il dispersore di tensione Dv è a potenziale indisturbato.

Se i valori ottenuti sono uguali, o comunque non si differenziano in maniera considerevole, è confermata l'attendibilità della misura, poiché si ha l'indipendenza dei dispersori ausiliari rispetto all'impianto di terra.

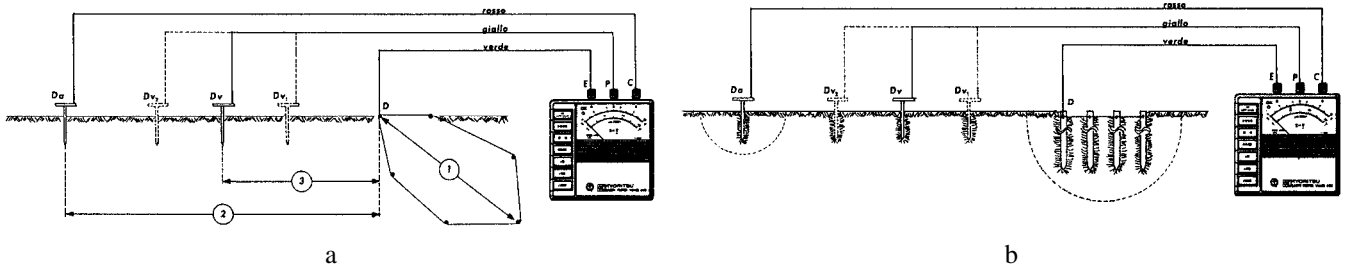


Fig. 5.118 - a) Collegamento diretto all'interruttore differenziale su un impianto con una tensione 400/230 V - b) Individuazione della zona a potenziale indisturbato.

Se, invece, i valori si discostano fra loro in maniera considerevole, bisogna allontanare di più il dispersore di corrente Da rispetto all'impianto D in verifica e ripetere la misura utilizzando lo stesso metodo, posizionando sempre il dispersore di tensione Dv alla stessa distanza (3) sia rispetto all'impianto D in verifica sia rispetto al dispersore di corrente Da . La norma di riferimento per queste misure è la CEI 64-8.

Quando si vuole misurare la resistenza di un impianto di terra facente parte di un sistema TT in un centro urbano dove non è possibile utilizzare i dispersori ausiliari, la resistenza globale di terra può essere misurata utilizzando il loop tester, come mostrato nella fig. 5.119.

Tale misura è effettuata collegando lo strumento anche direttamente ad una presa a spina.

Il valore misurato comprenderà, oltre alla resistenza del dispersore, anche quella del dispersore della cabina dell'Ente distributore, più la resistenza delle linee e dell'avvolgimento secondario del trasformatore.

Il valore così ottenuto è sempre maggiore di quello relativo al solo dispersore per cui, ai fini del coordinamento con i dispositivi di protezione, è sempre a vantaggio della sicurezza.

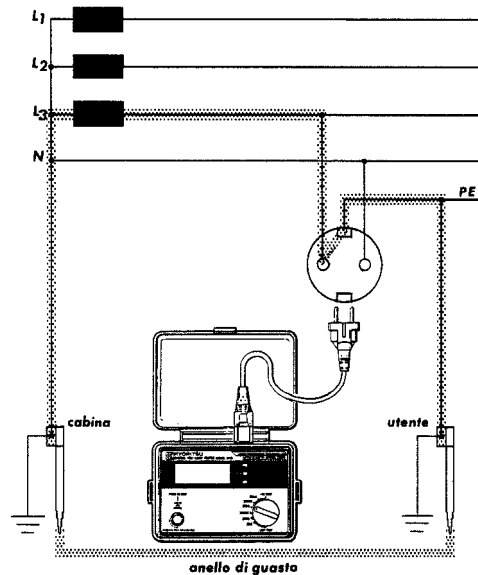


Fig. 5.119 - Misura della resistenza di terra con il loop tester.

4) Misura della resistenza d'isolamento. L'apparecchio da utilizzare per eseguire questa misura deve essere in grado di fornire le tensioni di prova richieste (250 V, 500 V, 1000 V) su una resistenza di carico pari al valore minimo ammesso per la resistenza d'isolamento dell'impianto (0,25 M Ω , 0,5 M Ω , 1 M Ω), facendo, quindi, circolare una corrente di 1 mA. Per la scelta di questo strumento, si deve accertare, inoltre, che i valori della resistenza d'isolamento ammessi siano facilmente leggibili sulla scala, nel caso di uno strumento analogico, o siano forniti con buona precisione dall'indicatore numerico, nel caso di uno strumento digitale.

La resistenza d'isolamento dell'impianto elettrico deve essere misurata, a circuito sezionato, tra:

- conduttori attivi e la terra, per tutte le parti di impianto comprese fra due fusibili o interruttori automatici successivi, o posti a valle dell'ultimo fusibile o interruttore automatico;
- (raccomandato) i conduttori attivi fra di loro.

In genere, negli impianti di piccola estensione, la misura della resistenza è effettuata all'origine dell'impianto ed i conduttori di fase e di neutro possono essere collegati insieme.

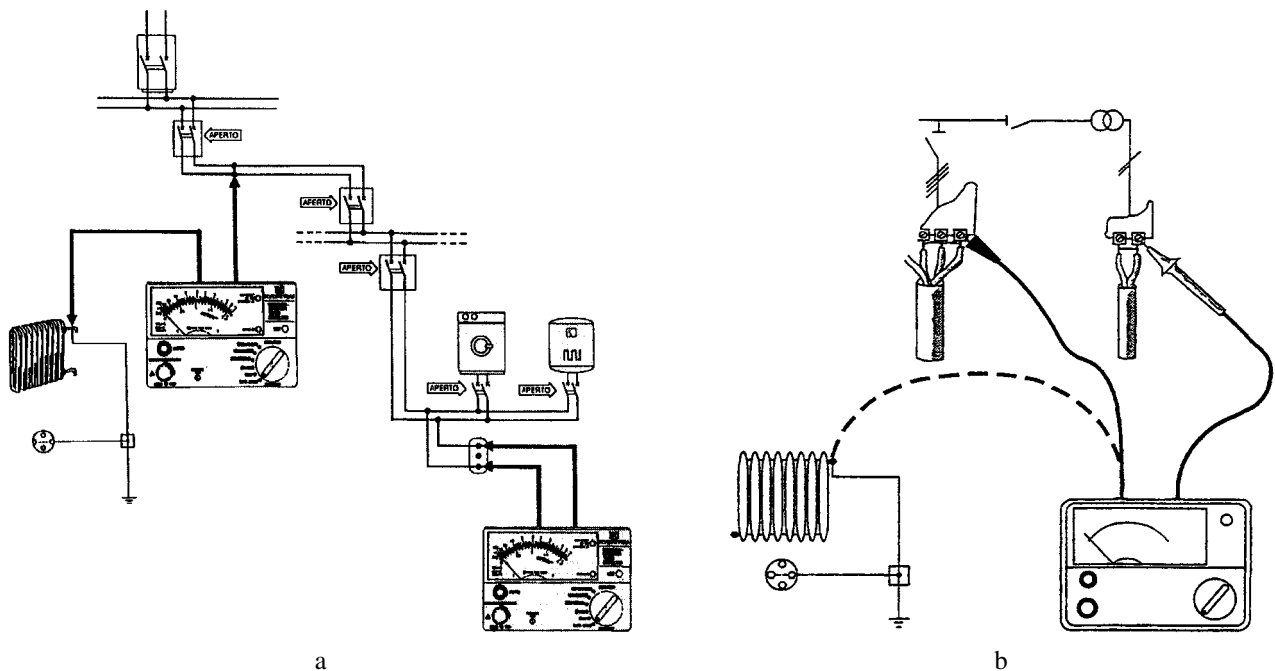


Fig. 5.120 - a) Misura della resistenza di isolamento - b) Per la verifica della protezione per separazione elettrica, occorre misurare la resistenza d'isolamento tra le parti attive del circuito separato e quelle di altri circuiti (anche per SELV e PELV) e tra la terra e il circuito separato (anche per SELV).

Quando si esegue questa misura tra i conduttori attivi, gli apparecchi utilizzatori devono essere sezionati o scollegati. Qualora non fosse possibile o agevole il loro sezionamento (per esempio, corpi illuminanti o apparecchi utilizzatori fissi), la misura della resistenza d'isolamento tra i conduttori attivi deve essere realizzata in corso d'opera oppure ci si deve limitare alla misura tra i conduttori attivi e la terra.

Nei sistemi TN-C, il conduttore PEN è considerato come parte della terra. La resistenza d'isolamento, misurata con le tensioni di prova in corrente continua indicate nella tab. 5.47, è accettabile quando ogni circuito, con gli apparecchi utilizzatori disinseriti, presenta un valore della resistenza d'isolamento non inferiore a quanto indicato nella stessa tabella. La norma di riferimento per queste prove è la CEI 64-8.

Tensione nominale dei circuiti	Tensione di prova in DC	Resistenza d'isolamento di ciascun circuito
SELV e PELV (categoria zero)	250 V DC	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
Fino a 500 V compresi, con l'eccezione dei casi di cui sopra	500 V DC	$\geq 0,50 \text{ M}\Omega$
Oltre 500 V	1000 V DC	$\geq 1,00 \text{ M}\Omega$

Tab. 5.47 - Valore della minima resistenza di isolamento in funzione delle tensioni di prova.

5) Verifica della protezione per separazione elettrica. Per questa misura, mostrata in fig. 5.120b, è necessario utilizzare lo stesso strumento usato per la misura della resistenza d'isolamento per verificare la protezione mediante i sistemi SELV e PELV; inoltre, si deve accertare che la resistenza d'isolamento misurata tra:

- le parti attive del circuito (per esempio, sul primario del trasformatore d'isolamento funzionante a 220/230 V) in prova e quelle di altri circuiti per i sistemi SELV e PELV (per esempio, sul secondario del trasformatore d'isolamento funzionante a 12 V),
- le parti attive del circuito (per esempio, sul secondario del trasformatore) in prova e la terra per i sistemi SELV, non sia inferiore a $0,25 \text{ M}\Omega$, con una tensione di prova di 250 V DC.

Per verificare la protezione mediante separazione elettrica, si deve accertare che la resistenza d'isolamento tra:

- le parti attive del circuito separato e quelle di altri circuiti,
- le parti attive del circuito separato e la terra,

sia in accordo con i valori presentati nella tab. 5.47.

6) Misura dell'impedenza dell'anello di guasto e della resistenza di cortocircuito. La misura dell'impedenza dell'anello di guasto nei sistemi TN è eseguita collegando il loop tester fra una fase immediatamente a monte dell'interruttore (v. fig. 5.121a), o fusibile successivo, a quello del quale si vuole accertare il coordinamento ed il conduttore di protezione della massa da proteggere.

Il loop tester rileva la resistenza totale dell'anello di guasto in luogo dell'impedenza, commettendo, così, un errore tanto maggiore quanto più basso è il $\cos \varphi$ di cortocircuito.

Per tensione tra fase e neutro di 230 V, si può ottenere il valore dell'impedenza moltiplicando i valori di resistenza R misurata per dei fattori di correzione K calcolati sulla base dei $\cos \varphi$ di cortocircuito nominali prescritti dalla norma CEI 17-5. I fattori di correzione sono riportati nella tab. 5.48 e nel manuale d'istruzione dell'apparecchio. La norma di riferimento per questa prova è la CEI 64-8.

R	0,01	0,018	0,034	0,058	0,13
K	3	2	1,42	1,25	1,11

Tab. 5.48 - Fattori di correzione K calcolati sulla base dei $\cos \varphi$ di cortocircuito nominali per una tensione tra fase e neutro di 230 V, prescritti dalla norma CEI 17-5.

7) Misura della corrente di cortocircuito. Con il loop tester collegato tra una fase ed il neutro di una linea, è possibile misurare la resistenza di cortocircuito minima o massima, a seconda che ci si trovi nel punto più vicino o più lontano dalla fonte di alimentazione, per la determinazione poi della corrente di cortocircuito, rispettivamente, massima e minima (v. fig. 5.121b).

I moderni strumenti a microprocessore sono in grado di indicare direttamente il valore della corrente di guasto o di cortocircuito.

8) Misura della caduta di tensione. Per effettuare questa misura (v. fig. 5.122), è necessario utilizzare due voltmetri aventi la stessa classe di precisione. Occorre collegare un voltmetro in un punto qualsiasi dell'impianto, con tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare simultaneamente inseriti, e l'altro al punto di consegna dell'impianto.

Le cadute di tensione date dalla differenza di letture dei due voltmetri non devono superare il 4% della tensione misurata al punto di consegna dell'impianto utilizzatore più sfavorito.

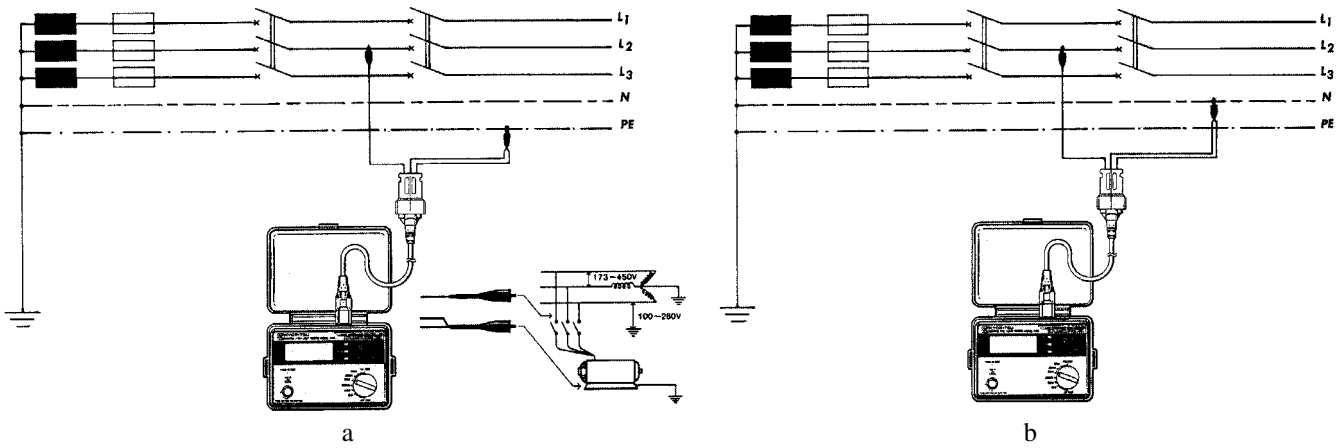


Fig. 5.121 - a) Misura dell'impedenza di guasto - b) Misura della corrente di cortocircuito monofase.

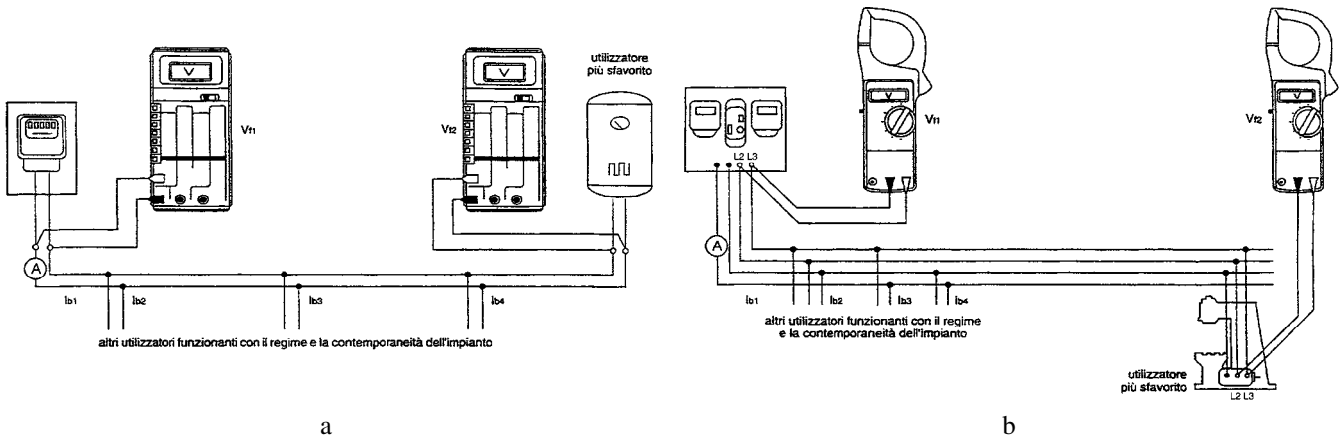
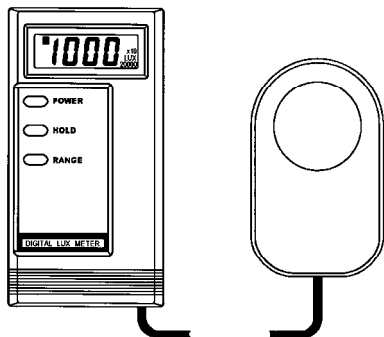


Fig. 5.122 - Misura della caduta di tensione: a) Schema d'inserzione monofase - b) Schema d'inserzione trifase.

Oltre alle misure elettriche elencate precedentemente, può essere necessario **misurare il livello minimo di illuminamento**. Lo scopo della misura è quello di accertare che i livelli e l'uniformità di illuminamento siano conformi alle richieste normative e di progetto.

La misura può essere effettuata per verificare l'illuminazione di sicurezza nei locali di pubblico spettacolo (illuminamento medio 5 lx nelle vie di fuga e 3 lx negli altri ambienti) oppure l'illuminazione di sicurezza nei locali di lavoro (5 lx nelle vie di fuga, oppure valori superiori per esigenze specifiche legate alla sicurezza).

La misura dell'illuminamento artificiale deve essere eseguita in assenza totale di luce naturale e, di conseguenza, durante il giorno è essenziale oscurare finestre e porte a vetri. Occorre disporre la fotocellula a 1 m dal pavimento, perpendicolare alla direzione del flusso luminoso, ed effettuare la lettura a cellula ferma.



Esempio di luxmetro digitale per luce naturale ed artificiale.
 Campo di misura da 0 a 20000 lx con valore minimo leggibile di 0,01 lx.
 Errore di misura non superiore a 1% del valore letto.
 Fotocellula separata dallo strumento con lente di correzione dell'angolo di incidenza e possibilità di memorizzare le misure.

Fig. 5.123 - Esempio di luxmetro digitale e relativa fotocellula.

5.40 Impianti di ventilazione (nel CD-ROM allegato)

5.41 Automazione degli impianti di riscaldamento (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 6

PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI

6.1 Introduzione agli impianti industriali

Di seguito sono presentate le apparecchiature più comuni che è possibile incontrare in un impianto elettrico industriale e, in particolare, quelle destinate al comando dei motori elettrici. In base alle funzioni svolte, queste apparecchiature possono essere suddivise in: **apparecchi per i circuiti di potenza, apparecchi di protezione, apparecchi ausiliari di comando.**

Di particolare importanza, tra gli apparecchi utilizzati nei circuiti di potenza, è il contattore che assolve il compito di collegare, per esempio, i motori elettrici alla rete di alimentazione. La norma CEI 17-50 costituisce il riferimento legislativo per queste apparecchiature. Tale norma si occupa dei contattori per la manovra dei circuiti aventi una tensione non superiore a 1000 V, in corrente alternata, e a 1200 V, in corrente continua. Le norme CEI 17-50 si occupano anche degli avviatori per motori elettrici funzionanti con una tensione non superiore a 1000 V (per esempio, avviatori diretti e avviatori stella-triangolo). Gli apparecchi ausiliari di comando, invece, sono i componenti necessari per realizzare i circuiti che comandano altre apparecchiature, come, per esempio, i contattori.

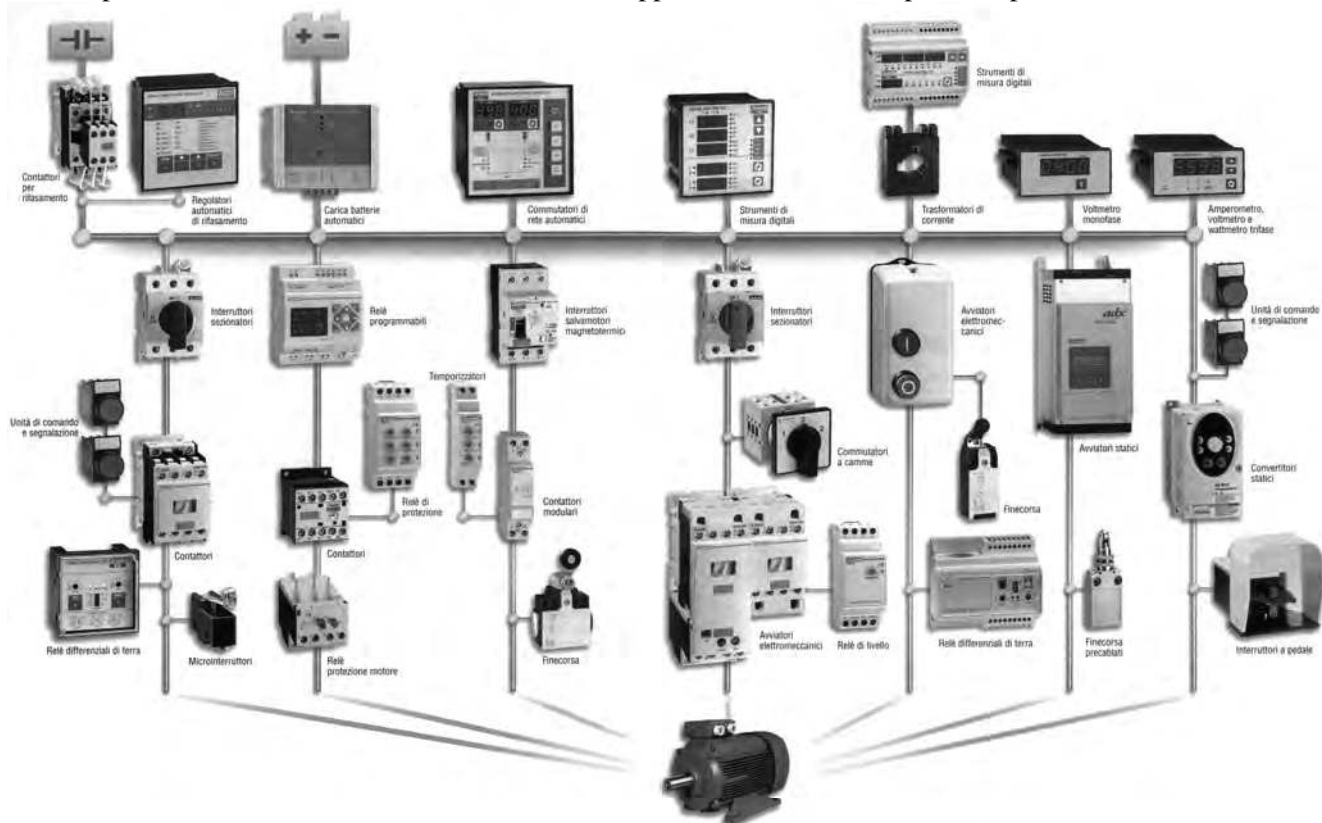


Fig. 6.1 - Esempi di apparecchiature per la realizzazione di impianti industriali (Lovato).

Con essi è possibile realizzare anche circuiti di segnalazione, interblocchi e circuiti di sicurezza, oppure rilevare grandezze fisiche e così via. Le norme CEI 17-44 e 17-45 costituiscono il riferimento legislativo per gli apparecchi ausiliari di comando e stabiliscono le caratteristiche generali che queste apparecchiature devono avere.

Anche nei circuiti per il comando dei motori non possono mancare le apparecchiature per la protezione contro le sovracorrenti; al riguardo è possibile consultare le norme CEI 17-44.

6.2 Sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e interruttori automatici

Ogni macchina deve essere dotata, all'ingresso della linea di alimentazione, di un dispositivo di sezionamento che permetta il distacco completo dell'equipaggiamento elettrico dalla rete di alimentazione, per esempio in caso di una riparazione o di manutenzione.

Solo sulle piccole macchine, con corrente nominale non superiore a 16 A e potenza complessiva dei motori non superiore a 2 kW, il dispositivo di sezionamento può essere sostituito da una spina industriale.

In tutti gli altri casi, il dispositivo di sezionamento, oltre che necessario, deve soddisfare i seguenti requisiti:

- 1) deve essere manovrabile solo a mano;
- 2) deve garantire l'apertura simultanea di tutti i conduttori attivi, compreso, eventualmente, il neutro;
- 3) deve avere solo due posizioni, stabili e definite, l'una di **aperto**, marcata con il simbolo **O**, e l'altra di **chiuso**, marcata con il simbolo **I**;
- 4) la condizione di aperto deve essere constatabile a vista oppure espressa mediante un indicatore di posizione e, per la posizione di fuori tensione, le caratteristiche costruttive dell'apparecchio devono garantire una sicura apertura ed un sufficiente distanziamento dei contatti;
- 5) l'azionatore deve poter essere bloccato (per esempio, con uno o più lucchetti) nella posizione di aperto e deve essere posto ad una altezza compresa tra 0,6 e 1,9 m dal pavimento o su un piano di comando facilmente accessibile;
- 6) la maniglia di comando esterna del dispositivo deve essere di colore nero o grigio; solo quando il dispositivo svolge anche la funzione di arresto d'emergenza, la maniglia deve essere di colore rosso;
- 7) la manovra di chiusura deve poter essere effettuata manualmente, tramite apposita maniglia, solo con l'anta del quadro elettrico chiusa. Se l'anta del quadro elettrico è aperta, l'esecuzione della manovra di chiusura deve richiedere, invece, l'uso di un attrezzo. Al contrario, la manovra di apertura deve poter essere effettuata sempre senza l'ausilio di alcun attrezzo. Nel caso qualche circuito rimanga sotto tensione durante tali manovre il grado di protezione deve essere \geq IP20.

Dall'insieme delle prescrizioni sopra riportate è possibile individuare alcune apparecchiature adatte a svolgere la funzione di sezionatore principale (vanno esclusi i contattori, gli avviatori stella-triangolo e così via). Si deduce, infatti, che la scelta deve ricadere sulle seguenti apparecchiature:

- sezionatori;
- interruttori di manovra-sezionatori;
- interruttori automatici.

In ogni caso, l'apparecchio adibito al sezionamento generale dell'alimentazione deve garantire una sufficiente separazione tra i contatti mobili e i contatti fissi.

I **sezionatori** sono apparecchiature che interrompono tutte le vie della corrente in un circuito elettrico, in modo sicuro e controllabile a vista dagli operatori. Queste apparecchiature si differenziano, però, dagli interruttori, che verranno descritti in seguito, perché devono essere manovrate solo a vuoto, cioè quando il circuito non è percorso da corrente.

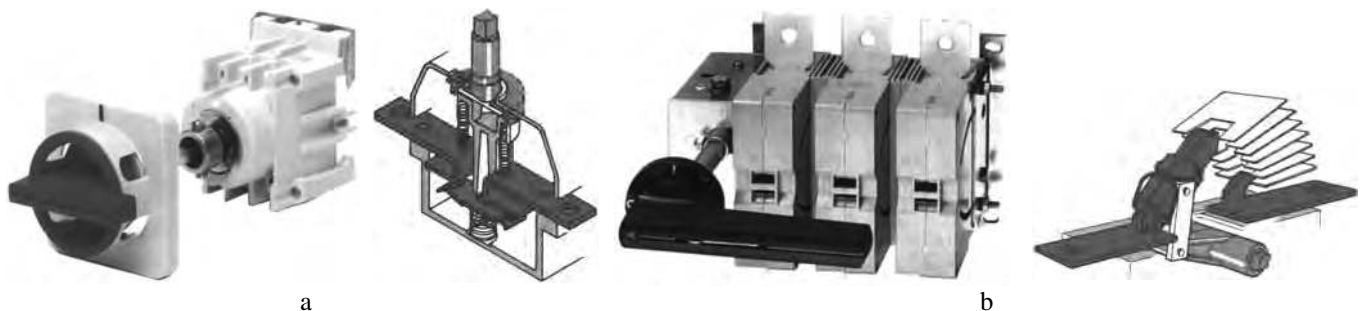


Fig. 6.2 - Esempi di interruttori di manovra-sezionatori: a) Interruttore semirotaivo da 25 A a 125 A, con contatti a doppia interruzione dotati di meccanismo di apertura certa. Tensione nominale fino a 690 V - b) Tipo con comando a maniglia da 200 A a 3150 A, con contatti a coltello a doppia interruzione con meccanismo ad intervento rapido. Tensione nominale fino a 1000 V (ABB).

Una manovra a carico determinerebbe, infatti, non solo il danneggiamento dell'apparecchio, ma anche e soprattutto un grave pericolo per il personale, a causa dell'arco elettrico che si genera all'atto dell'apertura dei contatti.

Per garantire la manovra solo in assenza di carico, è necessario equipaggiare l'apparecchio con un contatto ausiliario, che realizzi la diseccitazione di tutti i contattori prima dell'apertura dei contatti principali del sezionatore. Per questo motivo i sezionatori non trovano largo impiego sulle macchine.

Di conseguenza, sono utilizzate delle apparecchiature denominate **interruttori di manovra-sezionatori**, mostrate nella fig. 6.2, le quali abbinano i pregi del sezionatore a quelli dell'interruttore e sono in grado di operare il sezionamento di tutti i conduttori (ad eccezione della terra), con una chiara indicazione della posizione, vale a dire **I** = chiuso (ON), **O** = aperto (OFF). Gli interruttori di manovra-sezionatori sono dotati di un comando manuale rotativo, con una maniglia bloccabile nella posizione di OFF mediante un lucchetto.

Queste apparecchiature possono essere dotate di una bobina per lo sgancio a distanza, ma non deve essere possibile la chiusura dei contatti a bobina diseccitata.

Costruttivamente, in genere per portate superiori a 100 A, queste apparecchiature possono essere del tipo con poli allineati e comando frontale a maniglia, mentre, per portate fino a 100 A, il tipo più diffuso è quello semirotativo, formato da una maniglia di comando, da una mostrina, che riporta anche l'indicazione di aperto e di chiuso, e da frutti contenenti i contatti elettrici. Per garantire l'impossibilità di apertura dell'armadio elettrico, se non quando il dispositivo di sezionamento è aperto, entrambi i tipi di interruttori sono dotati di particolari interblocchi meccanici. Una caratteristica del tipo semirotativo è la componibilità modulare dei frutti, che permette la realizzazione di più schemi. Per il semplice utilizzo come dispositivo di sezionamento, sono disponibili delle versioni tripolari o quadripolari. Il grado di protezione frontale, se sono rispettate le indicazioni del costruttore, contro la penetrazione dei solidi e dei liquidi varia, secondo i modelli, da IP54 a IP55.

Gli **interruttori automatici** riuniscono le funzioni di protezione contro le sovracorrenti e le normali funzioni di interruzione e di connessione. La parola automatico si riferisce, infatti, al fatto che essi provvedono automaticamente a disinserire il circuito in caso di sovracorrenti.

Gli interruttori automatici hanno solitamente una doppia protezione, termica (contro i sovraccarichi) e magnetica (contro i cortocircuiti), da cui la definizione di interruttori automatici magnetotermici.

Anche in questo caso, le apparecchiature devono essere in grado di svolgere la funzione di sezionamento.

Questo tipo di interruttore è dotato di blocco meccanico sull'apertura dell'anta del quadro elettrico; inoltre, può essere provvisto di una bobina di apertura, che, associata al blocco meccanico, completa le sicurezze di apertura dell'anta del quadro con un ulteriore blocco elettrico. A differenza degli interruttori semirotativi, quelli automatici, una volta aperta l'anta del quadro elettrico, possono essere reinseriti manualmente senza l'ausilio di un attrezzo e, di conseguenza, è necessario impedire la reinserzione utilizzando un piccolo microinterruttore, il quale, ad anta aperta, deve agire sulla bobina di sgancio dell'interruttore automatico (v. fig. 6.3).

Qualora la macchina debba essere protetta contro la mancanza di tensione, per evitare che parti pericolose si mettano in moto al ristabilirsi della tensione, è possibile utilizzare una bobina di minima tensione anziché quella di sgancio. Tale bobina agisce, generalmente, con un valore di tensione dal 35% al 70% della tensione di chiusura.

In commercio sono disponibili interruttori di potenza e interruttori protettori: i primi sono adatti per una corrente nominale termica I_{th} variabile da 40 a circa 3000 A, mentre i secondi sono adatti per correnti nominali I_n di esercizio variabili da 0,1 a circa 40 A. È definita corrente nominale I_n quella corrente che l'apparecchio è in grado di sopportare senza interruzione per un periodo indefinito.



Legenda (da sinistra).

- Modulo di sgancio di minima tensione con o senza contatti ausiliari anticipati.
- Modulo di sgancio a distanza con o senza contatti ausiliari anticipati.
- Maniglia blocco porta lucchettabile per comando rinviato, con funzioni di interruttore di emergenza, IP54.
- Partenza motore modulare compatta.
- Modulo contatti ausiliari normali.
- Modulo di segnalazione sgancio.
- Modulo contatti ausiliari normali.

Fig. 6.3 - Sistema di protezione PKZ 0: a) In un unico apparecchio è possibile comandare e proteggere motori fino a 4 kW/400 V, sganciatore magnetico fisso a $14 I_n$, protezione contro il sovraccarico da $0,6 I_n$ a $1 I_n$, sensibile alla mancanza di fase - b) Esempio di possibile configurazione (Klökner-Moeller).

Con il termine corrente nominale termica I_{th} si intende, invece, quella corrente che l'apparecchio è in grado di sopportare per otto ore senza surriscaldarsi. Infine, negli interruttori protettori, la corrente I_e indica la corrente massima di regolazione del relè termico (v. tab. 6.12, tab. 6.13, tab. 6.15).

Gli **interruttori di potenza** consentono di assolvere alla funzione di sezionamento, così come previsto dalle norme, e sono costruiti con particolari calotte trasparenti, che permettono di vedere lo stato dei contatti dall'esterno dell'apparecchio. Queste apparecchiature hanno un potere di interruzione che varia da 7 kA a circa 100 kA. In commercio sono disponibili modelli con sganciatori magnetici tarabili da un minimo di $2 I_n$ a $4 I_n$ per la protezione di generatori (per esempio, per un gruppo elettrogeno), da $3 I_n$ a $8,5 I_n$ per la protezione di cavi e conduttori, da $6 I_n$ a $14 I_n$ per la protezione di motori. Gli interruttori protettori hanno normalmente la funzione di comando e protezione dai sovraccarichi e dai cortocircuiti dei motori, ma le moderne costruzioni modulari permettono di ottenere anche la funzione di interruttore di manovra - sezionatore, come mostrato nella fig. 6.3.

Questa moderna soluzione, confrontata con la soluzione tradizionale (interruttore protettore e contattore di manovra separati), offre alcuni vantaggi, in quanto consente di:

- scegliere un solo apparecchio;
- ricondurre la progettazione ad un solo apparecchio;
- gestire commercialmente un solo apparecchio;
- montare e cablare un solo apparecchio.

Si noti che il montaggio di un unico apparecchio, con la conseguente eliminazione delle operazioni di cablaggio interno tra interruttore protettore e contattore, riduce i costi di circa il 50% e consente un risparmio di spazio di circa il 300%.

Questa soluzione prevede, inoltre, la possibilità di inserire vari moduli quali, per esempio, relè magnetotermico, comando a distanza, contattore con protezione elettromagnetica (con potere di interruzione da 100 kA/400 V) e bobina di sgancio.

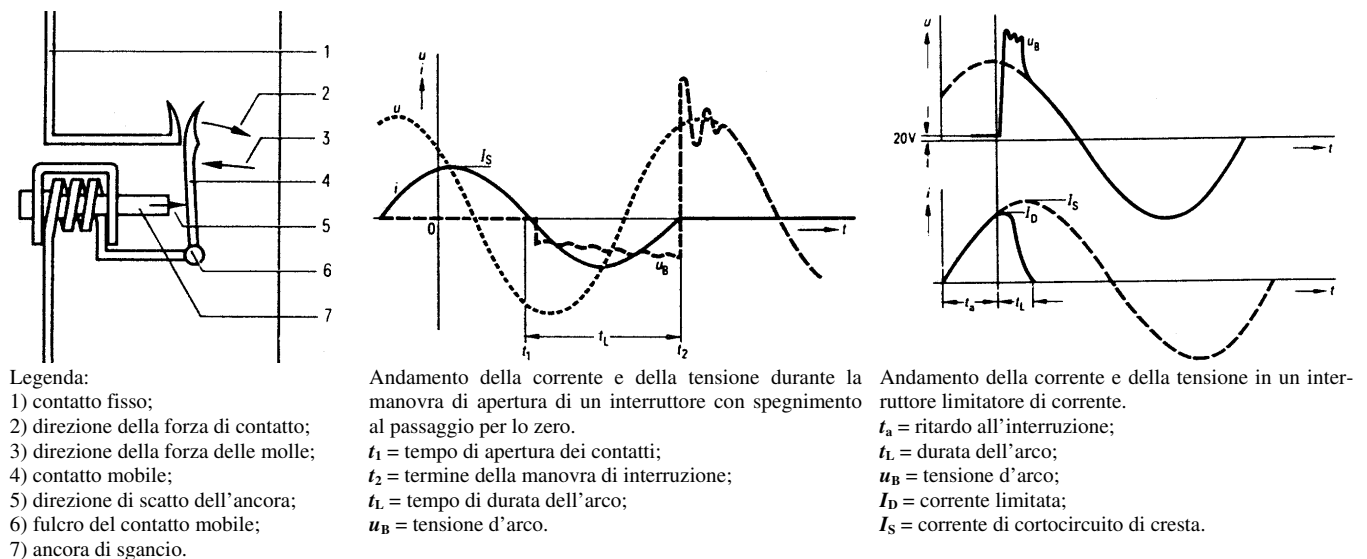


Fig. 6.4 - Andamento della corrente e della tensione durante la manovra di un contatto (Siemens).

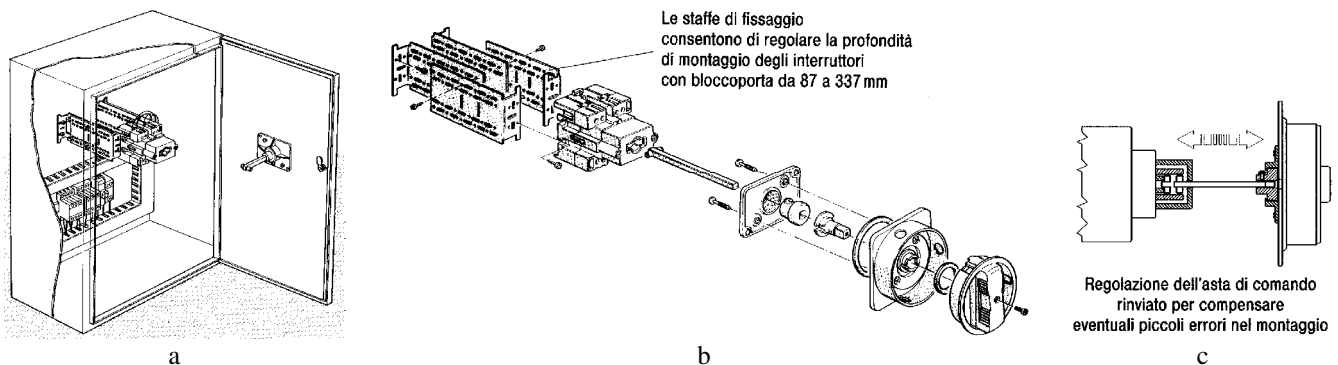


Fig. 6.5 - Interruttori di manovra-sezionatori: a) Da quadro con blocco porta - b) Montaggio mediante staffe di fissaggio. Possono essere predisposti per il montaggio a scatto su guida DIN 35 mm - c) Regolazione dell'asta di comando (Gewiss).

Gli interruttori protettori hanno la caratteristica di poter variare la taratura del relè termico di circa il 40%, mentre la loro corrente nominale I_c coincide con il valore massimo di regolazione possibile del relè termico.

Il valore di intervento del relè magnetico è fissato normalmente a circa 12 volte la corrente nominale, ma in alcuni modelli può essere regolato, per esempio, da 8,5 a 14 volte la corrente nominale.

6.3 Interruttori a camme per uso industriale

Gli interruttori a camme, chiamati anche interruttori rotativi, descritti anche nel Capitolo 2, sono apparecchiature di comando non automatiche, che funzionano tramite un meccanismo in grado di ruotare mediante una manopola di comando. Fanno riferimento alle norme CEI 17-44, CEI 17-11, CEI 17-45, nonché alla norma CEI 44-5. I contatti, doppi in lega di argento, fanno riferimento a dei morsetti di collegamento e sono azionati da una camma, che trasforma il moto rotatorio della manopola di comando in moto lineare del nottolino.

La possibilità di sagomare le camme in vario modo (v. fig. 6.7), unita alla modularità che contraddistingue il blocco contatti, consente di realizzare interruttori a camme costituiti da un numero di elementi molto vario, in relazione alle funzioni che i contatti devono svolgere nell'impianto.

La costruzione modulare delle piastre portacontatti diventa particolarmente utile qualora sia necessario effettuare delle modifiche al circuito su commutatori già installati, semplificando, così, la progettazione e riducendo i tempi di montaggio. Questa caratteristica permette le più svariate combinazioni circuitali, poiché è possibile collegare esternamente i contatti di un apparecchio con quelli di un altro.

Dal punto di vista costruttivo, sono predisposti per il montaggio da retroquadro, nel qual caso i morsetti sono accessibili posteriormente, oppure su pannello di fondo e su guida DIN, nel qual caso i morsetti sono accessibili frontalmente. Nella parte anteriore è prevista una manopola che sovrasta una targa o mostrina, che indica, con la posizione della manopola, la funzione svolta dai contatti.

Alcuni modelli sono forniti di dispositivo blocco porta; inoltre, sono previste delle prolunghie dell'albero di comando che possono arrivare fino ad una profondità di circa 200 mm.

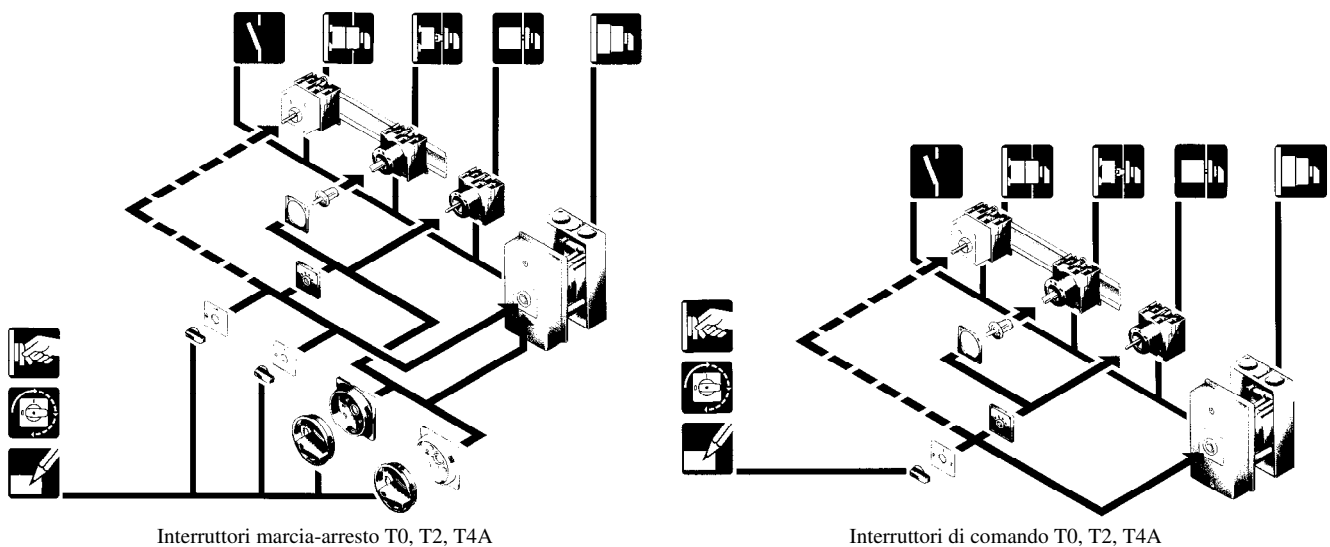


Fig. 6.6 - Possibili configurazioni di interruttori a camme (Klöckner-Moeller).

Gli interruttori a camme si differenziano in funzione del tipo di commutatore rotativo, in quanto possono essere provvisti di:

- **commutatore rotativo**, vale a dire un ausiliario di comando avente un attuatore destinato ad essere azionato mediante rotazione;
- **commutatore rotativo azionato a chiave**, cioè un commutatore rotativo in cui una chiave è usata come attuatore (l'estrazione della chiave può essere prevista, secondo il modello, in qualsiasi posizione);
- **commutatore rotativo a movimento limitato**, vale a dire un commutatore rotativo il cui attuatore ha un movimento angolare limitato;
- **commutatore rotativo con movimento unidirezionale**, cioè un commutatore rotativo in cui il sistema di comando consente la rotazione in un'unica direzione;
- **manipolatori a leva**, vale a dire un ausiliario di comando avente un attuatore costituito da un perno o da una leva, sporgente sostanzialmente ad angolo retto dal pannello dell'involucro quando si trova in una delle posizioni e previsto per essere azionato da uno spostamento angolare;

- **meccanismo di mantenimento in posizione**, cioè una parte di un sistema di azionamento che mantiene l'attuatore e/o gli elementi di contatto nelle loro posizioni;
- **dispositivi di arresto**, vale a dire un dispositivo che limita meccanicamente la corsa di una parte mobile. In relazione alla posizione, le norme indicano le operazioni dei commutatori rotativi nel seguente modo:
- la *posizione definita* è quella posizione in cui il meccanismo di posizionamento spinge il commutatore rotativo e lo ritiene fintanto che il momento agente non supera un certo valore;
- la *posizione di riposo* è quella posizione stabile in cui il meccanismo di posizionamento tende a riportare e mantenere il commutatore rotativo, per mezzo di energia accumulata;
- la *posizione di passaggio* è quella posizione in cui il meccanismo di posizionamento produce un marcato e voluto cambio nel momento agente, ma in cui l'attuatore non può rimanere da solo;
- la *posizione instabile* è quella posizione in cui l'attuatore è tirato contro il fermo da cui tornerà in una posizione di riposo per mezzo di energia accumulata (per esempio, per mezzo di una molla). Durante il passaggio dalla posizione instabile alla posizione adiacente di riposo, il commutatore rotativo può passare attraverso una o più posizioni di passaggio;
- la *posizione di aggancio* è quella posizione instabile in cui il meccanismo di ritorno è trattenuto da un sistema di aggancio;
- la *posizione bloccata* è quella posizione nella quale un commutatore rotativo è trattenuto mediante un'azione separata.

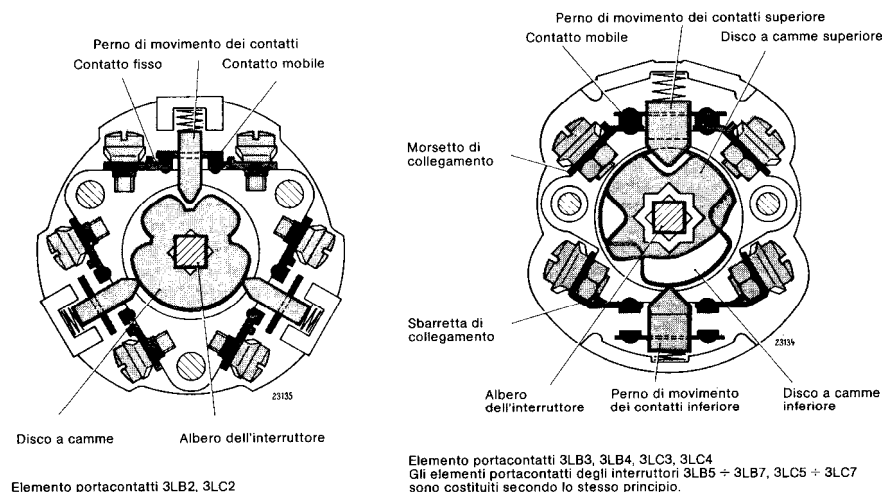


Fig. 6.7 - Particolare degli elementi portacontatti (Siemens).

Altre caratteristiche costruttive rendono semplici e veloci le operazioni di montaggio, vale a dire:

- morsetti di collegamento con viti imperdibili, con testa a croce e intaglio e placchetta serrafilo retrattile;
- guida anche per cacciavite pneumatico o elettrico, per facilitare il cablaggio;
- morsetto fornito già aperto, per un veloce montaggio;
- chiara identificazione della numerazione dei punti di connessione, per evitare possibili errori di cablaggio.

Gli interruttori a camme rappresentano una soluzione economica, come apparecchi di commutazione in circuiti ausiliari, circuiti luce e circuiti di misura. Essi possono essere utilizzati, però, anche come interruttori per il comando di motori elettrici, per piccole e medie potenze, fino a poco più di 10 kW.

Gli interruttori a camme possono altresì essere utilizzati, in una macchina, come interruttore principale, in quanto sono conformi alle norme CEI 44-5 e IEC 204-1, perché sono dotati di tutti i dispositivi di sicurezza per il sezionamento dei circuiti e per la disattivazione della macchina in caso di emergenza.

Queste apparecchiature, non essendo dotate di un elevato potere di interruzione, devono essere protette, però, contro i cortocircuiti mediante fusibili o tramite interruttore automatico.

Gli interruttori a camme possono svolgere, come si è detto precedentemente, svariati compiti e, di conseguenza, è possibile trovarli in diverse configurazioni circuitali, tra le quali le più significative sono le seguenti:

- semplice interruttore nelle versioni unipolare, bipolare, tripolare e tetrapolare;
- commutatore di linea nelle versioni unipolare, bipolare, tripolare e tetrapolare;
- commutatori per motori, con funzione, per esempio, di invertitore di marcia tripolare, avviatore stella-triangolo, commutatore di polarità, avviatore stella-triangolo con invertitori di marcia, commutatore di polarità con invertitori di marcia, invertitore di marcia per motori monofase;
- commutatore voltmetrico, per le tre tensioni di fase o per le tre tensioni concatenate, con la possibilità di inserzione diretta o mediante trasformatore voltmetrico (TV);

- commutatore amperometrico, con la possibilità di inserzione diretta o mediante trasformatore amperometrico (TA).
I principali dati reperibili sui cataloghi e caratterizzanti queste apparecchiature sono mostrati nella tab. 6.1.

Caratteristiche tecniche		Valori
Tensione nominale di isolamento U_i		660 V
Corrente nominale termica I_{th} , che può assumere diversi valori a seconda che l'interruttore sia in esecuzione aperta o chiusa per un servizio di 8 h		25 A
Corrente nominale termica I_{th} , in esecuzione in cassetta con portafusibili		20 A
Durata meccanica, indicata in cicli di manovra		$1 \cdot 10^6$
Massima frequenza di manovra meccanica		1200 cicli/h
Massima frequenza di manovra elettrica		120 cicli/h
Temperatura di funzionamento minima e massima		$-20\text{ }^\circ\text{C} + +70\text{ }^\circ\text{C}$
Temperatura di stoccaggio minima e massima		$-30\text{ }^\circ\text{C} + +70\text{ }^\circ\text{C}$
Altitudine di impiego		$\leq 2000\text{ m}$
Protezione contro i cortocircuiti: massima corrente nominale fusibili di protezione (a giorno)		25 A
Protezione contro i cortocircuiti: massima corrente nominale fusibili di protezione (in cassetta)		20 A
Valore efficace ammissibile di breve durata della corrente		0,75 kA
Valore di picco del potere di chiusura in cortocircuito		2 kA
Valore efficace della corrente di cortocircuito condizionato dal fusibile		5 kA
Potere di chiusura nominale		200 A, $\cos \varphi = 0,35$
Potere di interruzione nominale alla U_n 230 - 400 - 500 V		160 A, $\cos \varphi = 0,35$
Potere di interruzione nominale alla U_n 660 V		92 A, $\cos \varphi = 0,65$
Esempi di categorie di impiego, con valori caratteristici (U_e = tensione nominale di esercizio, I_e = corrente nominale di esercizio, P_n = potenza nominale):		
AC20 - $U_e = 660\text{ V}$, $I_e = 25\text{ A}$	AC22 - $U_e = 660\text{ V}$, $I_e = 25\text{ A}$	AC4 - $U_e = 380+440\text{ V}$, $P_n = 6\text{ kW}$
AC21 - $U_e = 660\text{ V}$, $I_e = 25\text{ A}$	AC3/AC23 - $\leq U_e = 500\text{ V}$, $I_e = 20\text{ A}$	AC11 - $U_e = 220+240\text{ V}$, $I_e = 8\text{ A}$
AC1 - $U_e = 660\text{ V}$, $I_e = 25\text{ A}$	AC4 - $U_e = 220+240\text{ V}$, $P_n = 4\text{ kW}$	AC11 - $U_e = 380+415\text{ V}$, $I_e = 6\text{ A}$

Tab. 6.1 - Esempi di caratteristiche tecniche degli interruttori a camme (BRETER).

Quando i commutatori rotativi sono dotati di una molteplicità di elementi di contatto e di diverse posizioni di azionamento, è necessario che il costruttore indichi la relazione tra le posizioni dell'attuatore e le posizioni dell'elemento di contatto associato.

Di conseguenza, è fondamentale che la relazione sia fornita mediante lo schema di funzionamento.

Nella fig. 6.8 sono mostrati alcuni esempi di interpretazione dello schema di funzionamento di un interruttore rotativo. Nella fig. 6.9 sono mostrati alcuni schemi di collegamento di interruttori a camme della ditta BRETER.

Schema di funzionamento	Note
<p>01 Interruttore unipolare</p>	<p>Interruttore unipolare. Il contatto facente capo ai morsetti 3-4 si chiude (X) nella posizione (1) dell'attuatore, mentre si apre () quando è nella posizione (0). I morsetti 1-2, previsti per motivi costruttivi, non fanno capo a nessun contatto. L'interruttore è costituito da 1 solo elemento portacontatti.</p>
<p>03 Interruttore tripolare</p>	<p>Interruttore tripolare. I contatti facenti capo ai morsetti 1-2, 3-4 e 7-8 si chiudono contemporaneamente (X) quando l'attuatore è posto nella posizione (1), mentre si aprono contemporaneamente quando esso è posto nella posizione (0). I morsetti 5-6, previsti per motivi costruttivi, non fanno capo a nessun contatto. L'interruttore è costituito da 2 elementi portacontatti.</p>
<p>08 Invertitore di marcia tripolare</p>	<p>Invertitore di marcia tripolare (per motori asincroni trifase). Tutti i contatti sono aperti quando l'attuatore è nella posizione (0). I contatti facenti capo ai morsetti 1-2, 7-8 e 11-12 si chiudono contemporaneamente (X) quando l'attuatore è posto nella posizione (1), mentre i contatti facenti capo ai morsetti 3-4, 5-6 e 11-12 si chiudono contemporaneamente (X) quando l'attuatore è posto nella posizione (2). I morsetti 9-10, previsti per motivi costruttivi, non fanno capo a nessun contatto. L'interruttore è costituito da 3 elementi portacontatti.</p>

Fig. 6.8 - Esempi di interpretazione dello schema di funzionamento di un interruttore rotativo (BRETER).

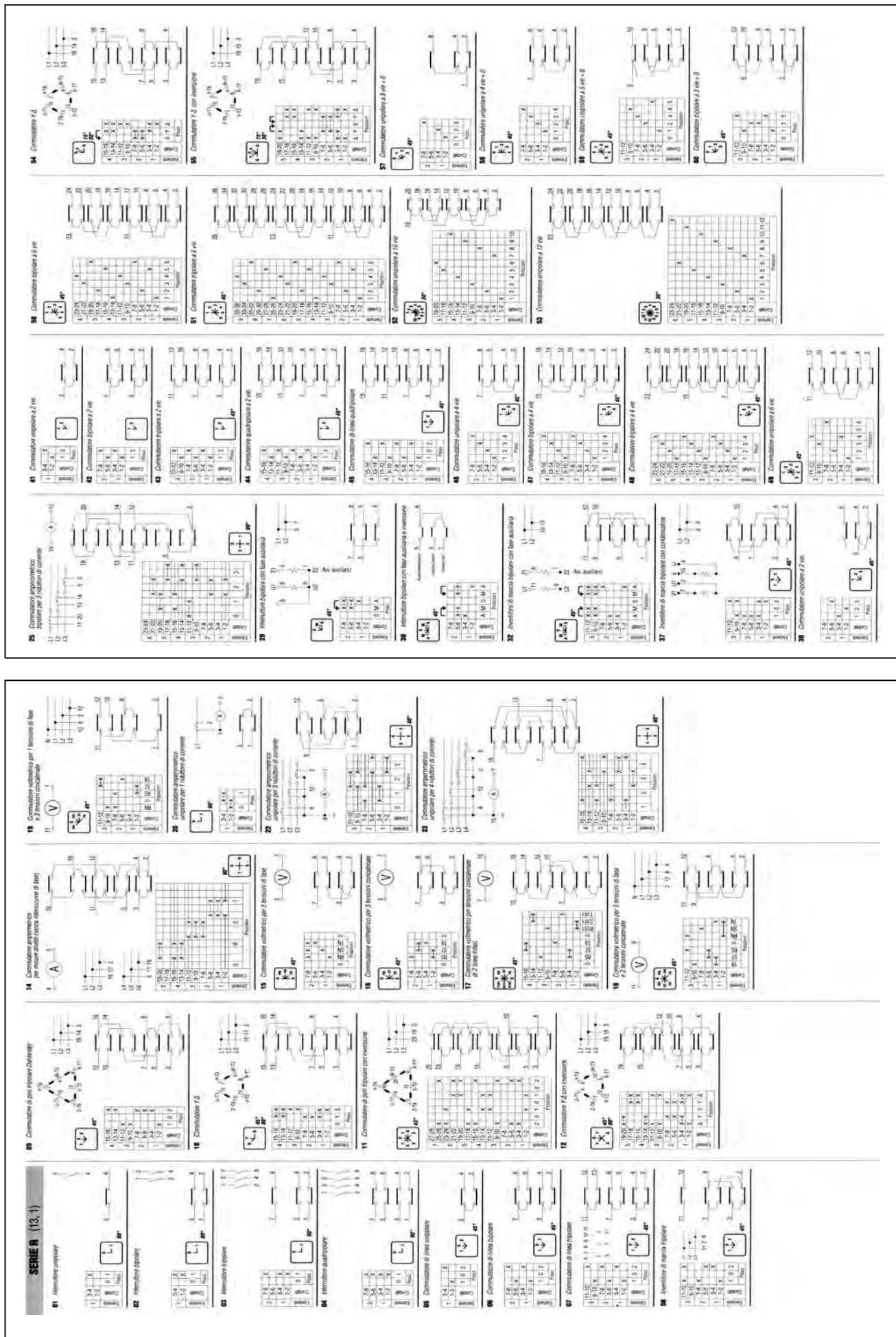


Fig. 6.9 - Esempi di schemi elettrici di interruttori a camme (BRETER).

6.4 Fusibili per applicazioni industriali

Vale la pena di precisare, in aggiunta a quanto già riportato nel Capitolo 2, che nelle applicazioni industriali, sono utilizzati i fusibili del tipo gG e del tipo aM: mentre il tipo gG è impiegato per la protezione contro i sovraccarichi e i cortocircuiti, il tipo aM, chiamato anche “accompagnamento motori”, svolge una funzione di protezione solo contro i forti sovraccarichi e i cortocircuiti e, di conseguenza, è utilizzato in combinazione con i relè termici.

Confrontando le curve caratteristiche dei fusibili gG con le rispettive curve dei fusibili aM (v. fig. 6.10a), si può notare come questi ultimi intervengano in un tempo massimo di 60 s, oltre i quali deve essere previsto l'intervento dei relè termici. D'altra parte, il tipo aM ha la caratteristica di resistere a ripetuti avviamenti dei motori asincroni. Le tabelle, disponibili sui cataloghi, mostrano, inoltre, che, a parità di potenza del motore da proteggere, l'uso di un fusibile aM permette l'utilizzo di grandezze ridotte rispetto ai fusibili gG.

Questa possibilità, unita ad un uso corretto del relè termico, permette di limitare il processo di invecchiamento del fusibile e di risparmiare spazio all'interno del quadro elettrico.

L'integrità del relè termico è salvaguardata limitando la sovratemperatura della lamina bimetallica, nel punto in cui la curva di intervento del relè si interseca con quella del prearco del fusibile.

In questo modo, oltre al relè termico, è salvaguardato dall'incollamento dei contatti anche il contattore preposto al comando del motore. Vale la pena ricordare che l'uso di un relè termico di tipo differenziale consente di disseccare il contattore che comanda il motore, qualora intervenga un solo fusibile ovvero al mancare di una fase, situazione questa che deve essere evitata al fine di non procurare danni al motore asincrono. Nella scelta del fusibile da utilizzare per la protezione di motori asincroni, occorre fare riferimento ad apposite tabelle, che effettuano il coordinamento tra i relè termici e i fusibili, come riportato nelle tab. 6.12, tab. 6.13 e tab. 6.15.

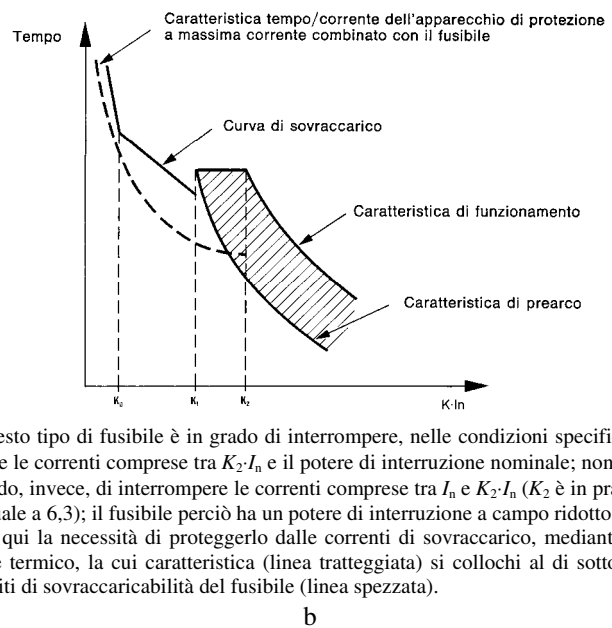
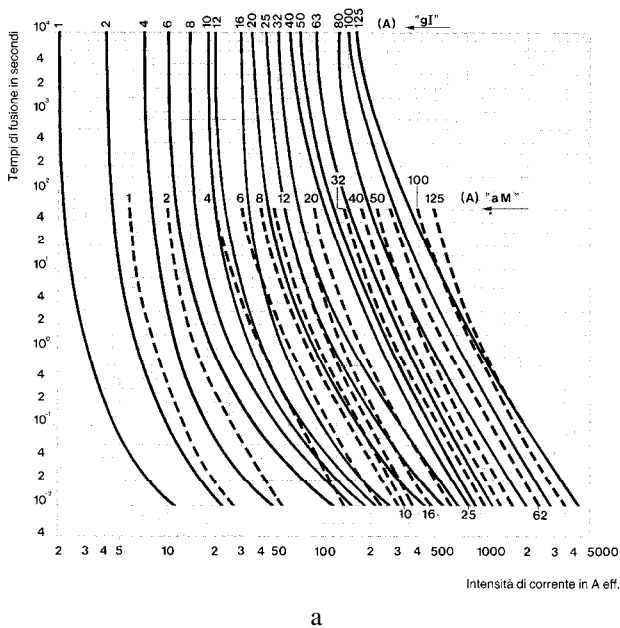


Fig. 6.10 - a Confronto tra le curve di intervento dei fusibili “gI” (linee a tratto pieno coincidenti con le curve del tipo gG secondo le norme CEI 32-1) ed “aM” (linee tratteggiate). Come si può vedere dalla figura, le curve dei fusibili tipo aM si fermano a 60 s; dopo tale valore è prevista la protezione dei relè termici. - **b** Curva di sovraccarico e caratteristica tempo/corrente dei fusibili per uso combinato (aM). La curva di sovraccarico fornisce i tempi per i quali un fusibile aM è in grado di portare la corrente senza deteriorarsi. Nel grafico è riportato il tempo di intervento in funzione della corrente espressa in multipli di I_n (K·I_n).

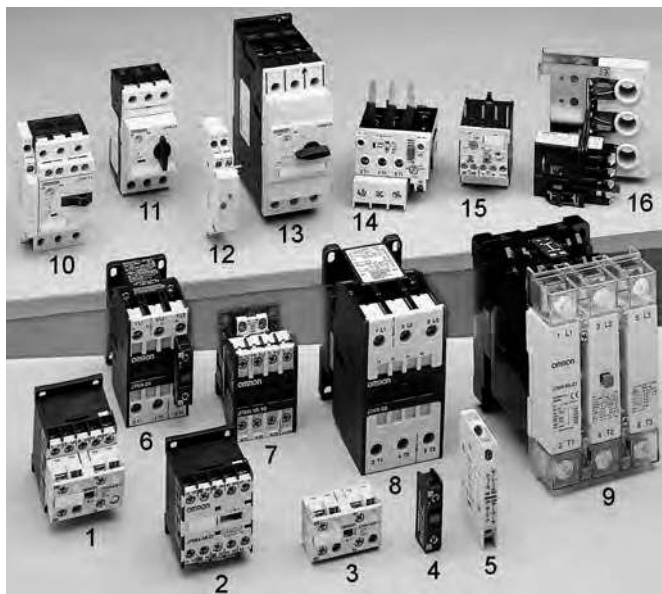
6.5 Contattori

Il contattore è un'apparecchiatura elettromeccanica che è in grado di aprire e chiudere dei propri contatti, consentendo la chiusura o l'apertura dei circuiti elettrici, l'alimentazione di utilizzatori e così via.

Questa apparecchiatura presenta diversi vantaggi, quali, per esempio, la possibilità di essere comandata a distanza e da più punti. Può azionare circuiti ausiliari di allarme, di blocco, di segnalazione. In caso di mancanza di tensione, si dissecca, arrestando la macchina in condizioni di sicurezza (è necessario, in generale, un comando dell'operatore per rieccitare il contattore).

Il contattore garantisce, quando è diseccitato, l'isolamento galvanico tra due circuiti (per esempio, tra la rete di alimentazione e gli utilizzatori) e, infine, coordinato con un relè termico, può proteggere i motori asincroni dai sovraccarichi. Il suo funzionamento è legato all'eccitazione di un elettromagnete che, se attraversato da corrente, vince l'azione contraria delle molle e provoca la commutazione dei contatti, mediante lo spostamento delle parti a cui sono fissati i contatti mobili. Secondo il numero di poli che possiede, un contattore può essere unipolare, bipolare, tripolare, quadripolare e così via. I poli sono isolati elettricamente e collegati meccanicamente tra loro, in modo da avere un movimento simultaneo. Un contattore è composto generalmente dalle seguenti parti:

- **contatti di potenza o contatti principali**, con il compito di collegare gli utilizzatori (per esempio, motori elettrici) con la linea di alimentazione; quando il contattore è a riposo, i contatti principali hanno sempre la posizione di aperto (NA oppure NO);
- **contatti ausiliari**, utilizzati per svolgere varie funzioni, come, per esempio, l'autoalimentazione, l'interblocco tra due o più contattori, la segnalazione e l'inserimento di altri circuiti; i contatti ausiliari si distinguono da quelli di potenza in quanto hanno dimensioni più ridotte e possono essere normalmente aperti (NO = *Normally Open*) o normalmente chiusi (NC = *Normally Closed*);
- l'**elettromagnete**, generalmente composto da un nucleo magnetico sul quale è avvolta una bobina. Ha il compito, se percorso dalla corrente di eccitazione, di creare un campo magnetico in grado di attrarre il nucleo mobile verso quello fisso. Tale spostamento provoca anche il movimento delle parti mobili dei contatti, determinando, così, la chiusura o l'apertura, rispettivamente, dei contatti NO e NC;
- i **separatori**, con il compito di delimitare l'arco elettrico che si manifesta all'atto dell'apertura dei contatti di potenza;
- le **molle antagoniste**, che servono per opporre una certa resistenza al movimento dell'equipaggio mobile e consentono di riportarlo, quando l'elettromagnete è diseccitato, nella posizione di riposo.



Legenda.

- 1) Minicontattore tripolare con inserito un modulo con contatti ausiliari (1NC+1NO). Adatto per dispositivi elettronici.
- 2) Minicontattore ausiliario quadripolare. Adatto per dispositivi elettronici.
- 3) Modulo con 2 contatti ausiliari per minicontattori 1NC+1NO.
- 4) Contatto ausiliario NC per contattore di media potenza.
- 5) Modulo con contatti ausiliari per contattori di potenza (8).
- 6) Contattore tripolare con montato un contatto ausiliario NC.
- 7) Contattore tripolare.
- 8) Contattore di potenza tripolare.
- 9) Contattore di grande potenza tripolare.
- 10) Interruttore automatico tripolare di protezione del motore con montato, a sinistra, un modulo contatti ausiliari (1NC+1NO). Corrente nominale $I_n = 12$ A.
- 11) Interruttore automatico tripolare di protezione del motore con comando rotativo. Corrente nominale $I_n = 26$ A.
- 12) Modulo spia di intervento interruttore con contatti ausiliari (1NC+1NO).
- 13) Interruttore automatico tripolare di protezione del motore con comando rotativo. Corrente nominale $I_n = 50$ A.
- 14) Relè termico per contattori di potenza (8).
- 15) Relè termico per minicontattori.
- 16) Relè termico con riduttori a ferro saturabile per avviamenti lunghi.

Fig. 6.11 - Esempio di contattori ausiliari, di potenza, interruttori automatici di protezione motore e relè termici (Omron).

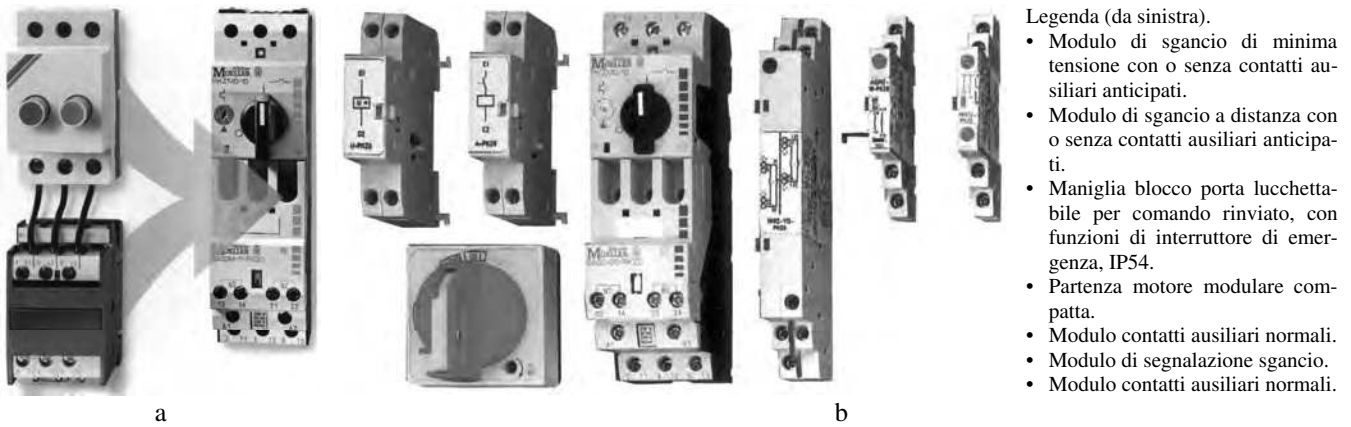
Il contattore è in grado di chiudere e aprire dei circuiti di potenza come un interruttore, ma è opportuno segnalare alcune differenze fondamentali tra le due apparecchiature:

- 1) l'interruttore ha due posizioni stabili, cioè può essere aperto o chiuso, mentre il contattore ha una sola posizione stabile (monostabile); in particolare, se la bobina non è alimentata, il contattore è generalmente aperto;
- 2) l'interruttore può compiere un numero limitato di manovre, mentre i contattori possono arrivare anche a 10 milioni di manovre sotto carico;
- 3) gli interruttori hanno un potere di interruzione elevato (da 20 a oltre 200 volte la corrente nominale), mentre i contattori hanno un potere di interruzione che va da 5 a 10 volte la corrente nominale di esercizio e non hanno la possibilità di aprire correnti di cortocircuito;
- 4) l'interruttore è azionato, in genere, manualmente, mentre il contattore è azionato mediante una bobina.

Queste apparecchiature sono fra loro complementari e sono entrambe necessarie per l'alimentazione dei motori elettrici. Di recente, le case costruttrici hanno prodotto delle apparecchiature che riuniscono le funzioni svolte dal sezionatore, dall'interruttore, dal contattore e anche dal relè termico (v. fig. 6.12).

Dal punto di vista costruttivo, è possibile trovare delle serie di apparecchiature in cui ogni taglia presenta diverse varianti di esecuzione, aventi, per esempio, differenti configurazioni di contatti ausiliari.

Attualmente, però, i costruttori realizzano per ogni taglia di apparecchi un numero molto limitato di varianti di base (per esempio, tre contatti di potenza e un contatto ausiliario normalmente aperto o chiuso) e offrono una vasta gamma di contatti ausiliari aggiuntivi, in varie esecuzioni. In questo modo, gli utilizzatori possono realizzare qualsiasi schema elettrico, con una ridotta scorta di componenti a magazzino.



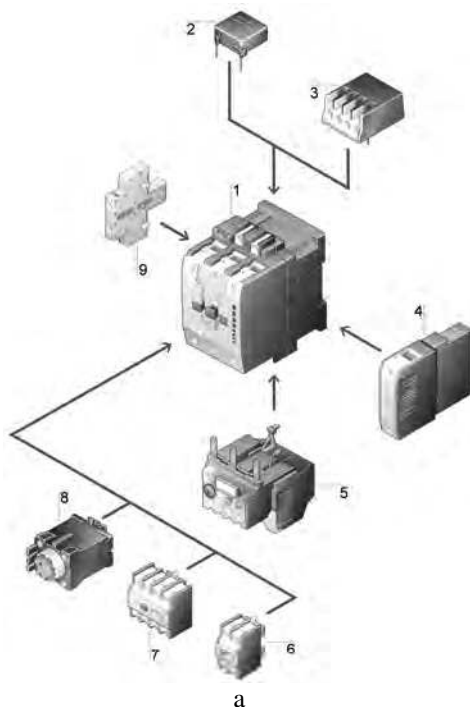
- Legenda (da sinistra).
- Modulo di sgancio di minima tensione con o senza contatti ausiliari anticipati.
 - Modulo di sgancio a distanza con o senza contatti ausiliari anticipati.
 - Maniglia blocco porta lucchettabile per comando rinviato, con funzioni di interruttore di emergenza, IP54.
 - Partenza motore modulare compatta.
 - Modulo contatti ausiliari normali.
 - Modulo di segnalazione sgancio.
 - Modulo contatti ausiliari normali.

Fig. 6.12 - Sistema di protezione PKZ 0: a) In unico apparecchio è possibile comandare e proteggere motori fino a 4 kW/400 V, sganciatore magnetico fisso a 14 I_n , protezione contro il sovraccarico da 0,6 a 1 I_n , sensibile alla mancanza di fase - b) Esempio di possibile configurazione (Klöckner-Moeller).

I costruttori hanno realizzato anche altri tipi di accessori, quali, per esempio, temporizzatori pneumatici, memorie meccaniche, interblocchi meccanici, attacchi maggiorati e filtri antidisturbo. È così possibile, per esempio, realizzare contattori con:

- sei contatti ausiliari;
- temporizzatore pneumatico e due gruppi di contatti ausiliari;
- memoria meccanica, più quattro contatti ausiliari;
- memoria meccanica, temporizzatore pneumatico e due contatti ausiliari;
- interblocco meccanico con cinque contatti ausiliari.

I costruttori sono riusciti, mediante un'accurata progettazione, a realizzare, per esempio, apparecchiature unificate, veloci da montare, con ridotti ingombri, dotate di piccoli elettromagneti in grado di esprimere una forza necessaria in funzione dei vari carichi, caratterizzate da gruppi ausiliari che possono essere staccati dal contactore senza che questo sia scollegato.



Legenda.

- 1) Contattore di potenza. Sistema di comando, AC: 12+600 V, 50/60 Hz, 0,8+1,1 U_c . Sistema di comando, DC: 12+250 V, 0,85+1,1 U_c . Bobine per tensioni speciali. Fissaggi a vite o a scatto. Protezione contro i contatti accidentali delle dita.
- 2) Circuiti di protezione. Circuiti spegniarco RC, a varistore (VDR), a diodi.
- 3) Moduli amplificatori. Tensione nominale 24 V DC, corrente nominale di comando 11 mA. Inseribili. Con o senza circuito di protezione integrato. Montaggio separato.
- 4) Quadripolari. Contatto di potenza applicabile per carichi in AC1.
- 5) Relè termici. Montaggio diretto. Possibile montaggio separato. Protezione di motori EEx e.
- 6) Moduli con contatti ausiliari. Inseribili a 2 poli.
- 7) Moduli con contatti ausiliari. Inseribili a 4 poli. Contatti sovrapposti.
- 8) Moduli temporizzatori pneumatici. Inseribili ritardati all'eccitazione e alla diseccitazione.
- 9) Moduli contatti ausiliari. Montaggio laterale senza attrezzi.

Caratteristiche dei contattori di potenza e dei relè termici. Sistema modulare/apparecchi completi. Fissaggi a vite o a scatto. Protezione contro i contatti accidentali delle dita. Morsetti a vite. Viti unificate per cacciavite grandezza 2.

Fig. 6.13 - a) Configurazione di contattori di potenza e relè termico - b) Legenda (Klöckner-Moeller).

La possibilità di montare gli stessi accessori su ogni taglia di contattore (della stessa marca), facente parte di una serie omogenea di apparecchi, permette, come accennato precedentemente, di ottenere una certa unificazione sia per chi produce sia per chi utilizza il prodotto, ottenendo, così, notevoli economie a vantaggio non solo dei costruttori, ma anche degli utilizzatori, che possono ridurre le scorte di magazzino.


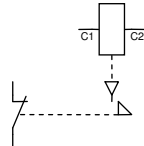
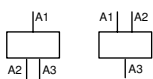
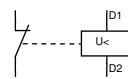


I circuiti nei quali possono essere inseriti i contattori sono classificabili in:

- **circuito principale**, caratterizzato da quelle parti, come i contatti di potenza, che determinano il collegamento di un utilizzatore con la rete di alimentazione o con altre parti del circuito di potenza (per esempio, 230 V AC monofase oppure 400 V AC trifase);
- **circuito di comando**, che ha il compito di eccitare e diseccitare il contattore, in modo che esso possa aprire o chiudere i suoi contatti di potenza (per esempio, 24 V AC, 24 V DC, 110 V AC);
- **circuito ausiliario**, che non fa parte né del circuito principale né del circuito di comando, ma serve, per esempio, per la segnalazione (per esempio, 24 V AC).

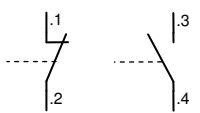
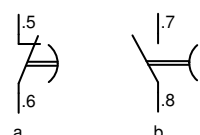
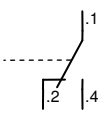
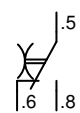
In genere, i circuiti sopra indicati sono alimentati con valori di tensione e di corrente diversi e, di conseguenza, il loro dimensionamento risulta diversificato.

La marcatura dei morsetti di un contattore è presa in considerazione dalla norma CEI 17-17, che si occupa della marcatura dei morsetti degli apparecchi industriali a bassa tensione (inferiore a 1000 V in corrente alternata).

I morsetti delle bobine devono essere marcati con un sistema alfanumerico con caratteri maiuscoli (per esempio, A1 e A2) che, secondo il tipo di apparecchio, può risultare come evidenziato nella tab. 6.2.

Segno grafico	Descrizione	Segno grafico	Descrizione
	I morsetti della bobina di un organo di manovra elettromagnetico devono essere marcati A1 e A2.		Sganciatori elettromagnetici Sganciatori di tensione I due morsetti di uno sganciatore di tensione devono essere marcati C1 e C2.
	Nel caso di una bobina con prese, i morsetti delle prese devono essere marcati in ordine di successione A3, A4 e così via.		I due morsetti di uno sganciatore di minima tensione devono essere marcati D1 e D2.
	Nel caso di una bobina con due avvolgimenti, i morsetti del primo avvolgimento devono essere marcati A1 e A2, mentre quelli del secondo avvolgimento sono marcati B1 e B2.		I morsetti di un elettromagnete di interblocco devono essere marcati E1 e E2.

Tab. 6.2 - Identificazione dei morsetti delle bobine ed elementi analoghi secondo la norma CEI 17-17.

Segno grafico	Descrizione	Segno grafico	Descrizione
	I numeri di funzione 1 e 2 sono assegnati ai contatti di apertura e i numeri 3 e 4 ai contatti di chiusura.		I contatti con funzioni speciali, come, per esempio, i contatti ausiliari ritardati, sono marcati con i numeri di funzione 5 e 6, per i contatti di apertura, e 7 e 8, per i contatti di chiusura. Esempio: a) contatto di apertura ritardato alla sua chiusura; b) contatto di chiusura ritardato alla sua chiusura.
	I morsetti dei contatti di commutazione devono essere marcati con i numeri di funzione 1, 2 e 4.		I morsetti dei contatti di commutazione con funzione speciale sono marcati con i numeri di funzione 5, 6 e 8. Esempio: contatto di commutazione ritardato sia in chiusura sia in apertura.

Tab. 6.3 - Identificazione dei morsetti dei contatti ausiliari secondo la norma CEI 17-17.

I morsetti dei contatti devono essere marcati con un sistema numerico; il numero inferiore dispari indica l'entrata, mentre il numero pari immediatamente superiore indica l'uscita, come mostrato nella fig. 6.14a (per esempio, 1 indica l'entrata e, di conseguenza, 2 indica l'uscita, 3 indica l'entrata e, di conseguenza, 4 indica l'uscita).

I morsetti degli elementi principali di connessione, sia nei contattori sia, come si vedrà in seguito, nei relè termici, sono sempre marcati con un numero ad una sola cifra.

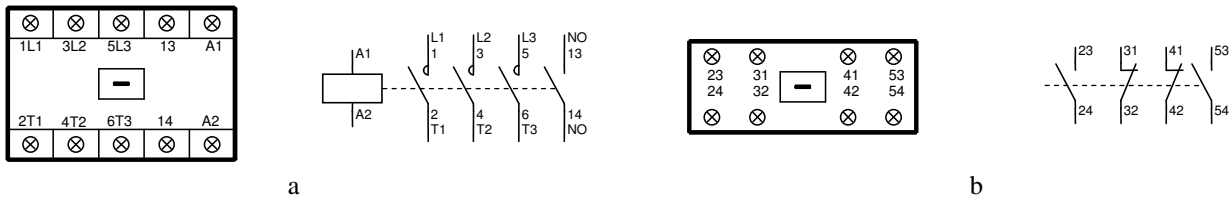


Fig. 6.14 - a) Marcatore dei morsetti dei contattori e relativo segno grafico - b) Modulo con contatti ausiliari e relativo segno grafico.

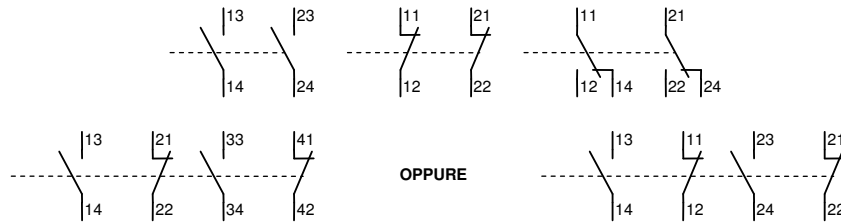


Fig. 6.15 - Esempi di numeri di sequenza, di contatti ausiliari, secondo la norma CEI 17-17: i morsetti appartenenti allo stesso contatto sono marcati con lo stesso numero di sequenza, mentre tutti i contatti aventi la stessa funzione devono avere differente numero di sequenza.

I morsetti dei contatti ausiliari sono marcati con un numero a due cifre: la prima indica il numero di sequenza, mentre la seconda indica il tipo di funzione.

In particolare, i numeri di funzione 1 e 2 individuano i contatti di apertura (NC), i numeri 3 e 4 contraddistinguono i contatti di chiusura (NO), i numeri 5 e 6 indicano i contatti di apertura con funzione speciale (contatti ausiliari ritardati), i numeri 7 e 8 individuano i contatti di chiusura con funzione uguale ai precedenti.

Sull'apparecchio la numerazione è effettuata da sinistra verso destra, iniziando dal piano più vicino alla base di montaggio, come mostrato nella fig. 6.16.

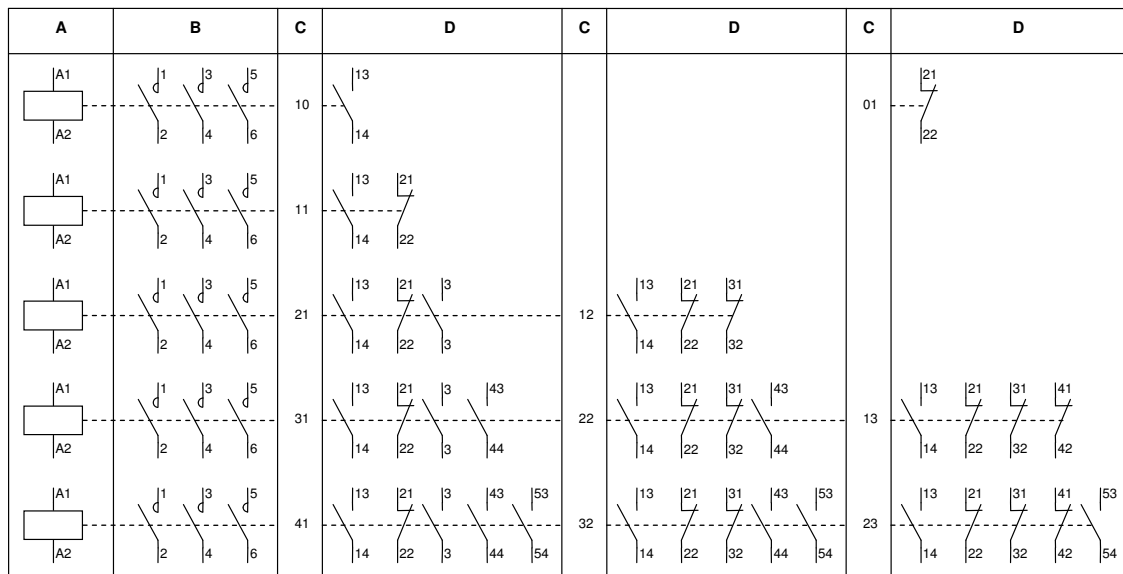


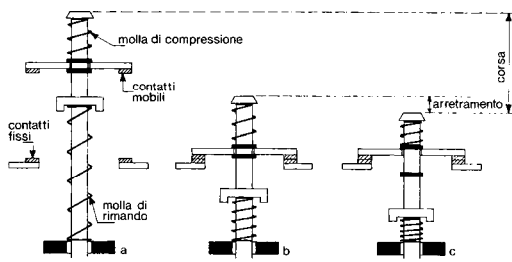
Fig. 6.16 - Composizione dei contatti ausiliari su un contattore di potenza: A) Bobina - B) Contatti di potenza - C) Numero di identificazione - D) Contatti ausiliari.

Nei contattori, la sequenza di funzionamento di ogni contatto che compone l'apparecchio è indicata mediante un grafico a colonne. In riferimento all'intera corsa (in millimetri) dei contatti mobili, si visualizzano gli istanti di apertura e di chiusura dei singoli contatti, con le eventuali sovrapposizioni, come mostrato nella fig. 6.18a.

Dal grafico è possibile notare che i contatti di potenza si chiudono prima dei contatti ausiliari NO.

Nell'esempio di fig. 6.18a, il contatto ausiliario compreso fra i morsetti 31-32 è ritardato in fase di apertura, mentre quello compreso fra i morsetti 43-44 è anticipato in fase di chiusura.

Per evitare sovrapposizioni, durante l'inserzione dei contattori, prima si aprono i contatti NC, poi si chiudono i contatti NO (nell'esempio, durante l'inserzione tra 3 e 8 mm, entrambi i contatti ausiliari sono aperti).



Fasi di comando di un contactore.
 a) Bobina diseccitata (contattore a riposo).
 b) Prima fase di chiusura, senza compressione dei contatti.
 c) Chiusura completata, con nucleo mobile di fine corsa e contatti compressi.

Fig. 6.17 - Fasi di comando di un contactore.

Tuttavia per alcune sequenze di autoritenuta può essere necessario che i contatti in commutazione non siano mai entrambi aperti. A questo scopo devono essere usati contatti NC ritardati in fase di apertura e NO anticipati in fase di chiusura. Nella fig. 6.18b è mostrato uno schema che prevede l'uso di due contatti di Q2, l'uno ritardato in fase di apertura (11-12) e l'altro anticipato in fase di chiusura (23-24). In questo caso, l'uso di normali contatti determinerebbe un'autoritenuta incerta. Infatti, se si preme il pulsante S1, si eccita il contactore Q1, che muove, così, il suo contatto NO 13-14, il quale, a sua volta, alimenta la bobina del contactore Q2, che, eccitandosi, provoca lo spostamento dei suoi contatti. L'apertura del contatto 11-12 prima della chiusura del contatto di autoritenuta 23-24 impedirebbe, però, il funzionamento del circuito, qualora si usassero contatti normali.

L'uso di un contatto NC (11-12) ritardato in fase di apertura e di un contatto anticipato in fase di chiusura (23-24) consente l'autoritenuta di Q2 e, quindi, il regolare funzionamento del circuito.

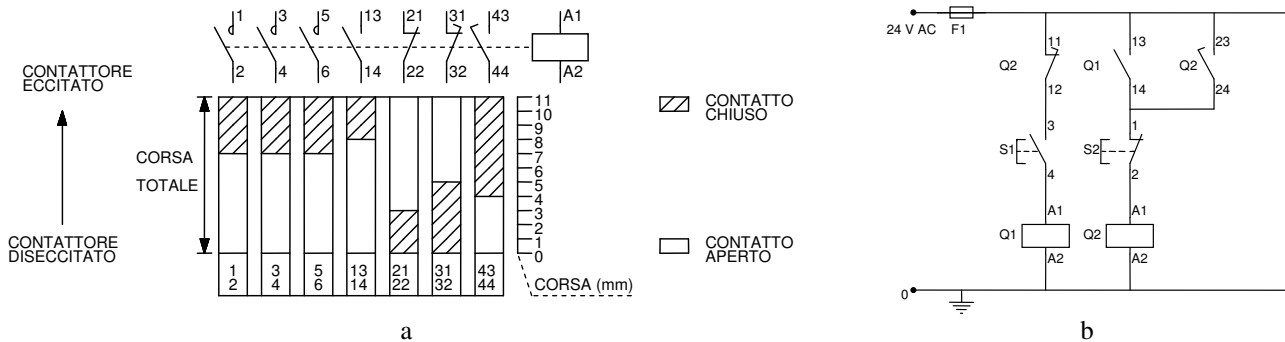


Fig. 6.18 - a) Numerazione dei morsetti di un contactore tripolare di potenza con quattro contatti ausiliari (2 di chiusura più 2 di apertura) e relativo grafico della sequenza di funzionamento - b) Esempio di uso di contatto NC ritardato in fase di apertura (11-12) e di contatto NO anticipato in fase di chiusura (23-24).

Quando i contattori sono utilizzati per realizzare dei teleinvertitori oppure degli avviamenti stella-triangolo, i contattori possono essere dotati di interblocco meccanico per impedire che si chiudano contemporaneamente, a causa di un guasto o a causa di vibrazioni.

Durante l'inversione diretta, affinché la commutazione avvenga senza il rischio di un cortocircuito, è necessario che, quando si toccano i contatti del contactore che si sta chiudendo, sia già avvenuta l'estinzione dell'arco del contactore che si sta aprendo. Per questo motivo, quasi tutti i contattori hanno un tempo di commutazione superiore a 20 ms.

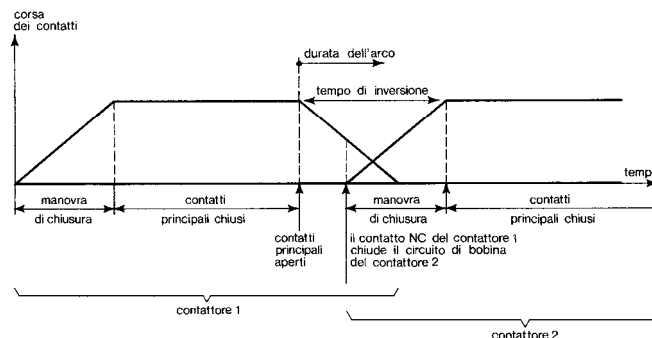


Fig. 6.19 - Diagramma dei tempi caratteristici della manovra di inversione di due contattori.

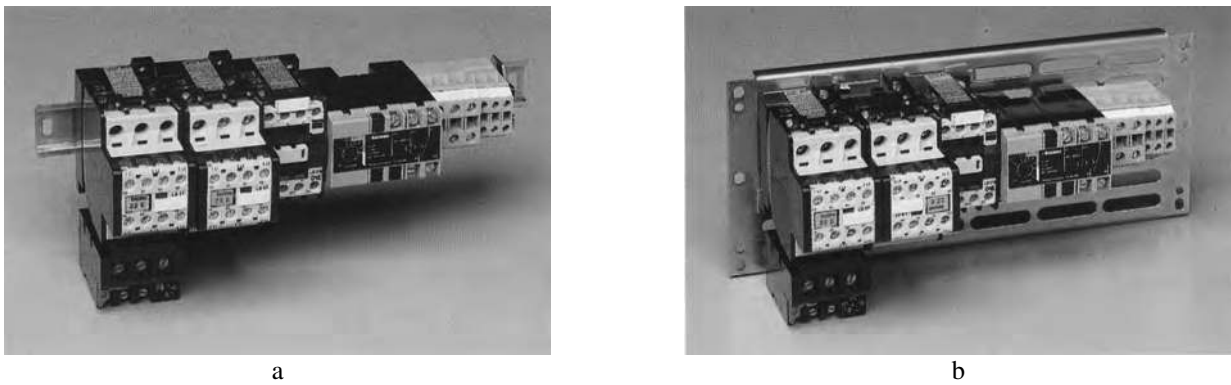


Fig. 6.20 - Esempio di fissaggio di contattori e relè termici per la realizzazione di teleinvertitori e per l'avviamento stella-triangolo di motori asincroni trifase: a) Su profilato DIN 50022 (35 mm) - b) Su pannello asolato (AEG).

Di seguito sono riportate alcune definizioni utili per la comprensione del testo, dei cataloghi tecnici e dei dati di targa.

- La **durata meccanica** definisce il numero di cicli di manovra, espressi *a vuoto*, cioè *in assenza del carico*, che il contattore può eseguire prima che sia necessario sostituire parti meccaniche o prima di essere totalmente revisionato. Il valore è normalmente espresso in milioni di manovre e i valori normali sono 0,001 - 0,003 - 0,01 - 0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 milioni di manovre.
- La **durata elettrica** rappresenta il numero medio di cicli di manovra (di apertura e di chiusura), espressi a carico e in condizioni stabilite dalle norme, che il contattore può eseguire senza manutenzione. Tale valore dipende dalla tensione, dalla corrente e dalla categoria d'impiego. I limiti di durata sono rappresentati mediante opportuni diagrammi, che evidenziano il numero dei cicli a carico in relazione alla corrente di impiego I_e (o alla potenza del carico alimentato), alla corrente interrotta e alla categoria d'impiego.
- La **tensione nominale di isolamento** U_i è il valore che indica il livello di isolamento dell'apparecchiatura. Questo valore si riferisce alle prove di isolamento effettuate dal costruttore sugli isolanti, alle distanze superficiali e alle distanze in aria. È normalmente espressa in volt e, se non è specificato diversamente, coincide con il valore di **tensione nominale di impiego** U_e .
- La **corrente nominale di impiego** I_e , riportata sulla targa del contattore, è quella corrente, espressa in amper e fornita dal costruttore, che permette di individuare il contattore in funzione della tensione e della frequenza nominali, del grado di protezione, della categoria di impiego e della temperatura ambiente. Per esempio, lo stesso contattore alla tensione nominale di 400 V, può avere una corrente di impiego $I_e = 20$ A in categoria AC1, $I_e = 12$ A in categoria AC3 e $I_e = 4,3$ A in categoria AC4.
- La **corrente termica** I_{th} indica, in un contattore in posizione di chiuso e in assenza di manovre, la corrente che è in grado di sopportare per almeno 8 ore, senza che il suo riscaldamento superi i valori imposti dalle norme (per esempio, $I_{th} = 25$ A in categoria AC1).
- La **temperatura ambiente** è l'intervallo di temperatura, espresso in gradi centigradi, nel quale il contattore può lavorare rimanendo valide le prestazioni garantite dal costruttore.
- L'**assorbimento nominale** della bobina esprime la potenza, misurata in voltampere [VA] se alimentata in corrente alternata e in watt [W] se alimentata in corrente continua, necessaria affinché nell'elettromagnete possa circolare una corrente in grado di generare una forza sufficiente per muovere il nucleo mobile. Normalmente, nei cataloghi è indicato se il comando avviene in corrente continua DC o in corrente alternata AC (50/60 Hz). Inoltre, sono forniti due valori di assorbimento, l'uno all'inserzione e l'altro di ritenuta: infatti, in corrente alternata, l'impedenza dell'avvolgimento aumenta, per la riduzione del traferro, di 8÷10 volte rispetto a quella a bobina eccitata. Questo aumento consente di avere un'elevata corrente all'attrazione, necessaria durante la manovra, e consumi limitati durante il funzionamento (da 5 a 100 VA per contattori con correnti nominali da 10 a 500 A). Per le bobine funzionanti in corrente continua, rimanendo invariata la resistenza, occorre inserire, dopo l'eccitazione della bobina, una resistenza di risparmio. Queste considerazioni tornano utili in fase di progettazione del circuito di comando.
- Il **campo di lavoro** della bobina individua l'intervallo di tensione all'interno del quale l'elettromagnete e, di conseguenza, il contattore funzionano regolarmente; di norma, questo valore è compreso tra 0,85 e 1,1 volte la tensione nominale di comando della bobina (per esempio, 24, 48, 110, 230 V). Se, per esempio, la tensione nominale U_n è uguale a 24 V, il valore minimo risulta essere di 20,4 V, mentre il valore massimo può essere di 26,4 V. La bobina, una volta che è stata alimentata, funziona regolarmente per tutti i valori compresi

nell'intervallo. La bobina si diseccita nel caso il valore della tensione di alimentazione scenda al di sotto del 30% (nell'esempio citato può scendere fino a 16,8 V).

- I **tempi di manovra**, o tempo di chiusura e tempo di apertura (v. fig. 6.19), sono definiti come l'intervallo di tempo, espresso in millesimi di secondo, che intercorre tra l'azione di comando e il funzionamento del contattore, oppure tra il funzionamento e la diseccitazione dopo l'azione di comando. Sono specificati per l'alimentazione sia in corrente continua sia in corrente alternata.
- Per **tempo totale di manovra in apertura** si intende la somma del tempo del ritardo di apertura col tempo della durata dell'arco.
- Per **manovra** di un contattore si intende un ciclo completo di chiusura e di apertura dei contatti di potenza.
- Per **potere di chiusura e di interruzione** I_c si intendono i valori di corrente che il contattore è in grado di stabilire e, rispettivamente, di interrompere per un numero determinato di volte. Sono espressi anche come multipli della corrente d'impiego (I/I_c) e in relazione alla categoria d'impiego.

Alcuni parametri visti precedentemente, come, per esempio, la tensione nominale di isolamento, la corrente termica e la durata meccanica, sono fissi, cioè dipendono dalle caratteristiche strutturali del contattore e, in pratica, rappresentano i valori massimi di impiego teorici. Altri parametri, come, per esempio, la tensione di impiego, la corrente nominale di impiego e il numero di cicli a carico sono variabili, in quanto strettamente dipendenti dalla categoria di impiego e dalla frequenza delle manovre, ossia dal tipo di servizio (v. tab. 6.4).

Per facilitare la scelta dei contattori sono state definite alcune categorie di impiego, per servizi leggeri, servizi normali (continui, di 8 ore, intermittenti, con durata limitata, periodici), servizi gravosi, servizi gravosissimi, come mostrato nella tab. 6.5.

Le norme hanno stabilito per ogni categoria il rapporto tra corrente di inserzione e corrente di esercizio, il minimo fattore di potenza previsto e i sovraccarichi per il funzionamento occasionale.

La scelta del contattore è fatta valutando la tensione nominale, la corrente di impiego I_e , la potenza dell'utilizzatore, la categoria di impiego e la durata desiderata del contattore.

In alcuni casi, come per i servizi gravosi, la durata dei contatti (durata elettrica) può essere molto inferiore alla durata meccanica, come è possibile osservare confrontando i diagrammi di fig. 6.21b e di fig. 6.22a.

I costruttori forniscono, in genere, diagrammi che evidenziano il numero dei cicli a carico in relazione alla corrente di impiego o alla potenza del carico alimentato e alla categoria di impiego, come mostrato nella fig. 6.21b, nella fig. 6.22 e nella fig. 6.23. Maggiore è la corrente nominale di impiego del contattore, più lunga è la sua durata elettrica, a parità di corrente assorbita dal motore.

Corrente	Cat. di imp.	Applicazioni tipiche	I_c	$\cos \varphi$
alternata	AC1	Inserzione o disinserzione di carichi non induttivi o debolmente induttivi, forni a resistenza	$1,5 I_e$	0,8
	AC2	Avviamento e frenatura in controcorrente di motori ad anelli	$4,0 I_e$ (°)	0,65 (°)
	AC3	Avviamento e arresto con interruzione dell'alimentazione di motori a gabbia	$8,0 I_e$	0,45 (°)
	AC4	Avviamento e frenatura in controcorrente, manovra a impulsi di motori a gabbia.	$10,0 I_e$	0,45 (°)
	AC5a	Comando di lampade a scarica	$3,0 I_e$	0,45
	AC5b	Comando di lampade a incandescenza	$1,5 I_e$	--
	AC6a	Comando di trasformatori	(°)	(°)
	AC6b	Comando di batterie di condensatori	(°)	--
	AC7a	Carichi leggermente induttivi in applicazioni domestiche e similari	$1,5 I_e$	0,8
AC7b	Carichi di motori in applicazioni domestiche	$8,0 I_e$	0,45 (°)	
Corrente	Cat. di imp.	Applicazioni tipiche	I_c	L/R [ms]
continua	DC1	Inserzione o disinserzione di carichi non induttivi o debolmente induttivi, forni a resistenza	$1,5 I_e$	1,0
	DC3	Avviamento, manovra ad impulsi, frenatura in controcorrente di motori in derivazione	$4,0 I_e$	2,5
	DC5	Avviamento, manovra a impulsi, frenatura in controcorrente di motori in serie	$4,0 I_e$	15,0
	DC6	Comando di lampade ad incandescenza	$1,5 I_e$	(°)

(°) I valori indicati valgono per i contattori statorici. (°) 0,35 per $I_e > 100$ A. (°) Da ricavare dai valori di prova in AC3 o AC4 secondo il par. 17.5 della norma CEI 17-50. (°) Valore da ricavare da prove di inserzione.

Tab. 6.4 - Categorie di impiego e poteri di chiusura e di interruzione I_c dei contattori.

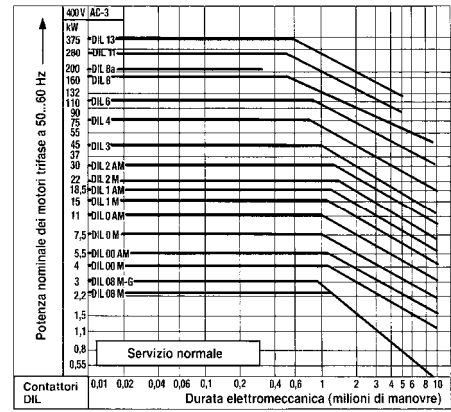
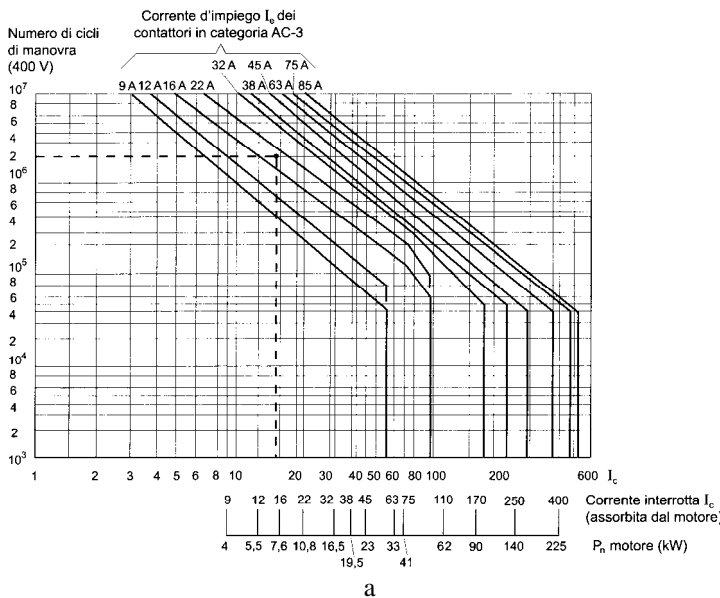
Si ipotizzi che sia necessario scegliere un contattore in categoria AC3, con una durata elettrica di 2 milioni di cicli, per alimentare un motore asincrono trifase del tipo a gabbia da 7,5 kW, con una tensione nominale di 400 V, alla quale corrisponde una corrente nominale di 14,7 A.

Dalla fig. 6.21a si può ricavare che è necessario un contattore con una corrente nominale di impiego $I_e = 22$ A.

Ad analogo risultato si arriva utilizzando il diagramma di fig. 6.21b.

In questo caso, è necessario scegliere il contattore (DIL 0 AM) per il comando di un motore da 11 kW, cui corrisponde una corrente nominale di 22 A.

Facendo riferimento alla norma CEI 17-44, i criteri per scegliere un contattore devono valutare anche le condizioni di servizio. In genere, sono considerati normali i servizi riportati nella tab. 6.5.

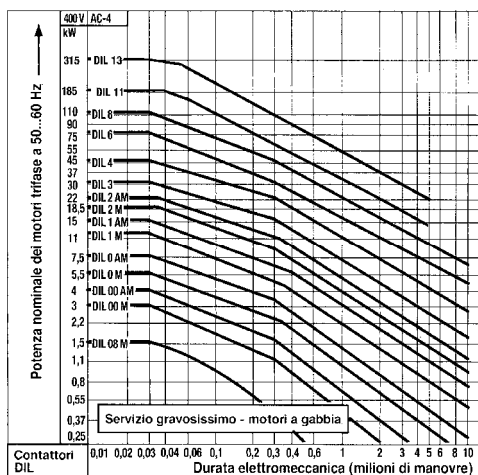


Motori a gabbia. Caratteristiche del servizio. Inserzione: da fermo. Disinserzione: durante la marcia normale. **Casi tipici di impiego.** Compensatori, elevatori, mescolatori, pompe, scale mobili, sistemi di trasporto, ventilatori, nastri trasportatori, centrifughe, serrande, elevatori a tazze, condizionamento e, in genere, comandi normali per macchine utensili e lavorazioni varie. **Sollecitazione elettrica.** Inserzione fino a 6 I_n del motore. Disinserzione: 1 I_n del motore. **Categoria di impiego.** 99,9% AC3+0,1% AC4.

Fig. 6.21 - a) Esempi di curve caratteristiche della durata elettrica dei contattori in categoria AC3 - b) Servizio normale AC3 (Klöckner-Moeller).

Servizio	Descrizione
Continuo	I contatti di potenza rimangono chiusi e percorsi da una corrente costante per una durata superiore a 8 ore senza interruzione.
Di 8 ore	I contatti di potenza rimangono chiusi ininterrottamente e sono percorsi da corrente costante per un tempo sufficiente a far raggiungere l'equilibrio termico, ma per non più di 8 ore. In base a questo tipo di servizio è determinata la corrente nominale termica.
Intermittente	I contatti di potenza sono chiusi ed aperti ad intervalli di durata tali che, in ogni caso, non è raggiunto l'equilibrio termico. Il rapporto fra il tempo di passaggio della corrente e la durata totale del ciclo è definito rapporto di intermittenza e i valori normali sono i seguenti: 15%, 25%, 40%, 60%. Le norme fissano le seguenti classi preferenziali per i contattori: 1 - 3 - 12 - 30 - 120 - 300 - 1200 - 3000 - 12000 - 30000 - 120000 - 300000 cicli/h Le norme fissano, invece, le seguenti classi preferenziali per gli avviatori: 1 - 3 - 12 - 12 - 30 cicli/h
Durata limitata	I contatti di potenza restano chiusi per periodi di tempo insufficienti a raggiungere l'equilibrio termico, a cui seguono periodi di tempo a corrente nulla (apertura) tali da ristabilire l'equilibrio termico con il mezzo circostante. Le durate normali di servizio con contatti chiusi sono: 10, 30, 60 e 90 minuti.
Periodico	Le operazioni con carico costante o invariabile sono regolarmente ripetute.

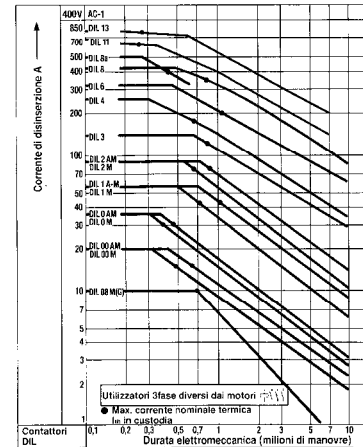
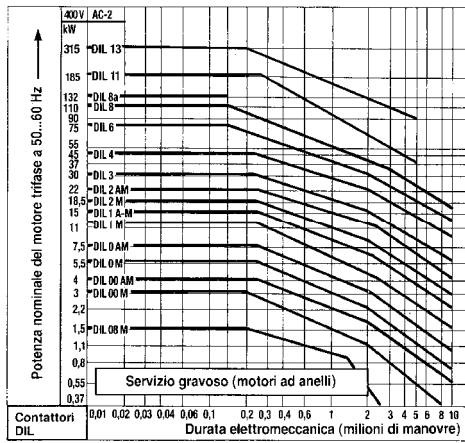
Tab. 6.5 - Servizi nominali normali dei contattori.



Motori a gabbia. Caratteristiche del servizio. Comando ad impulsi, frenatura in controcorrente, inversione diretta. **Casi tipici di impiego.** Macchine da stampa, trafiletrici, centrifughe, casi speciali per macchine utensili e per lavorazioni varie. **Sollecitazione elettrica.** Inserzione fino a 6 I_n del motore. Disinserzione 6 I_n del motore. **Categoria di impiego.** 100% AC4.

Motori a gabbia. Caratteristiche del servizio. 50%. Inserzione: 6 I_n del motore. Disinserzione: 1 I_n del motore da fermo. Disinserzione: durante la marcia normale. 50%. Inserzione: 6 I_n del motore. Disinserzione: 6 I_n del motore (comando ad impulsi, frenatura in controcorrente, inversione diretta). **Categoria di impiego.** 50% AC3+50% AC4.

Fig. 6.22 - Criteri di scelta dei contattori: a) Servizio gravosissimo AC4 - b) Servizio gravoso per motori a gabbia AC3 (50%) e AC4 (50%).



Motori ad anelli. Caratteristiche del servizio. Comando ad impulsi, frenatura in controcorrente, inversione diretta. **Casi tipici di impiego.** Caricatori, ausiliari di laminatoio, casi speciali per macchine utensili e per lavorazioni varie. **Sollecitazione elettrica.** Inserzione fino a 2,5 I_n del motore. Disinserzione 2,5 I_n del motore. **Categoria di impiego.** 100% AC2.

Utilizzatori diversi dai motori. Caratteristiche del servizio. Carichi non o poco induttivi. **Casi tipici di impiego.** Riscaldamento elettrico. **Sollecitazione elettrica.** Inserzione fino a 1,5 I_n del carico. Disinserzione 1 I_n del carico. **Categoria di impiego.** 100% AC1.

a

b

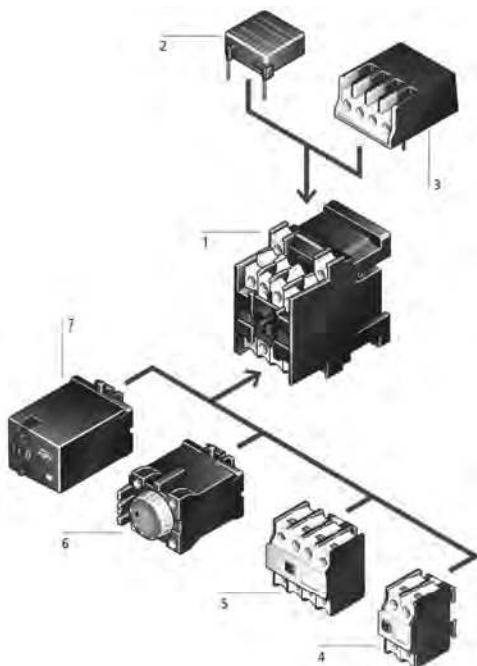
Fig. 6.23 - Criteri di scelta dei contattori: a) Servizio gravoso per motori ad anelli AC2 - b) Servizio leggero AC1.

Per i contattori ausiliari, i contatti ausiliari e per tutti gli ausiliari di comando, come, per esempio, pulsanti, selettori, interruttori di posizione meccanici, relè, contatti di termostati e pressostati, destinati a circuiti di segnalazione e di controllo, le norme CEI 17-45 prevedono specifiche categorie di utilizzazione, determinate in funzione del tipo di carico da controllare, come indicato nella tab. 6.6.

Come si può rilevare, le categorie di impiego sono riferite ai tipi di carichi che gli ausiliari di comando devono controllare e che consistono, essenzialmente, in bobine di contattori o di elettrovalvole, o circuiti di ingresso di dispositivi allo stato solido.

Tipo di corrente	Categoria	Applicazioni tipiche
Corrente alternata	AC12	Comando carichi resistivi e carichi a stato solido con isolamento ottenuto con optoisolatori
	AC13	Comando di carichi a stato solido con trasformatore di isolamento
	AC14	Comando di piccoli carichi elettromagnetici (≤ 72 VA)
	AC15	Comando di carichi elettromagnetici (> 72 VA)
Corrente continua	DC12	Comando di carichi resistivi e carichi a stato solido con isolamento ottenuto con optoisolatori
	DC13	Comando di elettromagneti
	DC14	Comando di carichi elettromagnetici aventi resistori economizzatori nel circuito

Tab. 6.6 - Categorie d'impiego per contattori ausiliari e contatti ausiliari.



Legenda.

- 1) Apparecchio base. Comando in corrente alternata o continua. Sistemi di comando: AC 12÷600 V, 50, 60, 50/60 Hz, 0,8÷1,1 U_c , 60 VA/8,5 W; DC 12÷250 V DC, 0,85÷1,1 U_c , 9,5 W/9,5W. Bobina per tensioni speciali. Massimo 8 contatti. Contatti ad azione forzata. Sistema modulare/apparecchi completi. Fissaggio a vite o a scatto. Protezione contro i contatti accidentali delle dita. Collegamento a vite. Categoria di impiego AC15.
- 2) Circuiti di protezione. Circuito spegniarco RC, circuito spegniarco a varistore, circuito spegniarco a diodi.
- 3) Moduli amplificatori. Permette il collegamento tra un PLC con uscita a transistor in corrente continua (24 V DC) e la bobina di un contattore funzionante in corrente alternata (per esempio, 230 V AC). Con e senza circuito di protezione integrato, inseribili, montaggio separato.
- 4) Moduli contatti ausiliari. Due poli, inseribili, contatti sovrapposti, contatti ad azione forzata.
- 5) Moduli contatti ausiliari. Quattro poli, inseribili, contatti sovrapposti, contatti ad azione forzata.
- 6) Moduli temporizzatori pneumatici. Ritardato all'eccitazione e alla diseccitazione.
- 7) Moduli di ritenuta meccanica. Per ritenere il contattore in caso di mancanza della tensione di comando.

Fig. 6.24 - Esempio di contattore ausiliario e relativi accessori (Klöckner-Moeller).

Questi ultimi sono praticamente sempre resistivi, sia che si tratti di ingressi con optoisolatori (per esempio, PLC) oppure di circuiti di ingresso diretto su di un circuito elettronico: in quest'ultimo caso, bisogna considerare, però, la possibile presenza di condensatori, di solito di capacità non rilevante.

In particolare, la categoria d'impiego AC15 è caratterizzata dal comando di elettromagneti in AC e attraversati da una corrente di spunto I che può raggiungere un valore di 10 volte la corrente di mantenimento I_e , con un fattore di potenza $\cos \varphi = 0,3$.

Come è stato detto precedentemente, i contattori possono avere la bobina funzionante in AC oppure in DC.

L'impiego di contattori con il comando in corrente continua e, in particolare, senza la resistenza di risparmio ha avuto, in questi ultimi anni, un certo incremento.

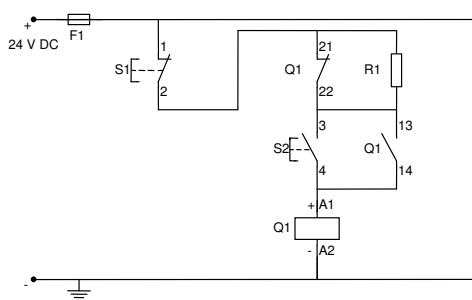
Rispetto ai modelli con resistenza di risparmio e a quelli con il comando in corrente alternata, i contattori con il comando in corrente continua presentano le seguenti caratteristiche:

- maggiore affidabilità dell'apparato di comando;
- elettromagnete caratterizzato da un assorbimento allo spunto uguale a quello a tenuta e simile a quello a contactore eccitato nella versione in corrente alternata;
- bassi valori della tensione di alimentazione e della potenza assorbita dalle bobine in fase di spunto. Questa caratteristica è molto importante, in quanto tali bassi valori consentono un facile interfacciamento di queste apparecchiature con i controllori logici programmabili o, più in generale, con le apparecchiature elettroniche;
- funzionamento particolarmente silenzioso;
- minore velocità di chiusura e di apertura, che comporta una sensibile riduzione della durata dei rimbalzi dei contatti (il rimbalzo è dovuto all'impatto dei contatti mobili, nell'attimo di chiusura, su quelli fissi; a causa dell'elasticità dei contatti, i quali, infatti, si chiudono e si riaprono più volte, causando archi elettrici, che determinano un deterioramento dei contatti e la nascita di disturbi elettrici) con un vantaggio per la durata elettrica degli stessi;
- tensioni di rilascio che consentono di garantire il funzionamento del contactore anche in caso di elevate cadute di tensione o di sensibili variazioni della tensione di alimentazione, caratteristica particolarmente utile nel caso in cui il contactore sia comandato da dispositivi elettronici (per esempio, le uscite a transistor di un PLC).

Questi contattori sono più affidabili in quanto non utilizzano resistenze di risparmio o altri circuiti, che spesso sono fonti di guasto, e perché hanno le bobine caratterizzate da una notevole sicurezza di funzionamento.

Per questi motivi, i contattori con il comando in corrente continua sono spesso utilizzati nei seguenti casi:

- quando è indispensabile un funzionamento particolarmente silenzioso;
- come interfacce di uscita per sistemi di controllo elettronici (per esempio, PLC);
- negli impianti di emergenza (possono essere alimentati direttamente dalle batterie);
- negli impianti caratterizzati da circuiti di comando molto lunghi, dove possono verificarsi elevate cadute di tensione (utilizzando la corrente continua, la caduta di tensione ΔU sui cavi è dovuta solo dalla resistenza R dei conduttori, in quanto la reattanza induttiva R_L è nulla, essendo presente solo in corrente alternata).



Il contactore Q1 si eccita quando si preme il pulsante S2; viceversa, si diseccita se si preme il pulsante S1.

Quando il contactore si è eccitato (contatto 13-14 chiuso e 21-22 aperto), la bobina di Q1 rimane alimentata con la resistenza R1 in serie, limitando, così, il valore della corrente assorbita.

Il valore della resistenza di risparmio R1 dipende dalle caratteristiche elettriche della bobina del contactore e deve essere indicato dal costruttore dell'apparecchio.

Fig. 6.25 - Esempio di circuito di comando per contactore con bobina di eccitazione funzionante a 24 V DC.

Il grado di affidabilità dei contattori è molto importante al fine di garantire un regolare funzionamento dell'impianto di cui fanno parte. I contattori sono soggetti, infatti, ad usura, sia per motivi meccanici sia per fenomeni legati all'arco elettrico, che determina un'usura progressiva dei contatti.

Il grado di usura raggiunto dipende anche dal tipo di utilizzo e, soprattutto, dall'eventuale presenza di manovre ad impulso. Nella tab. 6.7 sono riportate alcune anomalie che si possono verificare sui contattori.

Per agevolare la fase di manutenzione o di ricerca guasti, è importante che lo spazio esistente fra i contattori, sui lati dei morsetti, sia sufficiente per consentire agevoli operazioni di prova elettrica con i puntali del tester e per l'eventuale sconnessione e successiva riconnessione dei conduttori (per esempio, 5÷6 cm).

La siglatura dei conduttori e degli stessi contattori è essenziale nella ricerca dei guasti e, in occasione della sostituzione degli apparecchi, evita eventuali errori di collegamento.

Quando si sceglie un contattore, occorre considerarne le caratteristiche costruttive destinate ad agevolare la manutenzione.

Le parti che formano di solito le esecuzioni compatte di potenza sono essenzialmente tre:

- 1) la base, a cui è fissato il seminucleo inferiore del pacco magnetico;
- 2) la bobina, agevolmente estraibile dalla base;
- 3) il blocco contatti, contenente anche il seminucleo mobile del pacco magnetico.

Oltre una certa potenza, vanno poi aggiunti i caminetti spegningarco.

Anomalia	Procedura per l'individuazione del guasto
Il contattore non si chiude all'atto del relativo comando.	Verificare mediante un tester che giunga tensione ai comandi dei morsetti della bobina. Verificare l'efficienza dell'eventuale relè termico. Controllare che l'equipaggiamento mobile sia libero nella sua corsa. Verificare la continuità della bobina mediante un tester e, eventualmente, effettuare la sostituzione.
Il contattore si chiude all'atto del comando, ma la bobina non rimane autoalimentata come dovrebbe essere.	Verificare i collegamenti al contatto di autoritenuta, controllando anche il serraggio dei relativi morsetti. Esaminare lo stato di conservazione e la corretta corsa del contatto di autoritenuta, procedendo, eventualmente, alla sua pulizia o sostituzione.
Il contattore (alimentato in corrente continua) tende a chiudersi all'atto del comando, ma non completa la corsa e si riapre.	Controllare che l'equipaggio mobile sia completamente libero nella sua corsa. Controllare l'esatto collegamento della resistenza di risparmio. Verificare che il contatto in apertura utilizzato per l'inserimento della resistenza di risparmio sia del tipo meccanicamente ritardato in apertura. Verificare la continuità delle resistenze di risparmio e, se necessario, effettuare la sostituzione.
Il contattore (alimentato in corrente alternata) si chiude, ma ronzia eccessivamente.	Controllare che nessun corpo estraneo sia penetrato nel traferro del pacco magnetico, impedendo la completa chiusura dei due seminuclei (per esempio, limatura di ferro o trucioli). Controllare che l'equipaggio mobile sia completamente libero nella sua corsa. Verificare che la tensione di alimentazione della bobina non sia inferiore all'85% della nominale. Azionando manualmente il circuito magnetico, verificare che l'ancora appoggi parallelamente e con perfetto allineamento sulle espansioni polari.
Il complesso invertitore di marcia, a due contattori, denuncia un funzionamento difettoso.	Controllare il corretto funzionamento di ognuno dei due contattori, procedendo come spiegato nei casi precedenti. Controllare il corretto funzionamento dell'interblocco meccanico posto fra i due contattori. Verificare l'esatta configurazione circuitale dei consensi elettrici.
Il complesso avviatore stella -triangolo denuncia un funzionamento difettoso.	Controllare il corretto funzionamento di ognuno dei due contattori, procedendo come spiegato nei casi precedenti. Verificare l'esatta configurazione circuitale dei collegamenti. Se si chiude solo il contattore di linea, il guasto può essere imputabile ad un difetto del contatto in uscita del temporizzatore. Se non si realizza il passaggio a triangolo, controllare il funzionamento del temporizzatore e verificare che, alla caduta del contattore di stella, si sia richiuso il contatto ausiliario di consenso all'eccitazione del contattore di triangolo.

Tab. 6.7 - Esempi di possibili anomalie che si possono verificare sui contattori.

Ogni parte deve poter essere smontata mantenendo in sede la base del contattore, l'unico elemento fissato al pannello di fondo del quadro elettrico o al profilo normalizzato.

Gli elementi costitutivi del blocco contatti (viti, molle, contatti, rondelle, ecc.) devono essere assemblati con un sistema che li renda imperdibili.



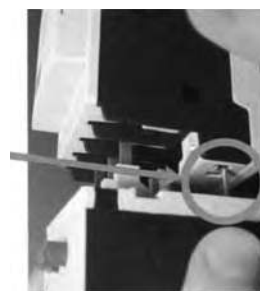
È possibile collegare i cavi di connessione alla bobina sia dalla parte superiore sia dalla parte inferiore del contattore.



In alcuni modelli, si può aggiungere al contattore tripolare un quarto polo laterale di potenza. Questa soluzione consente di ottimizzare la gestione del magazzino.

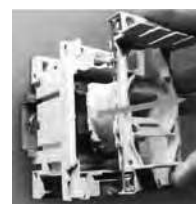


È possibile interbloccare meccanicamente ed elettricamente i contattori. Un nuovo interblocco dispone di 2 contatti ausiliari NC incorporati per la realizzazione dell'interblocco elettrico.



Mentre il relè termico è fissato, il suo contatto ausiliario si collega al morsetto della bobina del contattore tramite un terminale rigido. Con un'unica operazione, si ottiene il fissaggio completo del relè, senza la necessità di eseguire altri collegamenti.

Fig. 6.26 - Caratteristiche costruttive e di montaggio dei contattori (Lovato).



Le operazioni di montaggio e di smontaggio del contattore alla guida DIN avvengono senza attrezzi, con una semplice pressione sul contattore.

Il montaggio e lo smontaggio dei contatti ausiliari aggiuntivi e degli accessori, così come la sostituzione della bobina del contattore, sono operazioni facili e rapide, che non richiedono l'utilizzo di attrezzi.

Fig. 6.27 - Caratteristiche costruttive e di montaggio dei contattori (Lovato).

Se il contattore è rimasto per qualche tempo in luoghi umidi, è necessario controllare che i contatti non abbiano subito fenomeni di corrosione.

Contro l'umidità, è possibile ricorrere all'uso di oli, cere o grassi, che formano una patina protettiva sui contatti. La pulizia dei contatti deve essere realizzata mediante solventi non infiammabili, in quanto, al primo utilizzo del contattore, una scintilla potrebbe incendiare il solvente rimasto nella apparecchiatura.

Deve essere evitato l'uso di attrezzi o di materiali abrasivi.

La sostituzione del contatto (parte mobile o fissa) si rende necessaria allorché l'usura delle superfici abbia eccessivamente ridotto la corsa di compressione, compromettendo la buona conducibilità del contatto.



La facile accessibilità e la capienza dei morsetti sono abbinate alla protezione IP20, che impedisce il contatto accidentale con le parti in tensione.



Un inserto in gomma impedisce lo scorrimento dei contattori anche nel caso in cui la guida DIN sia montata in verticale o sia fuori tolleranza.



L'assemblaggio e il cablaggio di avviatori elettromeccanici per motori asincroni sono sicuri e rapidi. Pratici sistemi di connessione elettrica e meccanica consentono la realizzazione di avviatori compatti, in tempi ridotti e senza possibilità di errore.



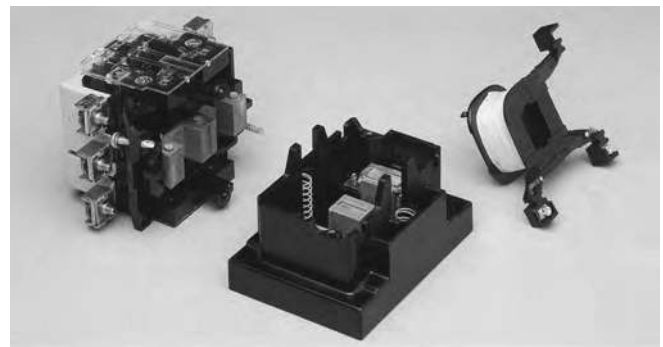
La calotta frontale, posta tra il salvamotore e il contattore, ne protegge le connessioni.

Fig. 6.28 - Caratteristiche costruttive e di montaggio dei contattori (Lovato).

Anche i circuiti magnetici devono essere tenuti molto puliti (per esempio, da polvere, segatura, limatura di ferro, trucioli). Le superfici interfacciate del traferro possono essere pulite con il medesimo solvente utilizzato per i contatti. In linea di massima, non è conveniente manipolare o regolare le molle di richiamo del seminucleo mobile, la cui forza d'azione è calibrata in fase di collaudo degli apparecchi.



a



b

Fig. 6.29 - Accessori per ricambi: a) Contatti principali - b) Bobine (AEG).

Il rapporto tra il numero dei contattori di potenza e quello dei contattori ausiliari o dei relè ausiliari è normalmente di 1 a 2÷3. In alcuni casi, vale a dire per automazioni più complesse, si può arrivare, però, a rapporti di 1 a 7÷10.

Nel caso di impianti complessi, è opportuno, però, utilizzare relè programmabile oppure un controllore logico programmabile (PLC), che è in grado di realizzare l'automazione in modo più efficiente e ad un costo inferiore.

I contattori rimangono comunque le apparecchiature di comando più utilizzate negli impianti industriali e trovano applicazione nell'avviamento di motori elettrici, per il comando di macchine operatrici, quali, per esempio, pompe, compressori, macchine utensili e nastri trasportatori.

6.7 Relè termici

I relè termici sono utilizzati per la protezione contro i sovraccarichi che si possono verificare in un circuito elettrico, come, per esempio, nel caso dei circuiti di alimentazione dei motori asincroni trifase (v. tab. 6.9).

I relè termici sono apparecchiature (v. fig. 6.35) in grado di controllare la quantità di corrente elettrica che attraversa un circuito, nonché di pilotare altri dispositivi, come, per esempio, i contattori, in genere diseccitandoli.

Elementi essenziali per il funzionamento di un relè termico sono le lamine bimetalliche, una per fase, realizzate con due materiali aventi una diversa dilatazione termica e saldati l'uno sopra l'altro; queste lamine, riscaldandosi al passaggio della corrente elettrica, si dilatano diversamente, flettendo la lamina bimetallica e provocando lo spostamento di un meccanismo che determina la commutazione di due contatti ausiliari.

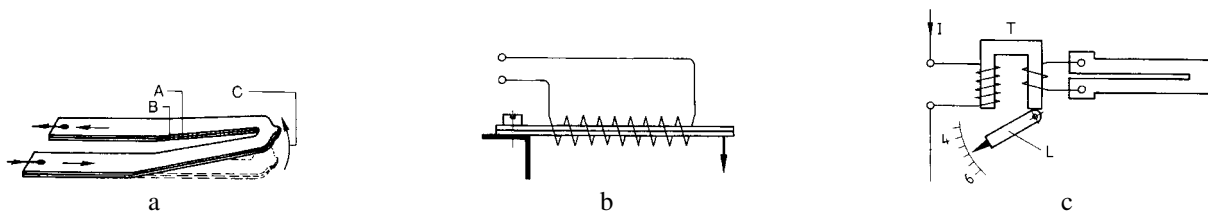


Fig. 6.32 - Metodi di riscaldamento di una lamina bimetallica: a) Riscaldamento diretto. A) metallo con elevata flessione, B) metallo con bassa flessione, C) flessione causata dal riscaldamento - b) Riscaldamento indiretto - c) Riscaldamento con trasformatore di corrente TA. T) trasformatore di corrente TA, L) leverismo per la modifica della corrente di regolazione I_r .

In pratica, questo avviene quando il valore della corrente supera il valore nominale e si mantiene per un certo tempo. Le lamine bimetalliche, flettendosi (v. fig. 6.32a) a causa della dilatazione termica, provocano la commutazione di due contatti ausiliari, i quali provvedono, diseccitando il contattore che alimenta il relè termico, ad arrestare il motore in sovraccarico.

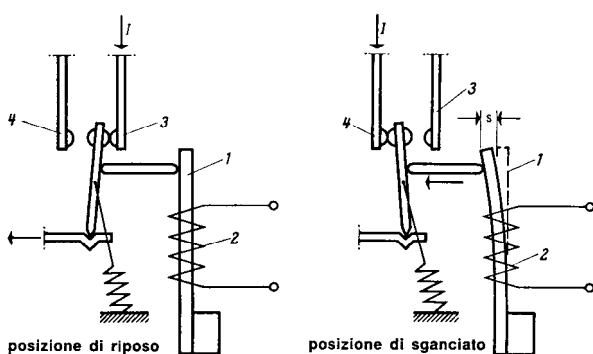
Le lamine sono riscaldate dal calore prodotto dalla corrente elettrica, che percorre dei fili avvolti attorno alle lamine bimetalliche (v. fig. 6.32b) o che le attraversa direttamente (v. fig. 6.32a), e alimentato, infine, mediante il secondario di un trasformatore di corrente (TA) (v. fig. 6.32c).

Riscaldamento diretto. La corrente di circa 20÷70 A circola direttamente attraverso il bimetallo. Non sono possibili correnti inferiori, in quanto la potenza dissipata ($P = R \cdot I^2$) non è sufficiente per fare flettere la lamina bimetallica.

Riscaldamento indiretto. La corrente circola in un avvolgimento di filo per resistori che avvolge il bimetallo. Il sistema è utilizzato per correnti di circa 0,1÷20 A.

Relè termici a bimetallo con trasformatore di corrente (TA). La corrente assorbita dal motore (>60 A) è letta per induzione dal primario di un trasformatore di corrente. Il secondario è collegato al relè termico a lamina bimetallica. In caso di cortocircuito, in pratica, è presente una protezione totale del relè termico a lamina bimetallica, perché questi trasformatori di corrente hanno il circuito magnetico funzionante nella zona di saturazione, limitando così, in caso di cortocircuito, il valore della corrente che arriva alla lamina.

Nella fig. 6.33 è mostrato il principio di funzionamento di un relè termico a riscaldamento indiretto.



Legenda: 1) lamina bimetallica, 2) avvolgimento riscaldante, 3) contatto di riposo, 4) contatto di lavoro, s) spostamento.

I relè termici, utilizzati per la protezione dei motori contro i sovraccarichi, lavorano per mezzo di lamine bimetalliche che, se riscaldate, si curvano in misura dipendente dalla temperatura. Dopo un'incurvatura prestabilita, le lamine provocano l'azionamento del leverismo (posizione di sganciato), ottenendo, così, la commutazione del contatto ausiliario. Si ha, in questo modo, l'intervento del relè, che provvede a diseccitare il contattore che alimenta il motore.

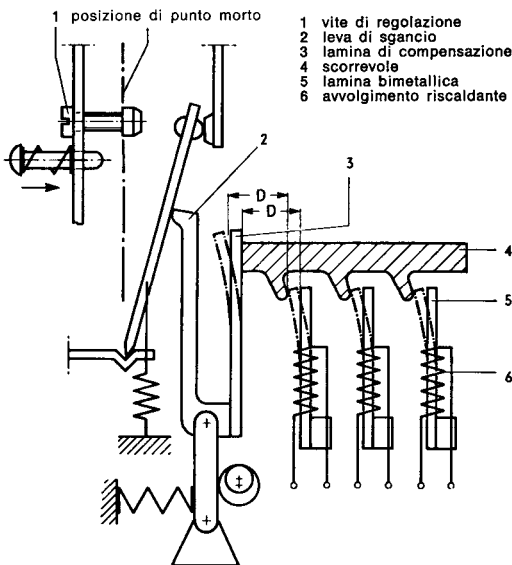
Fig. 6.33 - Principio di funzionamento di un relè termico a riscaldamento indiretto.

Queste apparecchiature hanno un dispositivo di compensazione della temperatura ambiente, illustrato nella fig. 6.34, che permette di rendere insensibile il relè termico con temperature comprese tra -20 e +55 °C; in questo modo, si mantiene immutata la caratteristica di intervento che sarà illustrata più avanti.

Poiché il carico consentito dei motori diminuisce con l'aumento della temperatura ambiente di funzionamento, i relè termici, per ragioni di sicurezza, sono leggermente sottocompensati, con una differenza media di compensazione di $-0,2\%/K$.

N°	Principali cause che determinano l'intervento del relè termico sulla linea di alimentazione di un motore asincrono
1	Sovraccarico meccanico (momentaneo o persistente) sull'albero del motore
2	Guasto incipiente o progressiva usura dei contatti del contattore (per esempio, funzionamento a due fasi)
3	Guasto incipiente su un avvolgimento del motore
4	Diminuzione eccessiva della tensione di alimentazione con conseguente aumento della corrente assorbita
5	Mancanza di una fase di alimentazione (rilevabile impiegando un relè termico di tipo differenziale, sensibile alla mancanza di una fase)

Tab. 6.9 - Principali cause che determinano l'intervento del relè termico sulla linea di alimentazione di un motore asincrono.



La curva di sgancio è normalmente riferita ad una temperatura ambiente di $+20\text{ }^\circ\text{C}$. L'indicazione di una temperatura di riferimento è necessaria, in quanto lo spostamento delle lamine bimetalliche e, di conseguenza, i tempi di sgancio sono influenzati anche dalla temperatura ambiente.

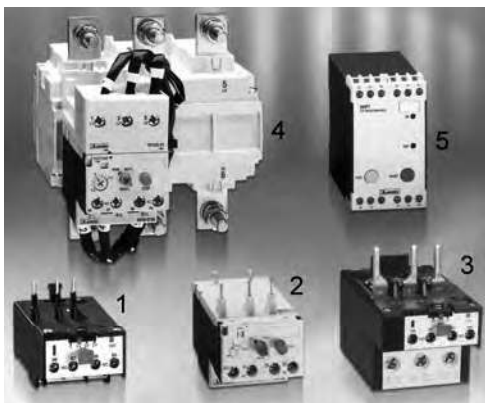
Più alta è detta temperatura, minore è il riscaldamento derivante dalla corrente necessaria al relè per raggiungere il tempo di sgancio.

Con temperature ambiente inferiori a $20\text{ }^\circ\text{C}$, per raggiungere il tempo di sgancio, è necessario aumentare il riscaldamento e, quindi, la corrente.

La dipendenza del tempo di sgancio dalla temperatura ambiente potrebbe essere utile se il relè termico ed il motore lavorassero sempre alla stessa temperatura ambiente, condizione questa che normalmente non sussiste (normalmente i relè termici sono montati in quadri nei quali, a seguito del riscaldamento derivante dalle perdite di altri componenti, quali interruttori, bobine e resistenze, si ha una temperatura che può raggiungere $50\text{ }^\circ\text{C}$). Questa condizione farebbe funzionare il relè in modo tale da non assolvere al meglio la sua funzione di protezione.

I relè termici sono perciò provvisti di un dispositivo per la compensazione della temperatura. Lo scorrevole 4 non agisce direttamente sul contatto ausiliario, ma su una lamina bimetallica 3, soggetta unicamente all'influsso della temperatura ambiente. Essa si curva, quindi, quanto le altre lamine. La distanza D tra le lamine 3 e 5 rimane, così, invariata. In questo modo, le tre lamine bimetalliche riscaldate dalla corrente devono percorrere lo stesso tratto e, di conseguenza, necessitano sempre dello stesso tempo per sganciare, indipendentemente dalla temperatura ambiente. La compensazione della temperatura ha effetto generalmente tra $-20\text{ }^\circ\text{C}$ e $+55\text{ }^\circ\text{C}$.

Fig. 6.34 - Principio di funzionamento di un relè termico a riscaldamento indiretto tripolare con compensazione della temperatura ambiente.



Legenda.

- 1) Relè termici per minicontattori. Sono disponibili modelli a riarmo manuale o a riarmo automatico e modelli sensibili e insensibili alla mancanza di fase.
- 2) Relè termici per contattori. Sono disponibili modelli a riarmo manuale o a riarmo automatico, oppure con riarmo selezionabile manuale/automatico. In combinazione con le possibilità di riarmo, esistono versioni sensibili o meno alla mancanza di fase. Accessorio per il montaggio indipendente dal contattore.
- 3) Relè termici per contattori di media potenza. Sono disponibili modelli a riarmo manuale o a riarmo automatico, oppure con riarmo selezionabile manuale/automatico. In combinazione con le possibilità di riarmo, esistono versioni sensibili o meno alla mancanza di fase. Accessorio per il montaggio indipendente dal contattore.
- 4) Relè termici per contattori di grande potenza con trasformatore di corrente TA. Sono disponibili modelli a riarmo manuale/automatico selezionabile, sensibili o insensibili alla mancanza di fase.
- 5) Relè di protezione a termistori PTC.

Fig. 6.35 - Relè termici per fissaggio diretto sui contattori e relè di protezione a termistori PTC (Lovato).

Vale la pena ricordare che, durante l'avviamento, con condizioni di funzionamento normale e carico costante, il relè termico a lamina bimetallica protegge il motore perfettamente. Al contrario, la protezione del motore nel funzionamento intermittente (marcia/arresto), con un'elevata frequenza di commutazione oppure con un carico meccanico variabile, è garantita in modo a volte insufficiente, in quanto il relè termico può simulare l'andamento termico del motore solo in maniera approssimativa.

In caso di avviamenti frequenti in funzionamento intermittente, la costante di tempo, sostanzialmente più breve rispetto al motore, provoca un intervento anticipato e, di conseguenza, la capacità termica del motore non può essere sfruttata al massimo. La costante del tempo di raffreddamento del relè termico è, inoltre, più breve, per cui, in caso di funzionamento intermittente, la differenza tra la temperatura del motore e la simulazione del relè termico aumenta costantemente.

A tale scopo, sono disponibili in commercio relè termici elettronici, illustrati successivamente, che consentono di simulare in modo più preciso le condizioni termiche all'interno del motore, qualunque sia il modo di funzionamento.

Inoltre, le informazioni così acquisite ampliano il campo di impiego dell'apparecchiatura di protezione, consentendo una maggiore precisione della corrente di regolazione, una migliore protezione in condizioni di funzionamento normale e di avviamento normale, pesante e lungo, più funzioni di protezione, controllo, sorveglianza e regolazione.

Per motivi termici, la resistenza al cortocircuito dei relè termici a lamina bimetallica con riscaldamento diretto è superiore alla resistenza dei relè riscaldati indirettamente. Quando si è in presenza di correnti nominali elevate, i relè termici sono spesso alimentati dal secondario di un TA e, di conseguenza, sono resistenti ai cortocircuiti e a valori molto alti di corrente. In riferimento alla corrente di regolazione del relè I_r , valgono, in linea di massima, i seguenti valori di resistenza al cortocircuito: relè termici riscaldati indirettamente fino a $16 I_r$, relè termici riscaldati direttamente fino a $30 I_r$, relè termici con trasformatore di corrente fino a $50 I_r$.

I relè termici sono caratterizzati da morsetti di potenza, identificati da numeri dispari (1-3-5) per quelli di entrata della corrente e da numeri pari (2-4-6) per quelli di uscita della corrente (che andrà al motore asincrono). I contatti ausiliari (1 NO+1 NC oppure 1 o 2 in scambio), per la diseccitazione del contattore e per le segnalazioni, hanno la siglatura illustrata nella fig. 6.36.

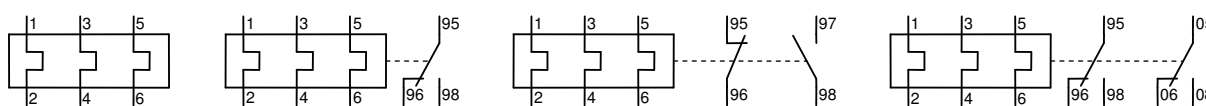


Fig. 6.36 - Numerazione dei morsetti relativi a relè termici secondo la norma CEI 17-17.

Normalmente, il relè termico è collegato con un'inserzione tribolare. Quando è utilizzato, invece, con utilizzatori monofase o in corrente continua, per mantenere inalterata la curva di intervento, occorre collegare l'apparecchiatura come mostrato nella fig. 6.37. In particolare, nella fig. 6.37b (collegamento bipolare), la terza fase è collegata in serie ad una delle altre, mentre nel collegamento unipolare le fasi sono collegate in serie tra loro, come mostrato nella fig. 6.37c. Questo è dovuto al fatto che l'energia necessaria per l'intervento del meccanismo di commutazione può essere prodotta solo se tutte e tre le lamine sono attive, ovvero se tutte e tre sono attraversate dalla corrente.

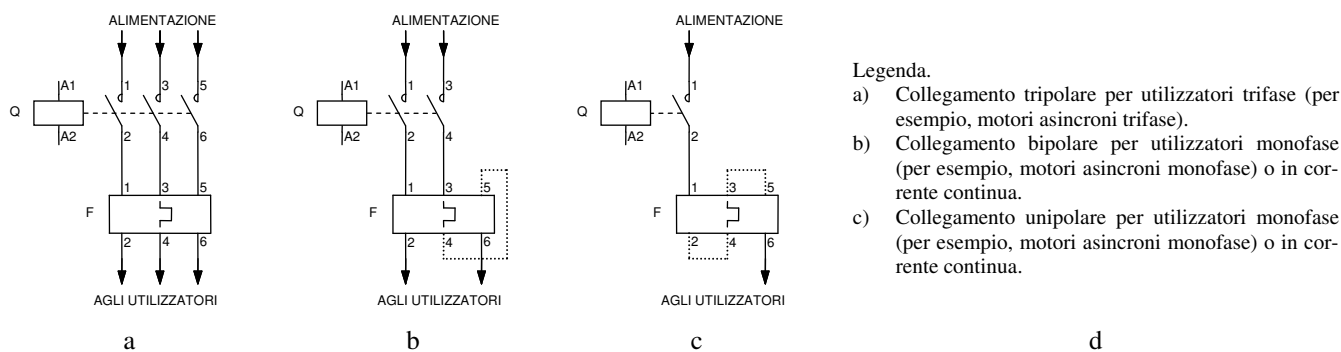


Fig. 6.37 - Esempio di inserzione di relè termici (F) e contattori (Q): a) Tripolare per utilizzatori trifase - b) Bipolare per utilizzatori monofase o in corrente continua - c) Unipolare per utilizzatori monofase o in corrente continua - d) Legenda.

I relè termici possono essere dotati di un dispositivo che salvaguarda il motore contro il funzionamento in mancanza di una fase (relè termici differenziali), evento questo che può accadere, con una certa facilità, quando la protezione contro i cortocircuiti è effettuata mediante fusibili (v. fig. 6.38).

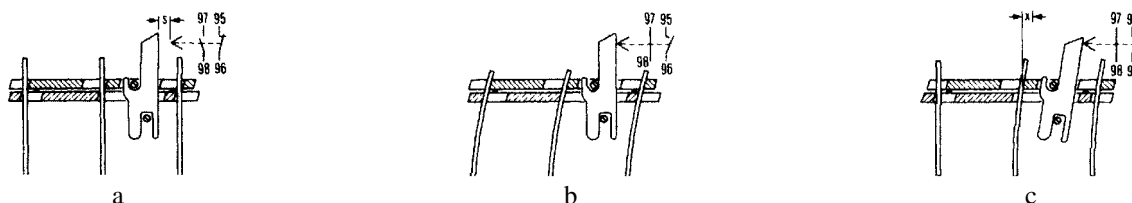


Fig. 6.38 - Condizioni di funzionamento di un relè termico: a) Condizione di esercizio normale - b) Condizione di sovraccarico - c) Mancanza di fase (Klöckner-Moeller).

La marcia monofase è particolarmente pericolosa per i motori di una certa grandezza (≥ 30 kW), mentre lo è in misura minore per i piccoli motori.

Costruttivamente, lo slittamento della curva d'intervento al mancare di una fase, quando cioè si deformano solo 2 lamine bimetalliche, è ottenibile tramite un doppio cursore, in grado di esaltare il movimento della leva che provoca lo scatto dei contatti elettrici ausiliari, come mostrato nella fig. 6.38c. Nel caso di mancanza di una fase, questo dispositivo provoca l'intervento già all'85% della corrente di regolazione trifase. Questo dato è riferito alla corrente che circola nel relè termico. In caso di mancanza di una fase, in un motore con il collegamento a triangolo, le correnti che circolano nel relè termico e negli avvolgimenti del motore non sono uguali.

La suddivisione delle correnti non è dunque nemmeno costante nel motore poiché essa dipende dal carico.

Nella fig. 6.39 è mostrato il funzionamento di un relè termico a lamina bimetallica con protezione contro la mancanza di fase e le relative caratteristiche tipiche di intervento, con e senza sistema differenziale.

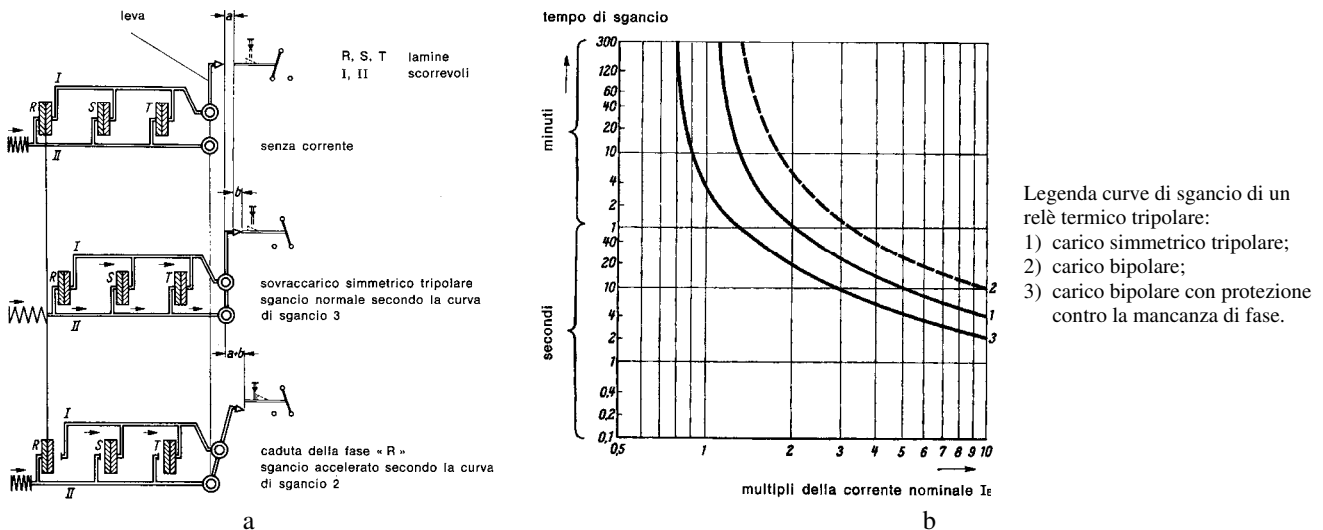


Fig. 6.39 - a) Funzionamento di un relè termico con protezione contro la mancanza di fase - b) Curve di sgancio di un relè termico tripolare.

I relè termici necessitano, dopo un loro intervento, di un determinato periodo di tempo per il raffreddamento delle lamine bimetalliche.

Questo periodo di tempo è chiamato tempo di ripristino. Solo al trascorrere di esso, è possibile ripristinare il relè termico. Il tempo di ripristino dipende dalla caratteristica di intervento del relè termico e dal valore della corrente che causa l'intervento.

Il tempo di ripristino serve anche a consentire il raffreddamento del motore durante questa pausa di funzionamento. Questo periodo di tempo, tuttavia, è nella maggior parte dei casi insufficiente per stabilire una nuova partenza del motore.

Di norma, il relè termico deve essere regolato in base alla corrente nominale I_n , assorbita dal motore. L'utilizzo del motore con una temperatura ambiente di funzionamento superiore a 40°C necessita di una correzione della corrente sul relè termico, come quella mostrata nella tab. 6.10.

Temperatura ambiente [$^\circ\text{C}$]	30	35	40	45	50	55	60
Fattore di correzione	1,08	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8

Tab. 6.10 - Fattori di correzione per la determinazione della corrente di regolazione I_r dei relè termici in funzione della temperatura ambiente di funzionamento del motore. Se, per esempio, la corrente nominale del motore $I_n = 6,0$ A, alla temperatura ambiente di 55°C , la corrente a cui deve essere regolato il relè termico $I_r = 6,0 \cdot 0,85 = 5,1$ A.

Il carico ammissibile del motore varia anche in funzione dell'altitudine. Al di sopra di 1000 m sul livello del mare, si deve tener conto di modificare la corrente di regolazione del relè termico, secondo i valori riportati nella tab. 6.11.

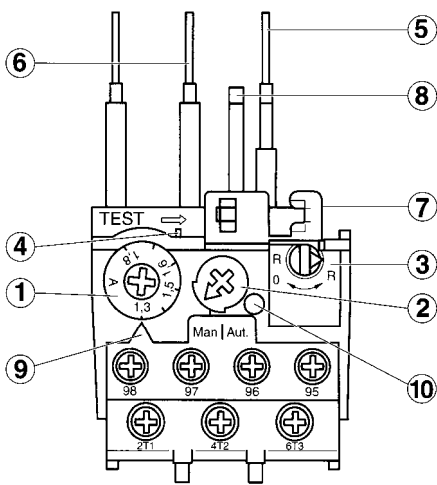
In presenza di una variazione della temperatura ambiente di funzionamento superiore a 40°C e di un'altitudine superiore a 1000 m sul livello del mare, la corrente di regolazione del relè termico deve essere corretta di un fattore ottenuto dal prodotto dei fattori individuali di correzione.

Altezza di installazione sul livello del mare	Fattore di correzione per la potenza nominale
≤1000	1,00
≥1500	0,97
2000	0,94
2500	0,90
3000	0,86
3500	0,82

Tab. 6.11 - Valori di massima per la correzione della potenza nominale in funzione dell'altezza di installazione.

Prima di mettere in funzione l'impianto, è necessario, quindi, regolare il relè sul valore di corrente (corrente di regolazione I_r) dell'utilizzatore da proteggere (normalmente la corrente nominale I_n del motore) e scegliere tra due tipi possibili di funzionamento: a riarmo **manuale** e a riarmo **automatico**.

Il primo tipo di funzionamento prevede, dopo l'intervento del relè, che l'utilizzatore non possa ripartire o non possa essere rimesso in marcia se prima, premendo il tasto previsto sull'apparecchiatura, non si è ripristinato manualmente il relè. Questo tipo di funzionamento è scelto quando il comando (per esempio, di un motore) avviene mediante un contatto permanente (galleggiante, selettore, ecc.).



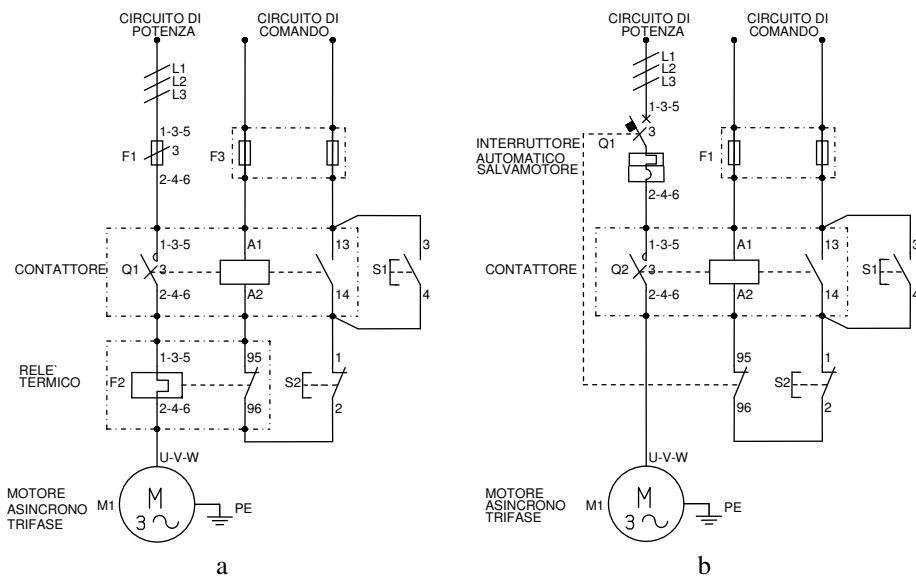
Legenda.

- 1) Selettore per la regolazione della corrente nominale. Con un giravite, si posiziona il selettore sul valore della corrente prescelta (in genere, la corrente nominale del motore), in corrispondenza della freccia di riferimento (9).
- 2) Selettore per la scelta del tipo di riarmo (manuale = M, automatico = A).
- 3) Pulsante di riarmo multifunzionale (riarmo = R, riarmo dopo il rilascio del pulsante = R-O).
- 4) Levetta di simulazione dello sgancio.
- 5) Spina fissa di collegamento.
- 6) Spina mobile di collegamento.
- 7) Supporto per portatarghetta.
- 8) Gancio per il fissaggio al contattore.
- 9) Freccia di riferimento per la selezione della corrente di regolazione.
- 10) Indicatore rosso che segnala quando il relè è disattivato (off).

Premendo il pulsante di riarmo, sono ottenute, secondo la posizione del selettore (2) e del pulsante (3), diverse funzioni, così come indicato dal costruttore.

In particolare, se il pulsante di riarmo multifunzione (3) è in posizione R-O è premuto, il contatto 95-96 (NC) è sempre aperto; questa opzione è utile quando il relè termico è usato in combinazione con un contattore. I contatti 97-98 (NO) e 95-96 (NC) sono separati galvanicamente.

Fig. 6.40 - Elementi caratteristici di un relè termico (ABB).



Circuito a). Il pulsante S1 consente l'eccitazione del contattore Q1 e, quindi, l'avviamento del motore asincrono trifase M1; il pulsante S2 consente, invece, la diseccitazione di Q1 e, quindi, l'arresto di M1. L'arresto del motore può avvenire automaticamente se, nel caso il motore vada in sovraccarico, interviene il relè termico F2, il quale, con il suo contatto ausiliario 95-96, è in grado di diseccitare il contattore Q1. Ai fusibili F1 è demandato il compito di proteggere motore e relè termico dai cortocircuiti.

Circuito b). Questo circuito, che prevede il contattore Q2 per il comando del motore, ha un funzionamento identico al precedente. L'arresto del motore può avvenire, però, automaticamente in caso di cortocircuito o sovraccarico, qualora intervenga l'interruttore automatico Q1, il quale, con il suo contatto ausiliario 95-96, è in grado di diseccitare il contattore Q2.

Fig. 6.41 - Circuito di inserzione per il comando e la protezione di un motore asincrono trifase (circuito di potenza unifilare, circuito di comando multifilare): a) Protezione mediante fusibili e relè termico - b) Protezione mediante interruttore automatico salvamotore - c) Funzionamento dei circuiti a) e b).

Nel secondo tipo di funzionamento, si ha il ripristino automatico quando il bimetallo, non essendo più attraversato dalla corrente, ritorna nella posizione di riposo.

Esso è adottato normalmente quando il comando del motore avviene mediante un contatto ad impulso (per esempio, un pulsante), con relativo contattore ed autoritenuta (marcia-arresto).

Nella fig. 6.40 sono mostrati gli elementi caratteristici di un relè termico; nella fig. 6.41 sono rappresentati, invece, i circuiti di inserzione per la protezione di un motore asincrono trifase, mediante fusibili e relè termico oppure mediante interruttore automatico salvamotore, illustrato successivamente.

La corrente di avviamento di un motore $I_a \cong 4 \div 8 I_n$ non dipende dal carico, ma dalla struttura del motore. Al contrario, il tempo di accelerazione t_a dipende dal carico. Secondo la fig. 6.42a, si parla di avviamento con carico pesante se il tempo di accelerazione, dipendente dalla corrente di avviamento, è di pochi secondi.

Un relè termico standard è, in questo caso, termicamente sotto sforzo eccessivo e, nella maggior parte dei casi, interviene.

Per la protezione dei motori trifase con tempi di avviamento particolarmente lunghi (è il caso di centrifughe, pompe, ventilatori e così via), si rende necessario l'uso, come spiegato più avanti, di relè termici ritardati, che non intervengono cioè durante il transitorio di avviamento della macchina.

Per effettuare degli avviamenti particolarmente lunghi, è possibile cortocircuitare il relè termico del motore durante la fase di avviamento, dirottando parte della corrente assorbita dal motore su un contattore ausiliario in parallelo, che è diseccitato automaticamente a motore avviato, come mostrato nella fig. 6.42b. Questo accorgimento va però limitato ai motori di bassa potenza e richiede la sorveglianza dell'operatore durante l'intero periodo di avviamento.

Per motori di grandi dimensioni, è opportuno installare relè termici con trasformatore a nucleo saturabile, che realizzano un ritardo nel tempo di intervento della protezione, come mostrato nella fig. 6.42c.

In ogni caso, sarebbe un errore fare fronte ad avviamenti pesanti aumentando la taratura del relè termico. Così facendo, si falserebbe, infatti, il grado di protezione del motore durante la marcia normale.

Nel caso in cui i tempi di avviamento di grossi motori asincroni trifase siano particolarmente lunghi, è necessario, come si è detto precedentemente, fare uso di relè termici ritardati, cioè che non intervengono durante il transitorio di avviamento della macchina.

I relè termici ritardati sono formati da tre riduttori di corrente a ferro saturabile e da un relè termico normale, allacciato ai secondari dei trasformatori. I riduttori a ferro saturabile hanno un rapporto di trasformazione che è lineare fino a circa $2 I_n$. Nel campo superiore, la corrente secondaria non aumenta più proporzionalmente alla corrente primaria. Questa condizione si traduce in un tempo di intervento maggiore per sovraccarichi elevati (anche maggiori di 20 s per correnti pari a 6 volte quella di regolazione).

In questi casi, gli apparecchi elettronici per la protezione del motore offrono prestazioni migliori, in quanto possono essere adattati con precisione all'avviamento del motore con carico pesante.

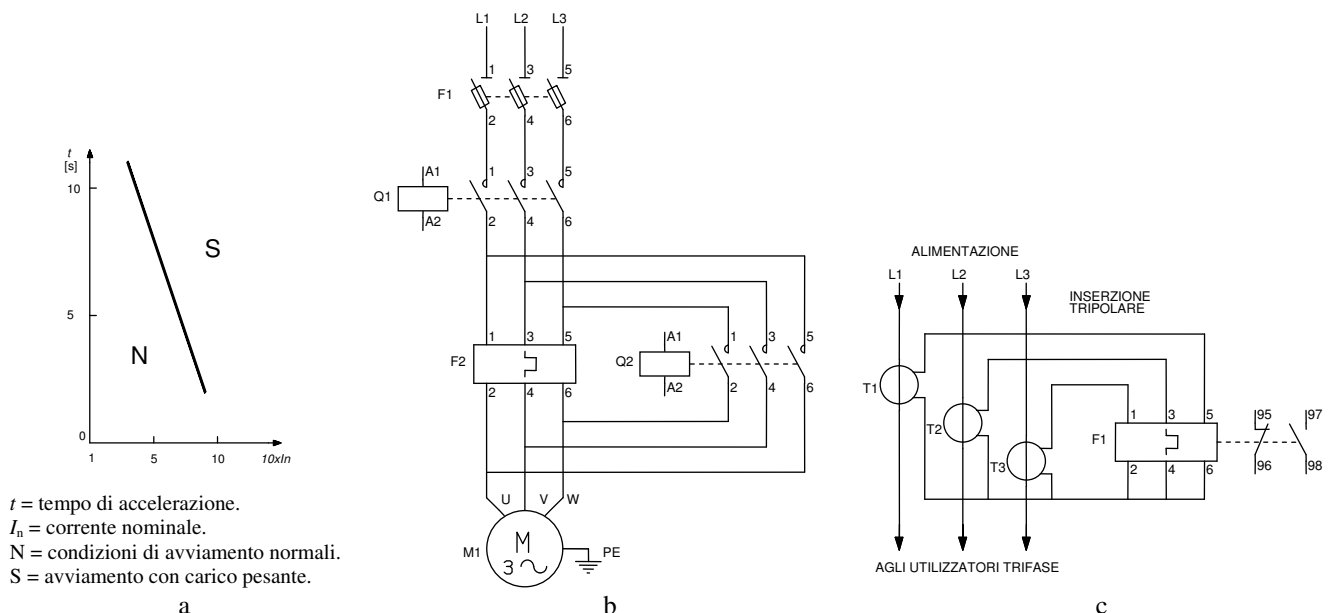


Fig. 6.42 - a) Nell'avviamento con carico pesante, il tempo di accelerazione è funzione della corrente di avviamento ed è di pochi secondi - b) Configurazione circuitale con contattore di cortocircuito (Q2) del relè termico F2, per il comando di un motore asincrono di piccola potenza ad avviamento lungo - c) Schema elettrico di inserzione di un relè termico con riduttori a ferro saturabile per motori di grande potenza.

I relè termici possono essere utilizzati anche in corrente continua; infatti, il principio di funzionamento si basa, come è stato detto precedentemente, sull'effetto termico della corrente applicata ad una lamina bimetallica. Di conseguenza, il relè termico è attivato solo dall'effetto termico e, quindi, dal valore della corrente che lo attraversa.

Quando, invece, l'inserzione dei relè termici non è diretta, ma avviene mediante uso di trasformatori amperometrici (TA), l'uso è limitato ai soli impieghi in corrente alternata.

I relè termici per la protezione dei motori in ambiente EEx (ambienti con pericolo di esplosione) devono corrispondere alle norme e alle disposizioni specifiche. I normali relè termici non offrono la possibilità di protezione in ambiente con pericolo di esplosioni e, di conseguenza, non possono essere installati in queste zone.

Negli avviatori stella-triangolo, il relè termico può essere inserito in tre differenti posizioni (avviamenti normali, pesanti, molto pesanti), come sarà spiegato nel capitolo dedicato agli impianti elettrici industriali.

L'intervento di un relè termico è regolato da una curva caratteristica a **tempo inverso**, vale a dire che il tempo d'intervento del relè diminuisce all'aumentare della corrente.

La curva caratteristica di intervento dei relè termici riporta, in ascissa, i multipli della corrente di regolazione (a volte chiamata corrente di taratura), in quanto, generalmente, questo valore può essere regolato entro un certo intervallo. Nella fig. 6.43 sono rappresentate la cosiddetta **curva a freddo** (1), poiché il relè non è sollecitato dalla corrente se non allorché si manifestano le condizioni di sovraccarico, e la **curva a caldo** (2), che tiene conto dell'effetto termico esercitato sul dispositivo anche dalla corrente di carico, transitante normalmente nel relè quando esso si trova in condizione di riposo.

Nella pratica, si fissa, in genere, una corrente di regolazione I_r uguale alla corrente nominale dell'utilizzatore da proteggere (per esempio, un motore asincrono trifase). Il relè non deve intervenire entro 2 ore se il sovraccarico è contenuto entro il 5% ($1,05 I_r$), partendo da freddo. Partendo da caldo, deve intervenire entro 2 ore se il sovraccarico è uguale o superiore al 20% ($1,2 I_r$). La temperatura di riferimento deve essere specificata dal costruttore; essa è generalmente pari a $20\text{ }^\circ\text{C}$ o $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Le caratteristiche riportate si riferiscono, generalmente, al funzionamento trifase; in caso di funzionamento monofase, il relè perde circa il 10% di sensibilità e, di conseguenza, l'intervento entro due ore avviene con il 32% di sovraccarico, pari a $1,32 I_r$.

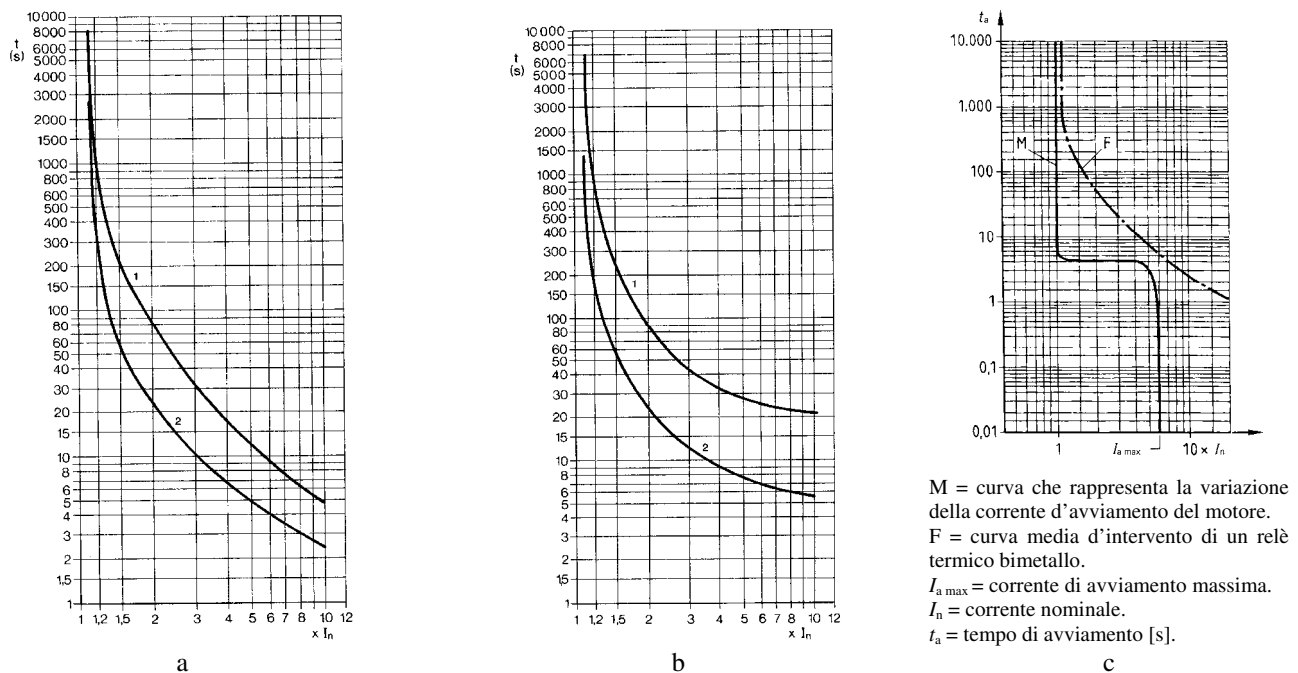


Fig. 6.43 - a) Curve di intervento normali indicate fra le specifiche operative dei relè termici in commercio (per avviamenti normali): 1) curva media a freddo - 2) curva media a caldo - b) Curve caratteristiche d'intervento a tempo inverso di un relè termico ritardato (per avviamenti pesanti): 1) curva media a freddo - 2) curva media a caldo - c) Gli apparecchi di protezione del motore devono consentire l'avviamento del motore. La caratteristica dell'apparecchio F (per esempio, relè termico) deve trovarsi sempre al di sopra della caratteristica del motore M.

Dalle curve caratteristiche si può rilevare che, per correnti di $15\div 20 I_r$ (correnti di cortocircuito), i tempi di intervento tendono a rimanere costanti, per cui non risultano più sufficienti a garantire la protezione dell'utilizzatore e del relè stesso.

Per tale motivo, si deve coordinare al relè un dispositivo di protezione contro i cortocircuiti, come, per esempio, dei fusibili o un interruttore automatico.

Il coordinamento deve assicurare che ciascun dispositivo:

- operi correttamente nell'ambito delle proprie caratteristiche;
- garantisca la protezione sia dell'impianto in generale, sia degli altri dispositivi associati.

I costruttori forniscono delle tabelle di coordinamento simili a quella mostrata nelle tab. 6.12, tab. 6.13 e tab. 6.15.

Se i motori sono utilizzati a tensioni di 220/380 V, la corrente di regolazione I_r dei relè termici e dei salvamotori deve essere aumentata del 5%.

La tab. 6.14 indica la sezione dei conduttori in relazione alle correnti di impiego ammissibili per condizioni installative e circuitali normali; in caso di correnti di cortocircuito elevate e per condutture di notevole lunghezza, può essere necessario maggiore la sezione.

Motore trifase $U_n = 230$ V		Protezione contro il sovraccarico (avviatore)			Protezione contro il cortocircuito			Protezione contro il sovraccarico e il cortocircuito	
		Contattore	Relè termico		Fusibile		Interruttore automatico (CEI 23-3/1)	Interruttore automatico salvamotore	
P_n [kW]	I_n [A]	AC3 I_c [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]	Classe gG I_n [A]	Classe aM I_n [A]	Curva D I_n [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]
0,37	1,8	9	1,6+2,5	1,8	6	4	4	1,6+2,5	1,8
0,55	2,7	9	2,5+4	2,7	8	4	4	2+3,2	2,7
0,75	3,3	9	2,5+4	3,3	8	4	6	2,5+4	3,3
1,1	4,3	9	4+6,3	4,3	12	6	6	3,2+5	4,3
1,5	6,2	9	5+8	6,2	16	8	8	5+8	6,2
2,2	8,3	9	6+10	8,3	20	10	16	6+10	8,3
3	11,5	12	10+16	11,5	25	12	16	10+16	11,5
4	14	16	10+16	14	32	20	20	10+16	14
5,5	19	25	16+25	19	50	25	25	16+25	19
7,5	26	32	20+32	26	63	32	32	20+32	26
11	37	40	32+40	37	80	40	50	---	---
15	50	63	50+63	50	125	63	63	---	---

Tab. 6.12 - Coordinamento fra contattori, relè termici e fusibili (o interruttori automatici) per la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti, per motori asincroni trifase con una tensione nominale $U_n = 230$ V.

Motore trifase $U_n = 400$ V		Protezione contro il sovraccarico (avviatore)			Protezione contro il cortocircuito			Protezione contro il sovraccarico e il cortocircuito	
		Contattore	Relè termico		Fusibile		Interruttore automatico (CEI 23-3/1)	Interruttore automatico salvamotore	
P_n [kW]	I_n [A]	AC3 I_c [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]	Classe gG I_n [A]	Classe aM I_n [A]	Curva D I_n [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]
0,37	0,98	9	1+1,6	1	4	2	1,6	1+1,6	1,2
0,55	1,5	9	1+1,6	1,6	4	2	2	1+1,6	1,6
0,75	1,9	9	1,6+2,5	1,9	6	4	3	2+3,2	1,9
1,1	2,5	9	2,5+4	2,5	8	4	4	2,5+4	2,5
1,5	3,6	9	2,5+4	3,6	8	4	6	3,2+5	3,6
2,2	4,8	9	4+6,3	4,8	12	6	6	4+6,3	4,8
3	6,3	9	5+8	6,3	16	8	8	5+8	6,3
4	8,1	9	8+12	8,1	20	10	10	8+13	8,1
5,5	10,5	12	10+12	10,5	25	12	16	10+16	10,5
7,5	14,7	16	12+20	14,7	32	20	20	14+20	14,7
11	20,9	25	16+25	20,9	50	25	32	16+25	20,9
15	28,5	32	20+32	28,5	63	32	40	22+32	28,5
18,5	35,2	40	32+40	35,2	80	40	50	---	---
22	41,8	45	36+50	44,8	100	50	63	---	---
30	55	63	50+63	55	125	80	80	---	---
37	68	75	63+80	68	160	80	100	---	---

Tab. 6.13 - Coordinamento fra contattori, relè termici e fusibili (o interruttori automatici) per la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti, per motori asincroni trifase con una tensione nominale $U_n = 400$ V.

I [A]	0,98	1,5	1,9	2,5	3,6	4,8	6,3	8,1	10,5	14,7	20,9	28,5	35,2	41,8	55	68
S [mm ²]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	6	10	10	16	25

Tab. 6.14 - Sezioni indicative dei cavi, isolati in PVC, in relazione alle correnti di impiego per condizioni installative e circuitali normali, per motori asincroni trifase con una tensione nominale $U_n = 400$ V.

Motore monofase $U_n = 230$ V		Protezione contro il sovraccarico (avviatore)			Protezione contro il cortocircuito			Protezione contro il sovraccarico e il cortocircuito	
		Contattore	Relè termico		Fusibile		Interruttore automatico (CEI 23-3/1)	Interruttore automatico salvomotore	
P_n [kW]	I_n [A]	AC3 I_c [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]	Classe gG I_n [A]	Classe aM I_n [A]	Curva D I_n [A]	Campo di regolazione [A]	I_r [A]
0,37	2,6	9	2,5÷4	2,6	8	4	4	2÷3,2	2,6
0,55	3,6	9	2,5÷4	3,6	12	6	6	3,2÷5	3,6
0,75	4,9	9	4÷6,3	4,9	12	6	6	4÷6,3	4,9
1,1	6,4	9	5÷8	6,4	16	10	8	5÷8	6,4
1,5	8,8	12	6÷10	8,8	25	16	16	8÷13	8,8
2	11,5	16	10÷16	11,5	25	16	16	10÷16	11,5

Tab. 6.15 - Coordinamento fra contattori, relè termici e fusibili (o interruttori automatici) per la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti, per motori asincroni monofase con una tensione nominale $U_n = 230$ V.

Per i motori, la protezione contro il sovraccarico, al contrario della protezione contro i cortocircuiti, può essere differenziata come evidenziato dalla tab. 6.16.

Potenza del motore	Esercizio	Protezione
$\leq 0,5$ kW	Sovraccarico non probabile. Per esempio, pompe refrigeranti. Corrente nominale uguale all'incirca alla corrente di avviamento.	Protezione contro il sovraccarico solamente raccomandata.
$> 0,5$ kW	Servizio continuativo.	Protezione contro il sovraccarico prescritta.
< 2 kW	Partenze e arresti frequenti.	Non è necessaria la protezione contro il sovraccarico.
≥ 2 kW	Partenze e arresti frequenti.	Utilizzare gli organi di protezione più adatti secondo il tipo di esercizio.
Indipendente	Raffreddamento ridotto (per esempio ambiente polveroso).	Raccomandato il motore con la protezione termica incorporata.

Tab. 6.16 - Criteri per la protezione contro i sovraccarichi (norma CEI 44-5).

Qualora non sia possibile utilizzare le tab. 6.12, tab. 6.13 e tab. 6.15, è possibile scegliere il relè termico e i fusibili nel modo descritto di seguito. Il tipo di relè termico deve essere scelto in relazione alla caratteristica di avviamento del motore. In particolare, si definisce con:

- I_{avv} , vale a dire il valore medio della corrente assorbita dal motore nella fase di avviamento (in genere, $5\div 8 I_{NM}$);
- I_{NM} , cioè la corrente nominale assorbita dal motore in funzionamento normale;
- t_{avv} , vale a dire la durata dell'avviamento corrispondente a $1\div 5$ s (tempi superiori sono registrati negli avviamenti gravosi).

Il relè termico, che deve essere caratterizzato da un campo di regolazione comprendente il valore I_{NM} , è regolato a un valore $I_R = I_{NM}$. Si verifica, quindi, sulle caratteristiche di intervento del relè se, per t_{avv}/I_R , il tempo di intervento è inferiore a t_{avv} , sia a freddo sia a caldo.



Fig. 6.44 - a) Caratteristica corrente assorbita - tempo di un motore asincrono a gabbia - b) Verifica sulle caratteristiche di intervento di un relè termico sia a freddo sia a caldo.

La protezione contro il cortocircuito può essere realizzata con fusibili tipo gG (gI) o aM, oppure con un interruttore automatico, osservando le condizioni generali delineate nelle righe che seguono.

Il dispositivo di protezione deve essere inserito a monte del complesso (contattore+relè termico), deve possedere un potere d'interruzione maggiore della massima corrente di cortocircuito che può verificarsi nel punto di installazione e deve limitare l'energia specifica passante ad un valore sopportabile dal relè.

Inoltre, questo dispositivo non deve intervenire per valori di corrente di sovraccarico per i quali la protezione è affidata al relè termico, ma solo per sovracorrenti non sopportabili dal relè.

I modi per soddisfare queste condizioni sono i seguenti:

- fusibile tipo gG (gI) - la caratteristica di intervento del fusibile deve incrociare quella del relè in un punto compreso tra 6 e $6,5 I_N$ e tra $10 \div 12 I_{Rmax}$. Valori più elevati sono consigliati solo in caso di avviamento gravoso;
- fusibile tipo aM - per i fusibili aM, oltre alla condizione indicata per i fusibili gG, è necessario che la caratteristica di sovraccarico del fusibile sia posizionata al di sopra della caratteristica d'intervento del relè termico;
- interruttore automatico - La corrente di intervento I_m dello sganciatore magnetico deve essere $I_m \geq 10 \div 11 I_{NM}$ (essendo I_{NM} la corrente nominale del motore), ma inferiore alla massima corrente sopportabile dal relè termico.

Per assicurare il coordinamento del contattore con il relè termico e il dispositivo di protezione contro il cortocircuito, è necessario che:

- il potere di interruzione del contattore sia maggiore del valore di corrente determinato dall'incrocio della caratteristica di intervento del dispositivo di protezione contro il cortocircuito con quella del relè termico;
- l'energia specifica (integrale di Joule) lasciata passare in fase di cortocircuito dal dispositivo di protezione sia inferiore a quella sopportabile dal contattore.

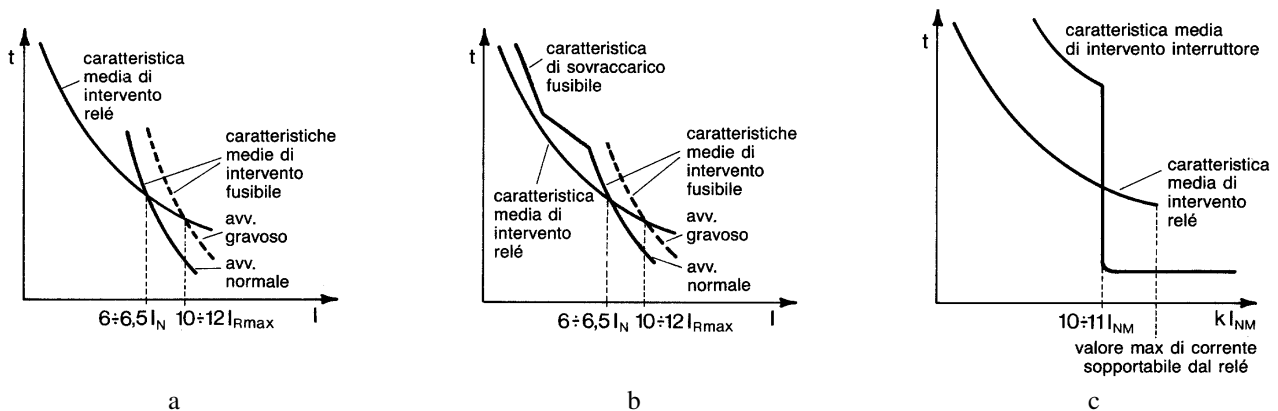


Fig. 6.45 - a) Confronto fra le caratteristiche di intervento di un fusibile tipo gG e di un relè termico - b) Confronto fra le caratteristiche di intervento di un fusibile tipo aM e di un relè termico - c) Verifica del coordinamento fra un interruttore automatico e un relè termico.

Se un motore è rifasato singolarmente, in genere, il condensatore è collegato direttamente ai morsetti del motore. In questo caso, per la regolazione della corrente di intervento I_R del relè termico si deve fare riferimento non alla corrente nominale del motore, ma ad un valore minore, per tenere conto della corrente fornita dal condensatore. La corrente I che interessa il relè termico può essere calcolata con la relazione $I = a \cdot I_{NM}$, dove a è un coefficiente che dipende dal $\cos \varphi$ del motore (rilevabile dalla targa) e dal $\cos \varphi$ al quale è portato con il rifasamento e che può essere ricavato dal grafico di fig. 6.46.

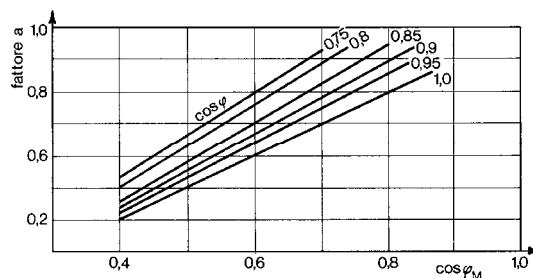


Fig. 6.46 - Grafico per ricavare il coefficiente "a" di riduzione della corrente di regolazione nel caso di motori asincroni rifasati.

È opportuno che la condotta di collegamento del motore al contattore sia dimensionata sulla base della corrente nominale del motore e che, per quanto riguarda la caduta di tensione, essa sia calcolata tenendo presente il valore che la corrente di spunto può assumere durante la fase di avviamento del motore.

La verifica dell'ideoneità della condotta nei riguardi dei sovraccarichi e dei cortocircuiti va condotta tenendo presente che, essendo definite le caratteristiche dei dispositivi, si deve controllare che:

- l'energia specifica sopportata dal cavo $K^2 \cdot S^2$ sia superiore a quella lasciata passare dal dispositivo di protezione contro i cortocircuiti ($I^2 \cdot t$): $I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2$;
- siano soddisfatte le relazioni: $I_{NM} \leq I_R \leq I_Z$, essendo I_Z la portata della condotta e I_R la corrente regolata.

Dal punto di vista dell'installazione, i relè termici, in genere, sono previsti per la connessione diretta ai morsetti d'uscita del contattore, ma possono essere anche del tipo che consente il fissaggio, direttamente o mediante apposito accessorio, su guida DIN.



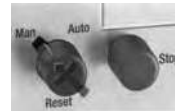
Mentre il relè termico è fissato al contattore, il suo contatto ausiliario si collega al morsetto della bobina del contattore tramite un terminale rigido. Con un'unica operazione è ottenuto il fissaggio completo del relè, senza la necessità di altri collegamenti.



È disponibile una calotta di protezione che, applicata frontalmente, protegge il relè termico da possibili manomissioni della taratura e da azionamenti involontari dei tasti di "Reset" e "Stop".



La facile accessibilità e la capienza dei morsetti sono abbinate alla protezione IP20, che impedisce il contatto accidentale con le parti in tensione.



Il relè termico è fornito in configurazione di reset manuale. La rottura di due alette consente la rotazione del tasto di "Reset" in posizione automatico. La rottura delle alette e la presenza dell'indice rendono l'identificazione della configurazione prescelta immediata e inequivocabile.



Un utile dispositivo di chiusura a sportello impedisce la manomissione della taratura dei relè termici.

Fig. 6.47 - Caratteristiche costruttive e di montaggio dei relè termici (Lovato).

6.8 Relè termici elettronici

I relè di sovraccarico elettronici sono apparecchiature nate per essere abbinate ai contattori. Infatti, le lamine bimetalliche sono sostituite da un microprocessore, al quale fanno capo tutte le funzioni dell'apparecchiatura.

Dallo schema a blocchi in fig. 6.48, si nota come il principio di funzionamento si basi sul continuo confronto fra i valori impostati in memoria (corrente nominale del motore e tipo di avviamento) e il valore della corrente realmente assorbita dal motore. Quando i parametri confrontati escono dai limiti di tolleranza, il microprocessore fa commutare il relè di uscita, determinando, come per il modello elettromeccanico, la disconnessione del contattore.

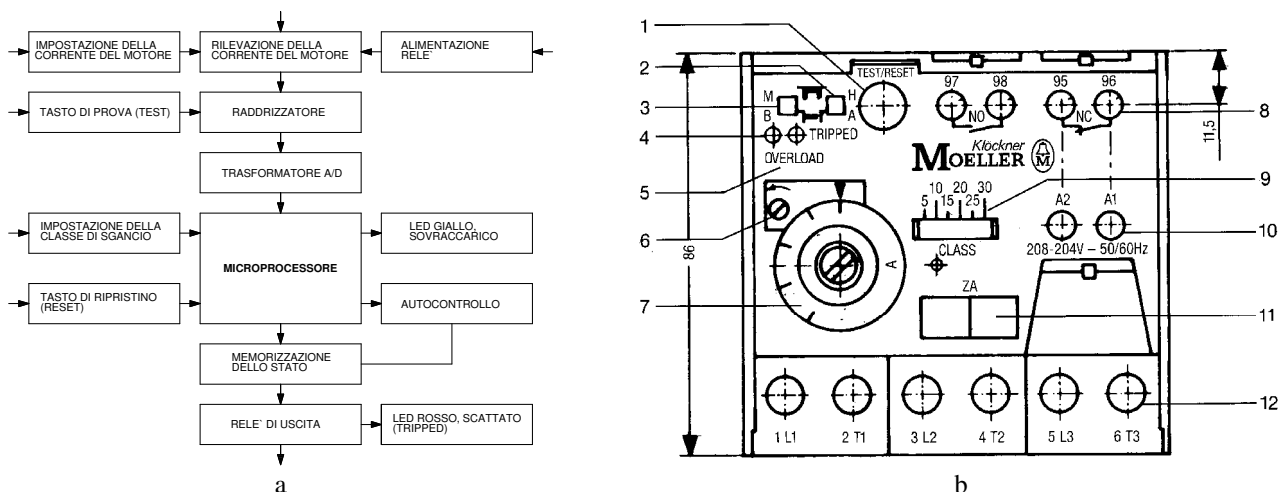


Fig. 6.48 - Relè elettronico di sovraccarico: a) Schema a blocchi - b) Esempio: 1) tasto TEST/RESET - 2) selettore manuale/automatico - RESET - 3) selettore per la scelta di stato in caso di mancanza tensione ausiliari di alimentazione - 4) diodo LED giallo segnalatore di sovraccarico (OVERLOAD) - 5) diodo LED rosso segnalatore di intervento (TRIPPED) - 6) vite di blocco scala di taratura - 7) scala di taratura - 8) morsetti di allacciamento circuito ausiliario - 9) selettore classe di intervento - 10) morsetti di allacciamento tensione ausiliaria di alimentazione - 11) targhetta identificazione apparecchio - 12) morsetti di allacciamento per il circuito di potenza (riduttore di corrente TA) (Klöckner-Moeller).

Rispetto ai relè termici tradizionali, le prestazioni di questo apparecchio si differenziano per una maggiore precisione d'intervento, per una maggiore ampiezza del campo di regolazione delle correnti e per la possibilità d'intervento in seguito ad una dissimmetria tra le fasi.

Inoltre, l'apparecchiatura è in grado di funzionare in caso sia di avviamenti normali sia di avviamenti pesanti e può essere inserita mediante trasformatori amperometrici.

Come possibilità di segnalazione esterna, il relè elettronico prevede, in genere, due diodi luminosi LED, l'uno giallo e l'altro rosso.

Il LED giallo inizia a lampeggiare quando la corrente assorbita dal motore è pari a quella impostata, mentre la sua luce diventa fissa quando il motore assorbe una corrente superiore al 110% di quella impostata. L'accensione del LED rosso segnala l'avvenuto intervento del relè.

I moderni apparecchi elettronici per la protezione del motore consentono, con l'utilizzo di microprocessori, l'elaborazione, la memorizzazione e la preparazione di tutti i dati di funzionamento e statistici rilevati: corrente assorbita, asimmetria, corrente di dispersione verso terra, riscaldamento, potenza assorbita, tempo di intervento, durata del funzionamento, dati sulle condizioni del contattore e del motore, causa e condizioni d'allarme ed interventi precedenti. Tutti questi dati possono essere trasmessi attraverso collegamenti di rete di comunicazione centralizzati con un sistema di controllo generale. D'altra parte, i parametri di funzionamento, memorizzati attraverso la rete di comunicazione nell'apparecchio per la protezione del motore, possono essere costantemente adattati e modificati in funzione delle esigenze di processo. Gli apparecchi per la protezione del motore modulari offrono l'allacciamento per i protocolli bus più importanti (per esempio, Profibus e DeviceNet).

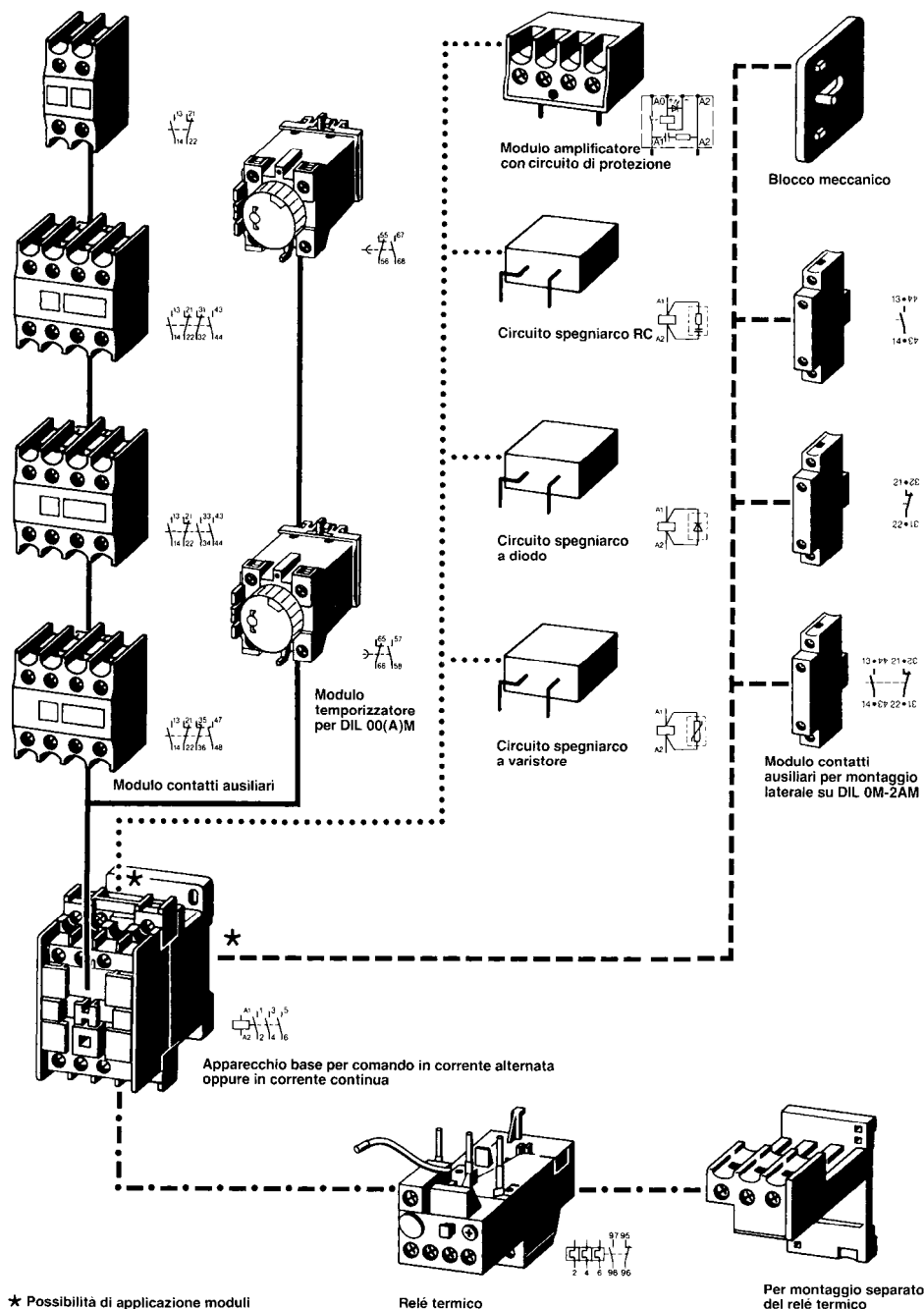


Fig. 6.49 - Schema di montaggio dei contattori, relè termici e relativi accessori, sistema DIL M (Klückner-Moeller).

6.9 Interruttori automatici salvamotori

Per rendere più razionale e più veloce la manutenzione di un impianto dotato di motori elettrici, si può utilizzare, al posto dei relè termici coordinati con i fusibili, un'apparecchiatura denominata interruttore salvamotore e dotata di un relè termico interno regolabile. Questi interruttori sono dotati, su ciascuna fase, di una lamina bimetallica, per la protezione contro i sovraccarichi, e di uno sganciatore magnetico, per la protezione dai cortocircuiti.

Il relè termico incorporato ha la possibilità, come i relè termici normali, di regolare la corrente di intervento, in modo da coprire una gamma di motori con una corrente nominale da 0,1 a 100 A e oltre.

La taratura degli sganciatori termici avviene, in genere, mediante una vite di regolazione, posta sul pannello frontale e dotata di una scala graduata in ampere, come mostrato nella fig. 6.51b.

Alcuni costruttori prevedono una calotta trasparente piombabile, posta a protezione della vite di taratura dopo la sua regolazione. In questo modo, il valore di taratura dello sganciatore termico è sempre visibile, ma nello stesso tempo non è possibile una manomissione accidentale o volontaria.



Interruttori salvamotori magnetotermici.
Gamma di taratura da 0,1 a 100 A.
Potere di interruzione da 50 kA (400 V) fino a 100 A. Ideali al sezionamento.
Intervento magnetico a $12 I_n$.
Completi di accessori (connessioni rigide, contenitori, attuatori, lampade di segnalazione, contatti ausiliari).
Segnalatori di intervento automatico.
Intervento secondo una curva simile a quella mostrata nella fig. 6.51c.
Durata meccanica 100000 cicli, durata elettrica 100000 cicli (AC3).
Grado di protezione IP20.

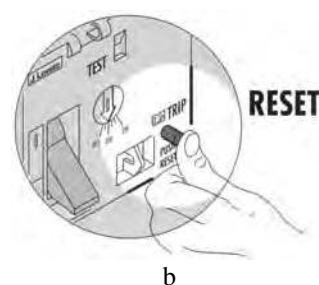


Fig. 6.50 - a) Interruttori salvamotori magnetotermici - b) Indicatore di intervento per cortocircuito. Per chiudere l'interruttore, è necessario prima resettarlo come indicato in figura. Questo indicatore per intervento magnetico permette di evitare pericolose manovre di chiusura in presenza di cortocircuiti precedentemente interrotti (Lovato).

Queste apparecchiature, come i relè termici, hanno un dispositivo di compensazione della temperatura ambiente (da -20°C a $+55^\circ\text{C}$), che consente un sicuro intervento, senza particolari vincoli dal punto di vista delle condizioni ambientali. Per aumentare il grado di affidabilità di queste apparecchiature, è prevista, a volte, la protezione dalla mancanza di fase, che mette il motore al sicuro da pericolosi surriscaldamenti degli avvolgimenti o da danni irreparabili per bruciatura degli stessi avvolgimenti.

Quando più interruttori salvamotore sono montati affiancati (senza spazi che consentano la circolazione di aria sui lati), con funzionamento simultaneo, la posizione della vite di regolazione della corrente di intervento termica deve essere incrementata del 15% rispetto alla corrente nominale del motore.

Il montaggio da parete e quello da incasso consentono il montaggio degli interruttori nelle condizioni ambientali più svariate (polvere, umidità, ambienti aggressivi, ecc.).

I fusibili devono essere messi, con valori riportati nelle tabelle fornite dai costruttori, solamente se la corrente di cortocircuito, nel punto di installazione dell'interruttore, supera il potere di interruzione dell'interruttore stesso.

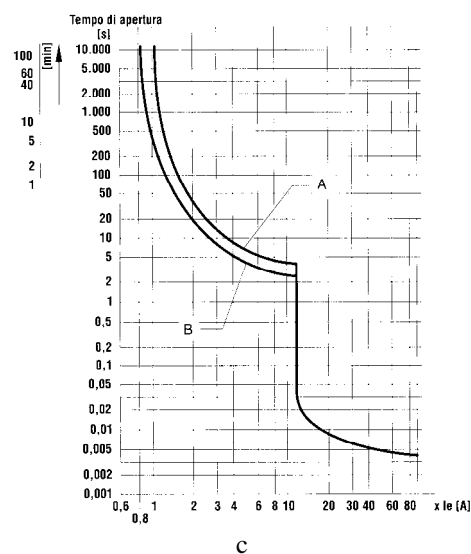
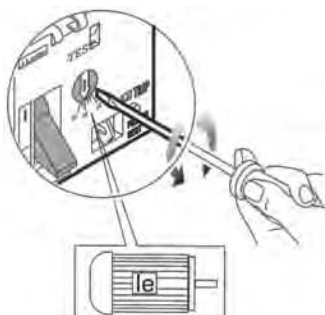
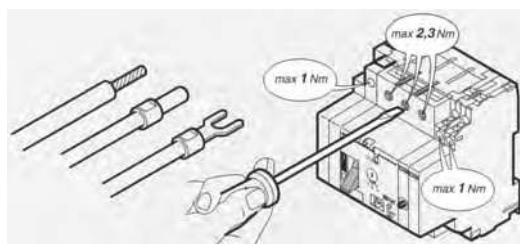


Fig. 6.51 - a) Coppia di serraggio, mediante cacciavite; si noti che è possibile effettuare i collegamenti senza oppure con capicorda a puntale rotondo o a forcilla - b) Esempio di regolazione del valore della corrente di intervento del relè termico mediante cacciavite - c) Tempi indicativi di intervento a freddo in funzione della corrente di regolazione termica. Il tempo di intervento a caldo è ottenuto moltiplicando il valore rilevato dal grafico per 0,75; A = funzionamento equilibrato su 3 fasi, B = funzionamento su 2 fasi (mancanza di una fase).

L'interruttore salvamotore è un interruttore magnetotermico, che permette la protezione, oltre che dai sovraccarichi, anche dai cortocircuiti per mezzo di sganciatori magnetici. Non è, quindi, un caso che queste apparecchiature possano raggiungere un potere di interruzione di 100 kA.

Questi elevati valori del potere di interruzione consentono, nella maggior parte delle installazioni, di evitare l'utilizzo dei fusibili installati a monte dell'interruttore, necessari quando sono presenti elevate correnti di cortocircuito o comunque superiori al potere di interruzione dell'interruttore.

Alcuni modelli sono, inoltre, limitatori della corrente di cortocircuito; infatti, l'energia passante attraverso l'interruttore è sensibilmente ridotta, grazie sia alla velocità di apertura dei contatti, contemporanea su tutti i poli, sia alle particolari conformazioni delle camere spegniarco.

La meccanica, del tipo "a sgancio libero", consente la commutazione automatica dell'interruttore anche in caso di bloccaggio della leva di comando in posizione di "chiuso".

Questi sganciatori hanno una taratura che prevede una soglia di intervento pari a 12 volte la corrente nominale. Gli interruttori salvamotori sono insensibili alla corrente di spunto, che si verifica durante l'avviamento del motore.

Queste apparecchiature sono dotate di numerosi accessori. È possibile, infatti, il montaggio sui due lati di un blocco contatti ausiliari 1 NO + 1 NC, di un blocco contatti di segnalazione interruttore intervenuto, di una bobina di minima tensione, di una bobina di sgancio a distanza e di una bobina di minima tensione con contatti ausiliari 2 NO incorporati. La gamma, in genere, comprende anche degli accessori che consentono di soddisfare diverse esigenze di installazione: cassette e frontali con manopola di comando, quadretti stagni e pulsanti per l'arresto di emergenza (v. fig. 6.52).

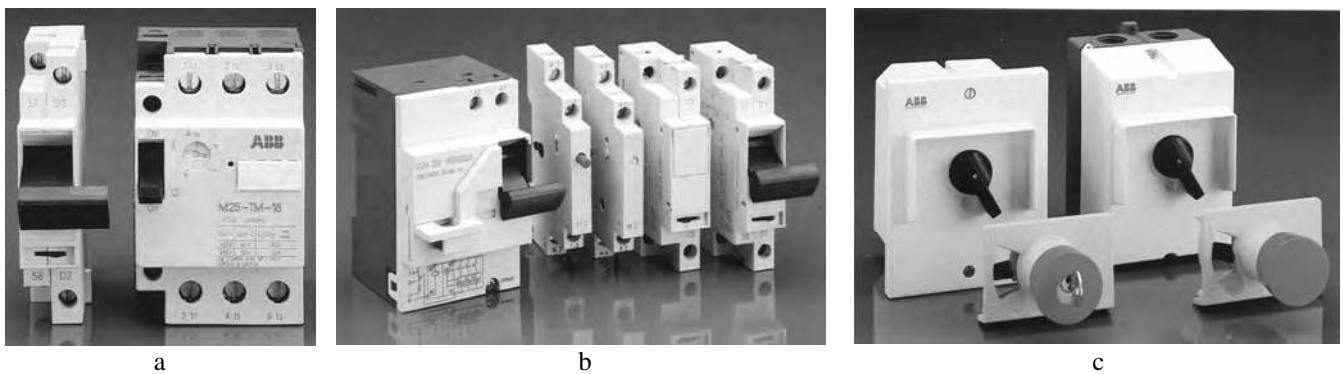


Fig. 6.52 - a) Interruttore salvamotore - b) Accessori per interruttore salvamotore: da sinistra, dispositivo di comando a distanza per inserzione e disinserzione dell'interruttore, blocco segnalazione intervento per cortocircuito dotato di ripristino manuale, blocco contatti ausiliari 1 NO + 1 NC, bobina di sgancio a distanza, bobina di minima tensione con contatti ausiliari 2 NO incorporati - c) Cassette stagna in lega leggera per montaggio sporgente con manopola di comando, pulsante di arresto di emergenza con ripristino, pulsante di emergenza con ripristino a chiave (ABB).

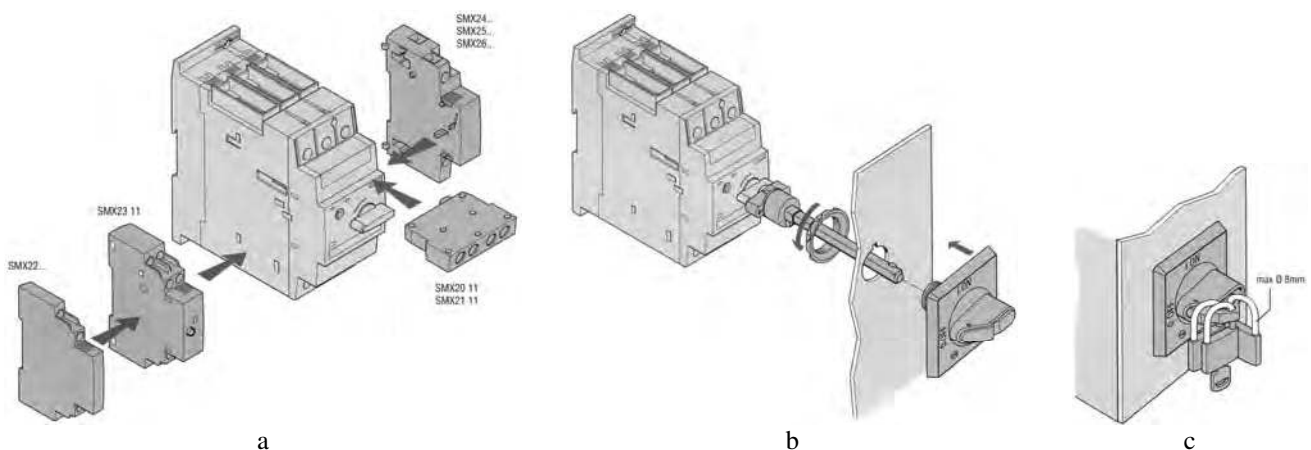


Fig. 6.53 - Esempi di montaggio di blocchi aggiuntivi e accessori: a) SMX22...: contatti ausiliari a montaggio laterale (2 NC) oppure (1 NO + 1 NC) oppure (2 NO), SMX2311: quattro contatti ausiliari a montaggio laterale (1 NO + 1 NC) per intervento termico e (1 NO + 1 NC) per intervento magnetico, SMX2011 (1 contatto in scambio), SMX2111 (1 NO+1 NC): contatti ausiliari a montaggio frontale, SMX24...: sganciatori di minima tensione, SMX25...: sganciatori di minima tensione con contatti anticipati, SMX26...: bobine di apertura - b) Blocco porta lucchettabile - c) Applicazione dei lucchetti (Lovato).

6.10 Termorilevatori per la protezione termica a termistori e protettori termici a contatto bimetallico

Il **termorilevatore per la protezione termica a termistori** è un tipo di protezione utilizzato, in modo particolare, per la protezione termica diretta dei motori in corrente continua e in corrente alternata. Questo tipo di protezione controlla, in modo permanente, la temperatura degli avvolgimenti delle macchine elettriche, per mezzo di sonde a termistore PTC (*Positive Temperature Coefficient*) ovvero resistenze a coefficiente positivo di temperatura.

I termistori sono particolari dispositivi a semiconduttore, la cui resistenza varia apprezzabilmente e in modo non lineare al variare della temperatura. I termistori sono di due tipi:

- termistori tipo NTC, la cui resistenza diminuisce con l'aumentare della temperatura e che, di conseguenza, sono caratterizzati da un coefficiente termico negativo;
- termistori tipo PTC, che, come si è detto, aumentano la loro resistenza all'aumentare della temperatura e che, di conseguenza, sono caratterizzati da un coefficiente termico positivo.

Nel caso dei termistori tipo PTC, se si raggiunge la temperatura nominale di funzionamento delle sonde, esse convertono l'aumento brusco di resistenza (valore di soglia TNF: *Temperatura Nominale di Funzionamento*) in una funzione di commutazione, utilizzabile in un allarme o per la disinserzione, per esempio, di un utilizzatore, come mostrato nella fig. 6.55a.

Le sonde sono annegate negli avvolgimenti delle macchine da controllare e proteggere, come mostrato nella fig. 6.54a. Inoltre, esse sono impregnate di resina, per migliorare la conduttività termica con gli avvolgimenti.

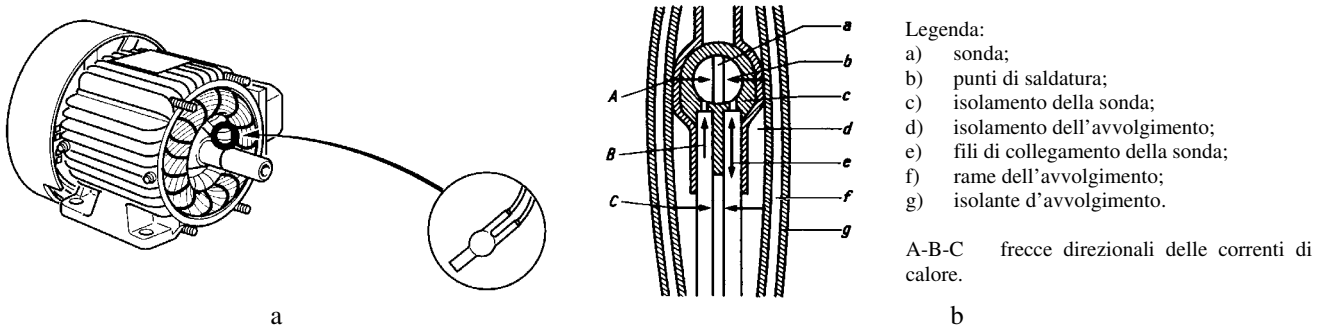


Fig. 6.54 - a) Esempio di localizzazione di una sonda a termistore PTC - b) Sezione di un termorilevatore annegato in un avvolgimento di un motore.

Completa il sistema di protezione un apposito apparecchio elettronico (unità di controllo), in grado di amplificare il segnale proveniente dalle sonde (sino ad un massimo di 6 termistori in serie) e di comandare un relè, che provvede, a sua volta, a disinserire il contattore di potenza che comanda il motore (v. fig. 6.35 (5)).

È interessante notare che i termistori tipo PTC sono utilizzati per questioni di sicurezza. Infatti, un'eventuale interruzione accidentale del collegamento tra sonda e unità di controllo determinerebbe l'attivazione immediata del relè di uscita, che provvederebbe, a sua volta, a disinserire il contattore, arrestando, così, il motore.

Questo sistema di protezione può essere utilizzato per macchine con una tensione nominale fino a 660 V e con potenze che possono arrivare a circa 200 kW.

Nei motori, contro il rischio di blocco del motore, in aggiunta alla protezione a termistori, dovrebbe essere previsto anche un relè termico. Infatti, la protezione del motore mediante sonda potrebbe risultare insufficiente, dato che la velocità di riscaldamento del motore, partendo da freddo, è maggiore della velocità di riscaldamento della sonda a termistori PTC.

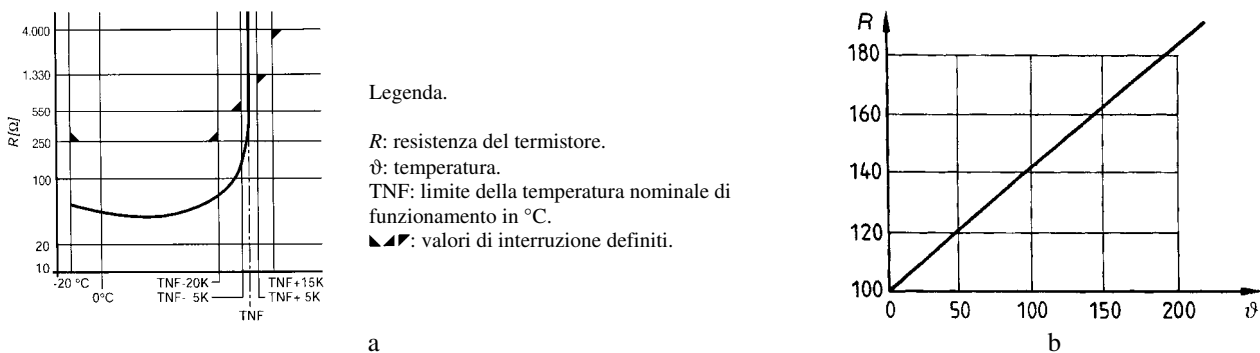


Fig. 6.55 - a) Curva caratteristica resistenza-temperatura di un termistore PTC (AB) - b) Curva caratteristica di una termoresistenza Pt100. R = resistenza [Ω], ϑ temperatura [°C].

In pratica, il relè termico riesce a proteggere il motore contro il sovraccarico, in caso di rotore bloccato con partenza a freddo, mentre la sonda protegge il motore in caso di avviamenti e frenature molto frequenti.

I sensori sono installati, di solito, nell'avvolgimento del motore all'estremità dell'uscita dell'aria e la temperatura di risposta nominale TNF è correlata alla classe di isolamento corrispondente.

La risposta del sensore può essere utilizzata per fermare il motore oppure come segnalazione.

Se un allarme deve scattare prima del raggiungimento della temperatura critica, occorre installare altri sensori con una temperatura di risposta nominale inferiore.

Esistono due versioni di termorilevazione con termistori PTC:

- a riarmo automatico, quando la temperatura dei sensori ritorna ad un valore inferiore alla TNF;
- a riarmo manuale locale o a distanza, con un pulsante di riarmo attivo fino a quando la temperatura resta inferiore alla TNF.

L'intervento del relè avviene nei seguenti casi:

- superamento del valore TNF;
- interruzione dei sensori o della linea sensore-unità di controllo;
- cortocircuito nei sensori o sulla linea sensori-unità di controllo;
- assenza della tensione di alimentazione all'unità di controllo.

Anche le termoresistenze Pt100 in platino possono essere utilizzate come sensori. Il valore della termoresistenza si modifica in proporzione alla temperatura e ha un valore di 100 Ω a 0 °C, come mostrato nella fig. 6.55b. Le termoresistenze sono installate, in genere, in grandi motori e in motori funzionanti in media tensione.

Al contrario del sensore PTC, la cui temperatura di risposta nominale (curva caratteristica) varia da sensore a sensore (v. fig. 6.55a), nella termoresistenza Pt100, la temperatura di risposta è lineare (v. fig. 6.55b) per cui i valori di intervento possono essere liberamente regolati e scelti nel dispositivo elettronico di controllo. In altre parole, è possibile selezionare qualsiasi temperatura desiderata per il preallarme, per il ravviamento dopo il blocco, oppure per la regolazione del carico. In alcuni rari casi sono installati anche i sensori Ni100, Ni120, e Cu10.

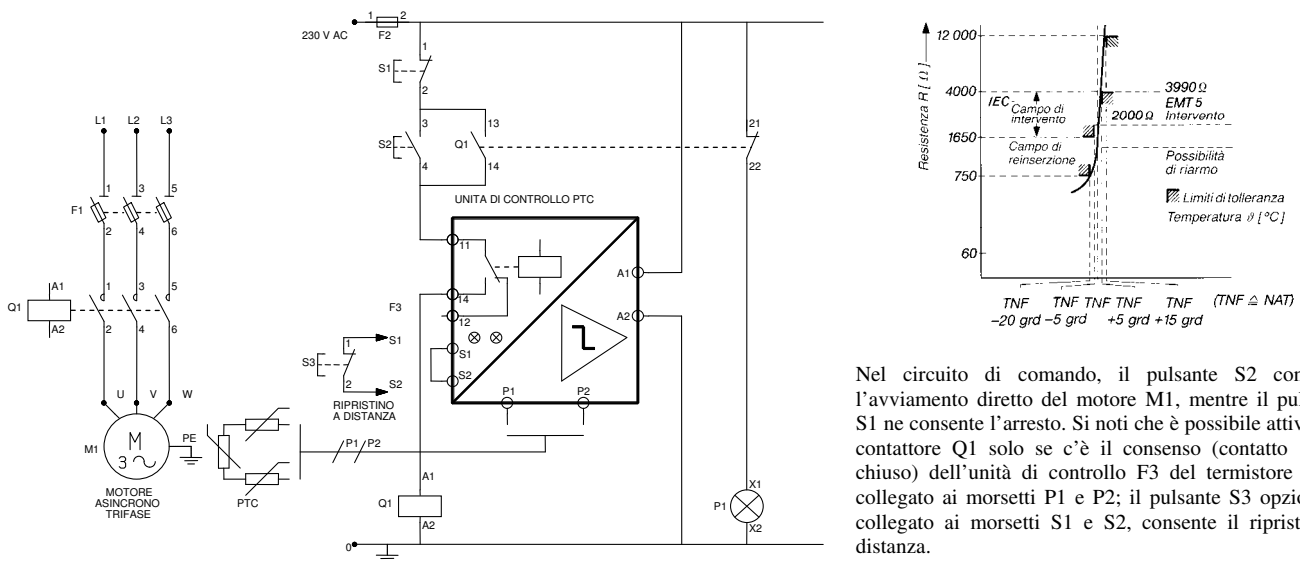


Fig. 6.56 - Esempio di utilizzo di un termorilevatore per la protezione termica a termistori tipo PTC di un motore asincrono trifase (Klöckner-Moeller).

Questo tipo di protezione, pur presentando molti aspetti positivi, può essere utilizzato solo se le sonde sono state incorporate negli avvolgimenti durante la fabbricazione del motore, o durante un'eventuale ribobinatura, in seguito ad un guasto agli avvolgimenti.

Questo tipo protezione può essere ugualmente utilizzato per controllare i riscaldamenti degli organi meccanici dei motori o di altri apparecchi che possono ricevere una sonda, quali, per esempio, piani, circuiti di ingrassaggio, fluidi di raffreddamento, resistenze di avviamento, radiatori di semiconduttori.

Il **protettore termico a contatto bimetallico** è un dispositivo che consente di arrestare una determinata apparecchiatura se la temperatura assume, durante il funzionamento, un valore troppo elevato, che può danneggiare gli isolanti dell'apparecchiatura stessa.

Contrariamente ai termostati, i quali sono caratterizzati da un intervallo di azione relativamente limitato, i protettori termici sono realizzati con un elevato intervallo di temperatura tra l'intervento e il ripristino, in modo da garantire un'interruzione più lunga.

Questi protettori, che sono impiegati con successo da anni per il controllo della temperatura, hanno una struttura tipica, costituita da una piccola cassa metallica in cui è alloggiato un disco bimetallico, tarato in modo che esso, quando la temperatura aumenta e raggiunge il valore prestabilito, passando da una posizione convessa a una concava, possa scattare repentinamente, causando, così, l'apertura del contatto.

Per far ritornare il disco bimetallico nella posizione convessa, e quindi con il contatto di nuovo chiuso, la temperatura deve ritornare ai valori iniziali. Il ripristino avviene, così, automaticamente, solo dopo che si è verificata una notevole riduzione della temperatura.

I protettori termici con contatti normalmente chiusi (NC) aprono un circuito elettrico quando è raggiunta una determinata temperatura e lo richiudono automaticamente solo dopo una sensibile diminuzione; quelli con i contatti normalmente aperti chiudono, invece, un circuito elettrico al raggiungimento di una determinata temperatura, potendo attivare, così, un allarme, una pompa o una ventola di raffreddamento, e lo riaprono dopo una sensibile diminuzione della stessa.



Fig. 6.57 - a) Esempio di termostato a contatto bimetallico - b) Esempio di protettore termico a contatto bimetallico per gli avvolgimenti dei motori elettrici - c) Contatto di apertura funzionante per effetto termico diretto: segno grafico.

Nel caso dei motori elettrici, i protettori termici sono sistemati negli avvolgimenti e sono, così, in grado di rivelare direttamente le eventuali sovratemperature che si dovessero stabilire.

Nei motori monofase, il protettore è collegato, in genere, direttamente in serie all'alimentazione, un suo intervento interrompe istantaneamente la corrente. Se il motore è di tipo trifase, il protettore è utilizzato come sensore e, come tale, comanda la diseccitazione del contattore.

Nel caso dei motori per il compressore ermetico dei frigoriferi domestici, il protettore termico bimetallico con contatto NC (per esempio, Klixon) agisce controllando, contemporaneamente, la corrente che transita negli avvolgimenti e la temperatura dell'involucro del compressore. Il controllo della corrente avviene a mezzo di una resistenza elettrica a forma di spirale, posta in prossimità della lamina bimetallica. Quando la corrente aumenta oltre il valore previsto, essa riscalda fortemente la resistenza, che trasmette il calore prodotto alla lamina bimetallica, la quale, deformandosi temporaneamente, provoca l'apertura del contatto. Il protettore termico tiene conto, però, anche della temperatura dell'involucro del compressore sul quale è appoggiato. In tal modo, la deformazione della lamina bimetallica e, quindi, l'apertura del circuito di alimentazione avvengono sia per un'eccessiva corrente (per esempio, in caso di guasto del motore o del compressore), sia per un'eccessiva temperatura dell'involucro (per esempio, se si è lasciata aperta la porta del frigorifero e il compressore è costretto a funzionare ininterrottamente, nel caso di una perdita di gas nel circuito refrigerante oppure nel caso di una cattiva ventilazione/raffreddamento dello stesso compressore).

6.11 Relè di controllo e misura

I costruttori di apparecchiature per l'automazione hanno a catalogo dei relè di controllo che consentono di effettuare una serie di controlli sulla corrente, sulla tensione, sulla frequenza, sulla mancanza di fase, sulla sequenza delle fasi, sull'asimmetria delle fasi, su impianti sia monofase sia trifase con o senza neutro, sul monitoraggio di eventuali variazioni di temperatura, sul rilevamento dell'interruzione di un elemento riscaldante, sul rilevamento di perdite di liquidi e così via. Questi relè di controllo segnalano, quindi, per esempio ad un PLC o ad un relè programmabile, mediante uno o più contatti di relè, un'eventuale anomalia.

Queste apparecchiature, nelle versioni più compatte, sono generalmente disponibili in custodie, aventi una larghezza standard di 22,5 mm e normalmente installabili su guida DIN da 35 mm. Sono disponibili anche modelli estraibili e da fronte quadro. Sono caratterizzati, sul pannello frontale, da segnalazioni a LED, che indicano la presenza dell'alimentazione, l'uscita del relè attivata e l'allarme di superamento del limite superiore o inferiore.

Le regolazioni possono essere effettuate dal pannello frontale e, in genere, possono essere modificate utilizzando un cacciavite a croce standard. È possibile impostare i valori di: tensione, isteresi, attivazione dell'uscita, i ritardi all'avvio e il tempo di intervento. Le impostazioni dei ritardi sono in valori assoluti, mentre le altre impostazioni sono in valori percentuali.

Su alcuni modelli, è stampata a lato, come mostrato nella fig. 6.58a, una serie di informazioni, quali lo schema di funzionamento, le impostazioni dei dip-switch, lo schema di collegamento, le descrizioni delle funzioni, il tipo di relè e, infine, le caratteristiche di uscita del relè.

Al fine di ridurre i modelli richiesti per soddisfare le più svariate applicazioni, è possibile configurare il relè di controllo mediante dei dip-switch (microinterruttori), posti frontalmente oppure in posizione non facilmente accessibile una volta cablato, al fine di impedire, per motivi di sicurezza, un'eventuale manomissione.

A seconda dei modelli e delle funzioni svolte, possono essere alimentati a 24 V DC oppure AC, a 115 AC oppure direttamente con la tensione da misurare (per esempio, 200÷500 V AC).

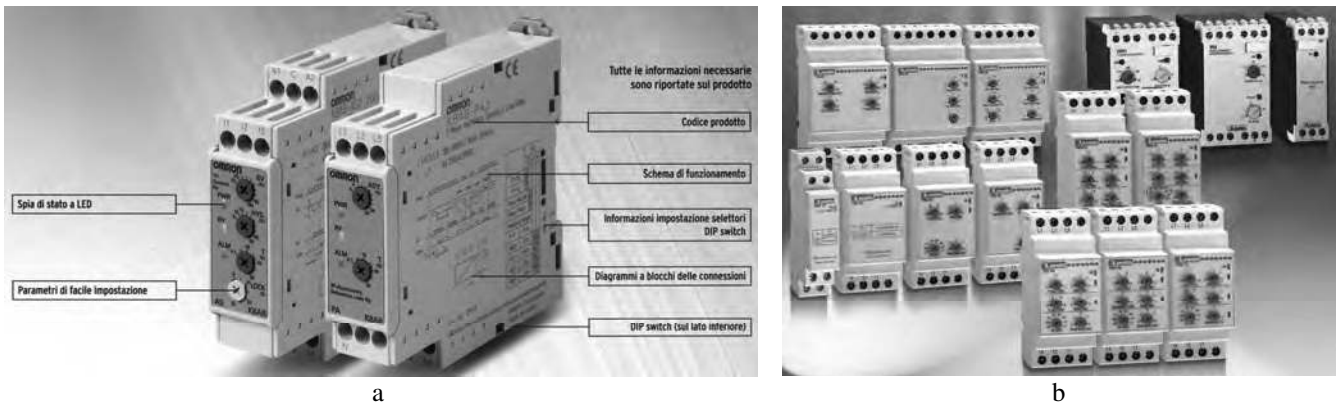


Fig. 6.58 - Relè di controllo: a) Caratteristiche principali. Larghezza standard di 22,5 mm e installabili su guida DIN da 35 mm (Omron) - b) Modelli con una larghezza standard di 22,5 e di 35 mm, installabili su guida DIN da 35 mm e modelli estraibili e da fronte quadro (Lovato).

Per i modelli che devono misurare delle correnti (fino a 100 o 200 A) sono previsti opportuni trasformatori di corrente (TA), come quelli mostrati nella fig. 6.59. I trasformatori di corrente sono montati negli impianti elettrici per ridurre la corrente di linea ad un valore secondario standard di 5 A (compatibile con gli ingressi amperometrici dei multimetri digitali o dei relè di protezione).

I trasformatori di corrente, mostrati nella fig. 6.59, sono del tipo senza avvolgimento primario e sono utilizzati, normalmente, per alti valori di corrente primaria (a partire da 40 A fino a raggiungere il valore di 1000 A). Essi sono caratterizzati da una classe di precisione di 0,5 e 1, offrono prestazioni che vanno da un minimo di 1 VA fino a 20 VA, possono funzionare con frequenza da 40 a 60 Hz. Sono adatti per fissaggio a vite o su profilato DIN 35 mm con kit di montaggio e hanno un grado di protezione IP30.

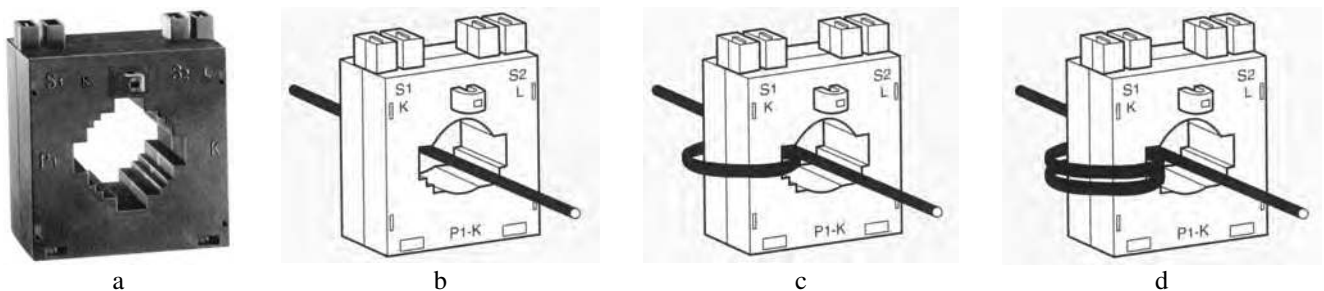


Fig. 6.59 - a) Esempio di trasformatore di corrente. Si notino, nella parte superiore, i morsetti faston (S1 e S2) a cui fa capo l'avvolgimento secondario a cui collegare il carico (strumenti di misura e relè di protezione) - b) Esempio di applicazione di un trasformatore 300/5 A, con 1 passaggio = 300/5 A - c) Con 2 passaggi = 150/5 A - d) Con 3 passaggi = 100/5 A (Lovato).

Il numero dei passaggi del cavo primario non modifica le caratteristiche di precisione, ma riduce il valore della corrente primaria a parità di corrente secondaria, come mostrato nella fig. 6.59. Così, con un solo passaggio, se il cavo è attraversato da una corrente primaria di 300 A nel secondario, chiuso sul carico (per esempio, relè di protezione), circola una corrente di 5 A, mentre con due passaggi la corrente di 5 A è raggiunta con una corrente primaria di 150 A (vale a dire la metà).

Nella fig. 6.60 sono mostrati alcuni modelli di relè di controllo e nelle fig. 6.61 e fig. 6.62 sono rappresentati i corrispondenti esempi di possibili applicazioni. Le caratteristiche principali di questi relè sono riportate, invece, nella tab. 6.17. Infine, nella fig. 6.63 e nella fig. 6.64 sono riportati alcuni schemi di collegamento di alcuni di questi relè.



Fig. 6.60 - Esempi di relè di controllo (Omron).

N°	Sigla	Caratteristiche	Esempio di applicazione
1	K8AB-AS	Controllo di corrente monofase AC/DC. Massima o minima corrente. Reset manuale/automatico. Uscita relè selezionabile tramite dip-switch, OFF per contatto NO, ON per contatto NC. Ritardo all'avvio e tempo di intervento impostabile separatamente e regolabile fino a 30 s. Corrente di ingresso da 20 mA a 200 A (con trasformatore amperometrico TA per i valori più alti di corrente).	Carico elettrico. Per determinare se l'assorbimento del carico è eccessivo o se il carico è troppo elevato. Il relè può essere usato per controllare la corrente massima, al fine di evitare il sovraccarico del motore.
2	K8AB-VS	Controllo di tensione monofase AC/DC. Controllo sovratensione o sottotensione selezionabile. Reset manuale/automatico. Uscita relè selezionabile tramite dip-switch, OFF per contatto NO, ON per contatto NC. Ritardo all'avvio e tempo di intervento impostabile separatamente. Controllo continuo della tensione da 60 mV a 600 V AC/DC. Segnale di ingresso di processo da 0÷10 V.	Controllo batteria. Verifica delle condizioni della batteria. L'uso del relè consente di misurare la tensione di alimentazione della batteria (12 V Dc oppure 24 V DC) e di emettere un allarme quando la tensione scende sotto il valore impostato.
3	K8AB-VW	Controllo di tensione monofase AC/DC. Controllo sovratensione o sottotensione fra due valori simultaneamente. Reset manuale/automatico; tempo di blocco all'avvio selezionabile. Uscita relè selezionabile tramite dip-switch, OFF per contatto NO, ON per contatto NC. Ritardo all'avvio e tempo di intervento impostabile separatamente. Due uscite separate, preallarme e scatto. Due uscite separate per sovratensione e sottotensione. Possibilità di selezionare il funzionamento con preallarme ed intervento nel controllo di massima e minima tensione. Ritardo di allarme da 0,1 a 30 s.	Stazione base di telecomunicazione. Per evitare errori di comunicazione in presenza di cali di tensione. Il relè consente di controllare che la tensione di alimentazione rimanga entro i limiti impostati, al fine di evitare interruzioni della comunicazione.
4	K8AB-PH	Controllo trifase, sequenza e mancanza fase. Tensione di alimentazione e misura da 200 a 500 V AC. Indicatori a LED per alimentazione e relè di uscita.	Scale mobili. Verifica della presenza delle tre fasi. Il relè verifica costantemente che le tre fasi siano costantemente presenti nella sequenza corretta, al fine di proteggere il motore e di garantire il movimento della scala mobile nella direzione corretta.
5	K8AB-PA	Controllo della sequenza delle fasi, mancanza di fase ed asimmetria trifase. Percentuale di asimmetria 2%÷22%. Selezione a 3 o 4 fili per l'alimentazione trifase. Selezione della tensione di ingresso uguale alla tensione di alimentazione. Ampia gamma di impostazione delle tensioni tra fase e fase (200÷480 V AC). Possibilità di impiego con alimentazione trifase con collegamento del neutro. Ritardo di allarme di asimmetria da 0,1 a 30 s.	Controllo del funzionamento della pompa di una piscina. Verifica della presenza e della simmetria delle tre fasi. Il relè consente di controllare che le tre fasi siano presenti e nei limiti di asimmetria impostati, al fine di impedire il surriscaldamento causato da una mancanza di fase o da un guasto della pompa.
6	K8AB-PM	Controllo sovra/sottotensione, mancanza di fase, sequenza fase per reti trifase o trifase con neutro. Sovratensione e sottotensione. Configurazione completa e integrata in un unico modello. Selezione a 3 o 4 fili per l'alimentazione trifase. Selezione della tensione di ingresso uguale alla tensione di alimentazione (200÷480 V AC). Due uscite separate.	Gru mobile. Verifica delle condizioni della tensione di alimentazione. Il relè permette di controllare che le tre fasi siano allineate e che l'ampiezza delle tre tensioni rientri nei limiti impostati, al fine di garantire una maggiore vita del generatore e della gru.
7	K8AB-PW	Controllo di sovra/sotto tensione per una rete trifase. Sovratensione e sottotensione fra due valori simultaneamente. Selezione a 3 o 4 fili per l'alimentazione trifase. Selezione della tensione di ingresso uguale alla tensione di alimentazione (200÷480 V AC). Due uscite separate per sovratensione e sottotensione. Ampia gamma di impostazione delle tensioni tra fase e fase. Possibilità di impiego con alimentazione trifase con collegamento del neutro.	Energia eolica. Per verificare che il generatore eolico fornisca la tensione di alimentazione corretta. Il relè rileva le sovratensioni o sottotensioni delle tre fasi, in base ai limiti superiore e inferiore impostati, al fine di garantire che l'energia proveniente dal generatore abbia le caratteristiche conformi alla rete elettrica.
8	61F-D21T	Regolatore di livello per liquidi conduttivi. Sensibilità regolabile con una resistenza da 10 a 100 kΩ. Selezione fra controllo di svuotamento o riempimento del serbatoio. Ritardo all'intervento regolabile fino a 10 s. Tensione dei sensori sicura di soli 6 V AC. Tensione di alimentazione 24 V, 115 V, 200÷230 V AC.	Controllo del livello dell'acqua in una piscina. Per verificare se c'è sufficiente acqua nella piscina. Il relè garantisce una tensione di sicurezza sui sensori grazie a un'alimentazione con una tensione sinusoidale al 100%.

Tab. 6.17 - Caratteristiche principali dei relè di controllo (Omron).



Fig. 6.61 - Esempi di possibili applicazioni dei relè di controllo di fig. 6.60 (Omron).



Fig. 6.62 - Esempi di possibili applicazioni dei relè di controllo di fig. 6.60 (Omron).

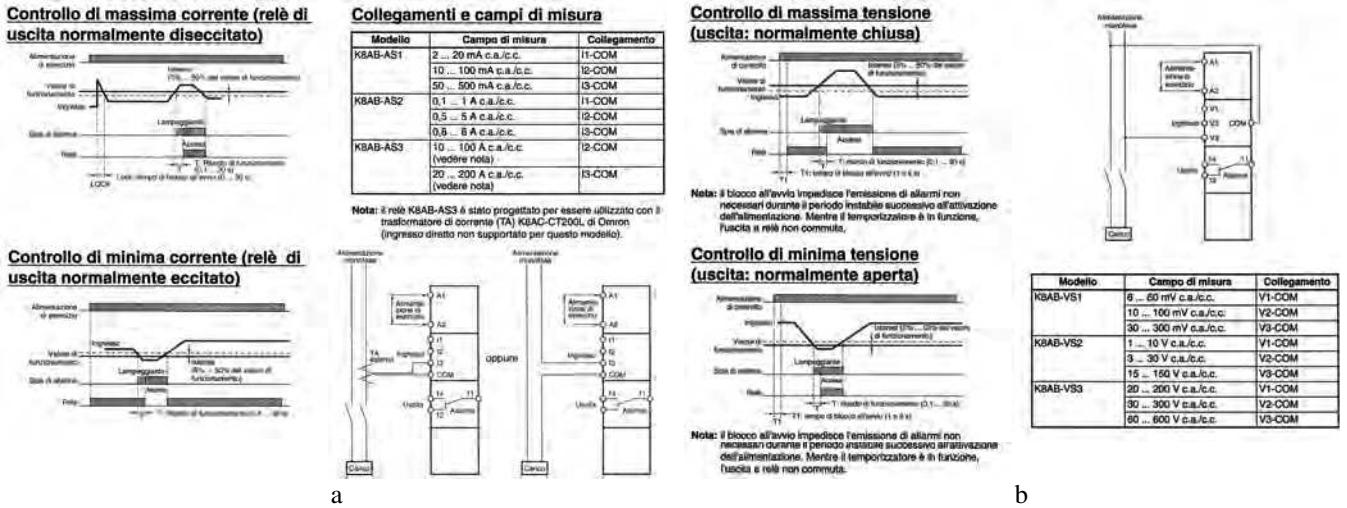


Fig. 6.63 - Schemi di collegamento dei relè di controllo: a) K8AB-AS - b) K8AB-VS.

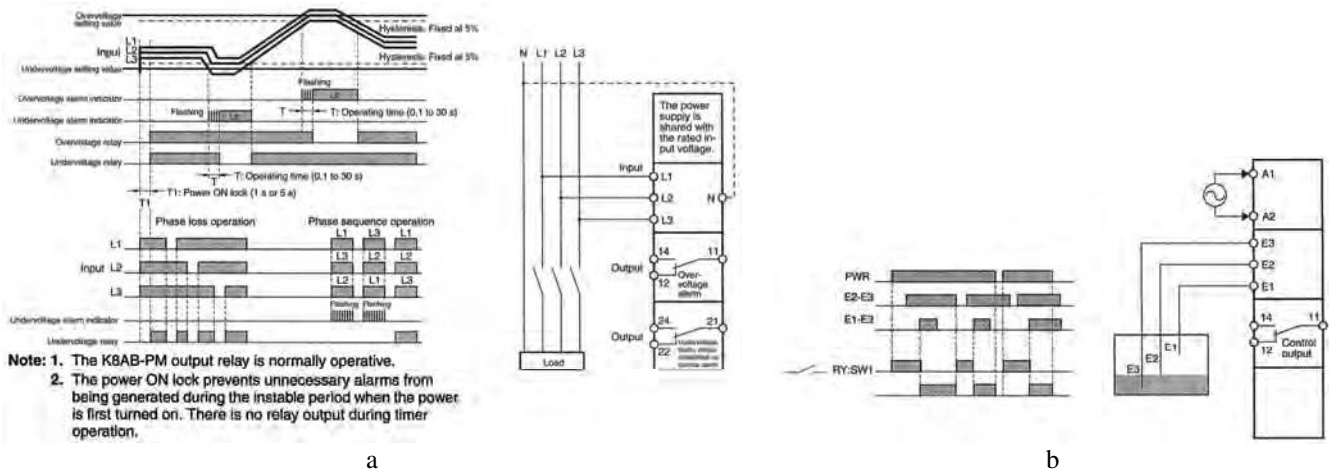


Fig. 6.64 - Schemi di collegamento dei relè di controllo: a) K8AB-PM - b) 61F-D21T.

6.12 Considerazioni sulle protezioni per i motori asincroni trifase (nel CD-ROM allegato)

6.13 Pulsanti, selettori, lampade di segnalazione e colonne luminose

I pulsanti, i selettori e in generale gli organi ausiliari di comando manuale (v. fig. 6.68b) servono all'operatore per trasmettere ordini alla macchina (o impianto). Le lampade di segnalazione hanno, invece, lo scopo di trasmettere informazioni dalla macchina all'operatore. Si tratta, in pratica, di una specie di interfaccia operatore-macchina o impianto, come schematizzato nella fig. 6.68a.

I pulsanti sono dispositivi da azionare manualmente, per esempio, per dare il comando di marcia o di arresto; sono costituiti da un tasto (attuatore) che, se premuto, aziona dei contatti. Terminata l'azione sull'attuatore, una molla antagonista riporta il tasto, e quindi anche i contatti, nella posizione iniziale di riposo. Il tasto può avere varie forme: circolare, quadrata, a bottone piatto o sporgente, a fungo, a pedale, doppio, luminoso con calotta trasparente.

La forma dell'attuatore dipende dalla funzione a cui esso è destinato. Per esempio: l'attuatore a *bottono di tipo protetto*, nella posizione di riposo, resta allo stesso livello della ghiera, mentre quando è premuto si sposta a un livello più profondo rispetto a quello iniziale. Questa esecuzione è scelta quando si vuole evitare che qualcuno, sfiorandolo inavvertitamente, lo possa attivare.

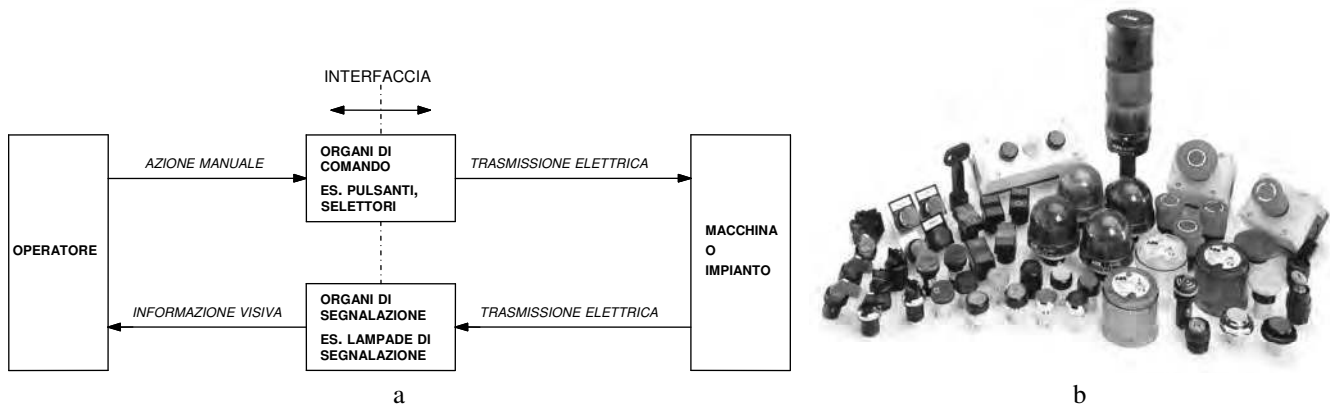


Fig. 6.68 - a) Schema a blocchi del sistema di interfaccia operatore-macchina - b) Esempio di pulsanti, selettori e lampade di segnalazione.

Un'altra esecuzione è quella con *bottono di tipo sporgente*, adottata quando si vuole agevolare l'azionamento; un attuatore di questo tipo resta sporgente anche alla fine della corsa di azionamento.

Per l'arresto di emergenza è usato un attuatore di tipo *sporgente a forma di fungo* di colore rosso: in caso di emergenza può essere, infatti, facilmente e agevolmente attivato. Questo tipo di esecuzione può essere *instabile*, cioè restare attivata finché c'è pressione sull'attuatore, oppure *stabile*, cioè restare attivata anche quando è tolta la pressione sull'attuatore. In quest'ultimo caso, per riportare l'attuatore nella posizione iniziale, occorre far ruotare l'attuatore nel senso delle frecce riportate su di esso.

Alcuni pulsanti di emergenza sono forniti di chiave e, dopo essere stati azionati, possono essere sbloccati solo con l'ausilio di un'apposita chiave.

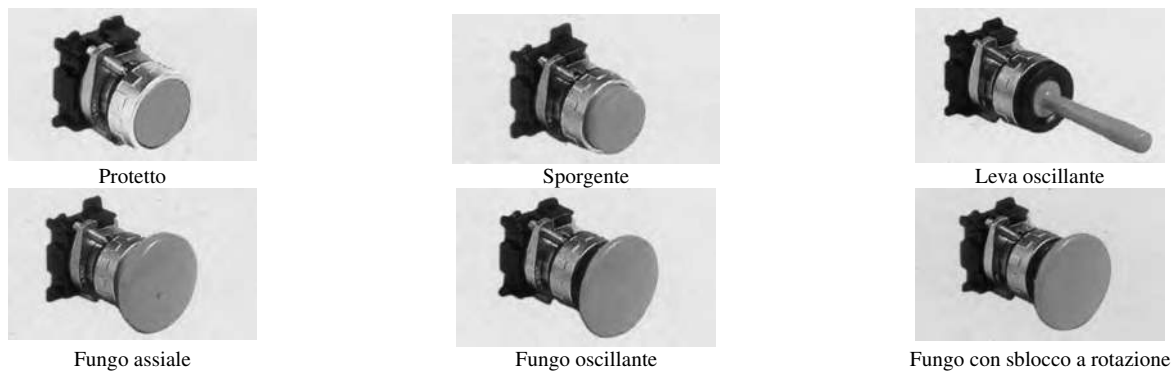


Fig. 6.69 - Attuatori per pulsanti serie rotonda Ø 22 mm, tipo: protetto, sporgente, a leva oscillante, a fungo assiale, a fungo oscillante, a fungo con sblocco a rotazione (BRETER).

Qualora non si voglia o non si possa, per motivi di spazio sulla pulsantiera, utilizzare delle lampade di segnalazione, si può far ricorso ai pulsanti luminosi.

Essi sono utilizzati per indicare all'operatore che può o deve essere premuto, oppure per segnalare all'operatore che deve eseguire una determinata manovra e che, quindi, deve premere il pulsante. La ricezione o l'esecuzione dell'ordine deve essere confermata dallo spegnimento della luce. In altri casi, quando è premuto il pulsante luminoso, si deve accendere la lampada, a conferma che l'ordine è stato ricevuto o eseguito.

I pulsanti, i selettori e le lampade di segnalazione che appartengono alle stesse serie costruttive sono caratterizzati dalle stesse dimensioni e dalle stesse modalità di fissaggio sui pannelli.

La norma CEI 17-45 prevede 4 grandezze, corrispondenti ai diametri, in millimetri, dei fori di fissaggio: D30, D22, D16, D12. I pulsanti e le lampade di segnalazione fissati in un unico foro sono posti in un foro circolare del pannello, che può avere una tacca rettangolare per un nasello di fermo, come indicato nella fig. 6.70c.

Quando più apparecchi sono montati in più file su un pannello, occorre rispettare le distanze minime indicate dalle norme CEI 17-45, se non diversamente indicato dal costruttore. Nella fig. 6.70c sono mostrate le dimensioni minime, in millimetri e in pollici, relative agli apparecchi aventi un diametro di 22 mm.

Per quanto riguarda il montaggio, nella fig. 6.70a e nella fig. 6.70b sono mostrate, rispettivamente, le istruzioni per il montaggio dei pulsanti di serie rotonda e quadrata con un diametro di 22 mm. In particolare, occorre seguire le seguenti fasi operative:

- inserire a pressione l'operatore (1) nel foro $\varnothing 22,5$ mm del pannello (con uno spessore 1+6 mm), facendo sì che l'operatore rimanga posizionato;
- montare a baionetta, per gli operatori con corpo in metallo, la sola contropiastra metallica (2), fissando l'operatore con i grani filettati. Per gli operatori con corpo in termoplastico, occorre avvitare la controgiera (2) sino al completo serraggio;
- montare a scatto gli elementi di contatto (4) al supporto (3);
- agganciare a scatto il supporto (3) completo di elementi di contatto (4) alla contropiastra (2).

È bene ricordare che l'azione a leva di un cacciavite sulle alette del supporto (3) consente un agevole smontaggio degli elementi di contatto (4).

Ad ogni attuatore possono essere agganciati uno o più blocchetti di contatti, con morsetti a vite o a innesto, per il cablaggio all'interno di quadri elettrici e pulsantiere, oppure a saldare, per il fissaggio su circuiti stampati.



Fig. 6.70 - Istruzioni per il montaggio di pulsanti di serie rotonda e quadrata $\varnothing 22$ mm, per spessori di pannello da 1 a 6 mm: a) Corpo operatore in metallo - b) Corpo operatore in termoplastico (BRETER) - c) Dimensioni minime, in millimetri e pollici.

Il blocco contatti può comprendere varie configurazioni: un solo contatto NO, un solo contatto NC o più contatti. Si noti che, per questioni di sicurezza, il contatto NC in esecuzione normale apre in leggero anticipo rispetto alla chiusura del contatto NO (v. fig. 6.71a). Esistono anche esecuzioni speciali, nelle quali il contatto NC è ad apertura ritardata, cioè si apre dopo l'avvenuta chiusura del contatto NO, oppure nelle quali il contatto NO è a chiusura anticipata, cioè si chiude prima che avvenga l'apertura del contatto NC.

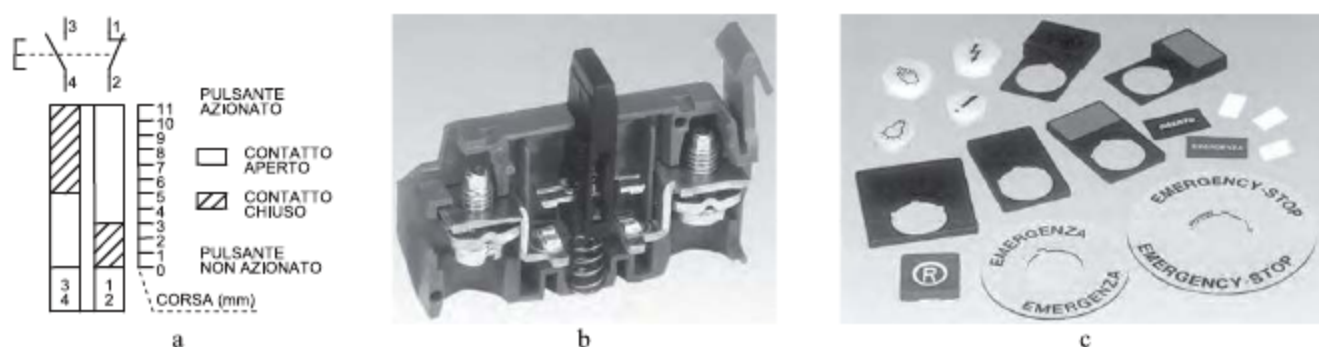


Fig. 6.71 - a) Numerazione dei morsetti di un pulsante con due contatti (1 NO + 1 NC) e relativo grafico della sequenza di funzionamento - b) Particolare di un blocchetto di contatti con doppia interruzione normalmente aperto con morsetti a vite - c) Esempi di targhette per la visualizzazione delle funzioni svolte da pulsanti, selettori e lampade di segnalazione (CEMA).

I costruttori hanno realizzato i blocchi contatti con vari accorgimenti per renderli particolarmente funzionali e facili da utilizzare, quali, per esempio, la doppia interruzione; l'azione di autopulitura dei contatti durante la manovra, per assicurare una lunga durata e un funzionamento sicuro; l'involucro trasparente, per consentire l'ispezione visiva della funzionalità dell'elemento (NO, NC, azione normale, anticipata, ecc.); l'accoppiabilità a scatto sugli operatori e tra di loro, in modo da realizzare facilmente la configurazione di contatti desiderata; l'intercambiabilità e l'individuazione della funzione dal colore del blocco (verde: NO, rosso: NC) o del nottolino; terminali a vite con

placchetta serra filo e imperdibile, in alcuni casi svitate per velocizzare le operazioni di montaggio (serraggio del morsetto). Nel configurare il numero dei contatti, occorre fare attenzione alla reazione della molla, che rende più duro l'azionamento del pulsante all'aumentare del numero dei blocchetti. L'accorpamento di più blocchetti porta anche ad un aumento dell'ingombro del pulsante. Tali misure non devono superare la profondità della pulsantiera.

I costruttori, nel progettare il movimento di manovra dell'attuatore, prevedono una precorsa iniziale, durante la quale non si determina alcun mutamento nello stato dei contatti, e una sovracorsa finale, dopo che gli elementi sono completamente azionati per garantire il collegamento.

Secondo le norme CEI 17-45, i pulsanti e i selettori devono avere una tensione di isolamento di 600 V e una corrente nominale di servizio continuo di 10 A; possono essere utilizzati sia in corrente alternata sia in corrente continua per il comando di elettromagneti (per esempio, bobine di contattori, relè, elettrovalvole, elettromagneti), secondo quanto prescritto dalle categorie di impiego dei contatti ausiliari (per esempio, AC15 e DC14).

Dal diagramma di fig. 6.72a, che si riferisce alla categoria di impiego AC15, è possibile notare che, all'aumentare della tensione o della corrente, diminuisce la durata elettrica dei contatti, espressa in milioni di manovre; in modo analogo, questo accade anche se si lavora in categoria DC13, come mostrato nella fig. 6.72b.

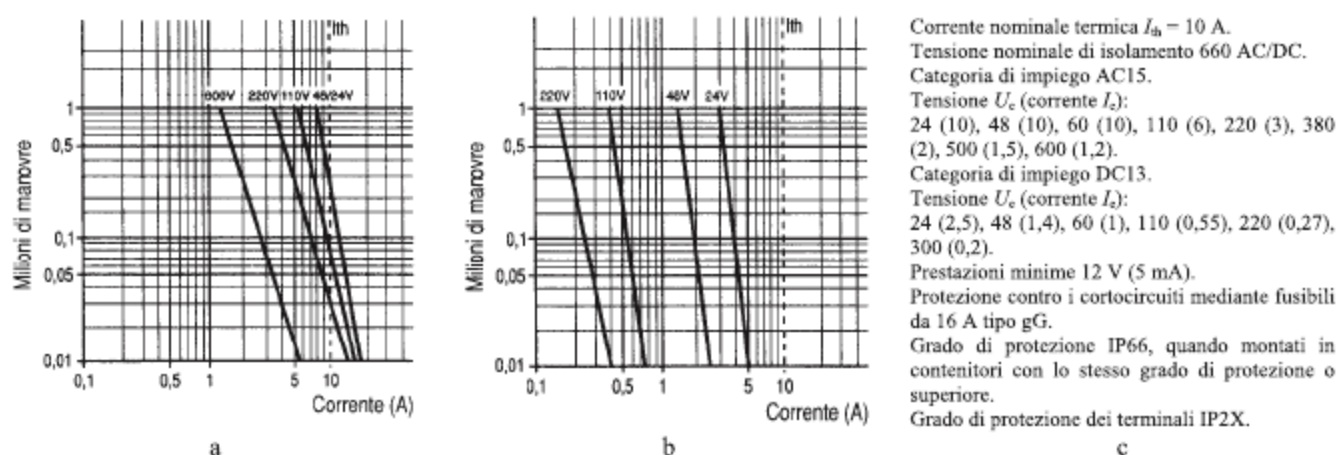


Fig. 6.72 - Diagrammi di esercizio (durata elettrica) per gli elementi di contatto funzionanti: a) In corrente alternata a 50/60 Hz (AC15) - b) In corrente continua (DC13) - c) Prestazioni elettriche (GE).

Confrontando i due diagrammi, è possibile notare che la categoria DC13 è più gravosa della categoria AC15: in altre parole, lavorando in corrente continua, a parità di tensione e di corrente, la durata dei contatti è minore rispetto a quanto accade lavorando in corrente alternata.

La funzione svolta dal pulsante deve essere indicata con un simbolo sul pulsante stesso (v. tab. 6.20) oppure accanto ad esso mediante una targhetta (v. fig. 6.71c), sulla quale è indicato il tipo di apparecchiatura e l'utilizzatore (per esempio, COMPRESSORE N. 2, POMPA N. 3).

Nel caso dei pulsanti di emergenza, l'attuatore deve essere di colore rosso con etichetta a sfondo giallo.

1	2	3	4
Colore	Significato	Spiegazione	Esempi di applicazione
ROSSO	Emergenza	Azione in caso di pericolo o di emergenza	<ul style="list-style-type: none"> Arresto di emergenza Arresto o disinserzione con arresto di emergenza Inizio di una funzione di emergenza Attivazione dei sistemi antincendio
GIALLO	Anormale	Azione in caso di condizione anormale	<ul style="list-style-type: none"> Intervento per sopprimere una condizione anormale Intervento manuale per riavviare un ciclo automatico interrotto Comando partenza pompa di raffreddamento surriscaldamento anormale
VERDE	Sicurezza	Azione in caso di situazione di sicurezza o per preparare una condizione normale	<ul style="list-style-type: none"> Chiusura protezioni antinfortunistiche Avviamento aspiratore di sicurezza Riposizionamento cilindri pneumatici dopo un fermo macchina anormale
BLU	Obbligatorio	Condizione che richiede un'azione (non coinvolgente la sicurezza)	<ul style="list-style-type: none"> Funzione di ripristino come, per esempio, il reset manuale di un contaimpulsi Ripristino relè di protezione Ripristino segnalazione relè termico scattato
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato particolare attribuito	Avvio generale delle funzioni	<ul style="list-style-type: none"> Può essere utilizzato in tutte le funzioni ad eccezione dell'arresto di emergenza, per esempio OFF/ON, STOP/START (2)

(1) Per ARRESTO/DISINSERZIONE normale e AVVIAMENTO/INSERZIONE vedere il punto 8 paragrafo 1.12.

(2) Se mezzi supplementari di codifica (per esempio, forma e posizione) sono utilizzati per l'identificazione degli attuatori, lo stesso colore BIANCO o GRIGIO o NERO può essere utilizzato per differenti attuatori (per esempio, BIANCO per gli attuatori di AVVIAMENTO e BIANCO per gli attuatori di ARRESTO). Si preferisce utilizzare il colore BIANCO (può essere usato il VERDE) per gli attuatori di AVVIAMENTO e il NERO per gli attuatori di ARRESTO (si può usare il ROSSO, se lontano dal dispositivo di emergenza).

Tab. 6.19 - Significato generale dei colori dei pulsanti e dei selettori.

Le norme CEI 44-5, CEI 16-3 e IEC 204-1 hanno codificato i colori dei pulsanti e dei selettori, stabilendo che il loro colore deve indicare la funzione svolta. Di conseguenza, la scelta dei colori deve essere effettuata secondo quanto riportato nella tab. 6.19. La norma CEI 44-5 prescrive, inoltre, che i pulsanti debbano essere marcati con dei segni grafici, preferibilmente sull'attuatore o nelle immediate vicinanze, secondo quanto indicato nella tab. 6.20. Altri simboli sono riportati nella norma CEI 44-8.

Avviamento o inserzione (bianco)	Arresto o disinserzione (nero)	Pulsanti che provocano alternativamente avviamento e arresto o inserzione e disinserzione (grigio)	Pulsanti che provocano un movimento quando sono premuti e un arresto quando sono rilasciati (per esempio, ad azione mantenuta) (grigio)
I	○	⊕	⊕

Tab. 6.20 - Segni grafici per la marcatura dei pulsanti.

I selettori rotativi permettono il collegamento di un conduttore con un altro, come i pulsanti. A differenza di questi ultimi, però, non hanno sempre il ritorno a molla automatico. Anche in questo caso ci sono varie esecuzioni: a *levetta stabile o fissa*, usata se si vuole mantenere la posizione anche quando la si rilascia, e a *levetta instabile* o con ritorno a molla nella sua posizione naturale, quando la si rilascia. Inoltre, i selettori possono essere differenziati in base al tipo di leva che presentano gli attuatori e cioè a *leva o manopola corta*, a *leva sporgente o manopola lunga*, a *chiave*, a *manipolatore*. Infine, i selettori possono avere gli attuatori *luminosi*. Gli attuatori a manipolatore possono avere più posizioni (fisse o con ritorno a molla) associate con diverse direzioni della leva: a seconda della posizione gli elementi di contatto, essi sono azionati in modo diverso. Alcuni tipi di attuatori dispongono di un blocco assiale (blocco meccanico in posizione "0") antinfortunistico. Mediante questo dispositivo, che deve essere attratto volutamente dall'operatore, si intendono evitare gli azionamenti accidentali o la permanenza di un comando, allorché l'operatore, colto da un malore, rimanga appoggiato sulla leva.

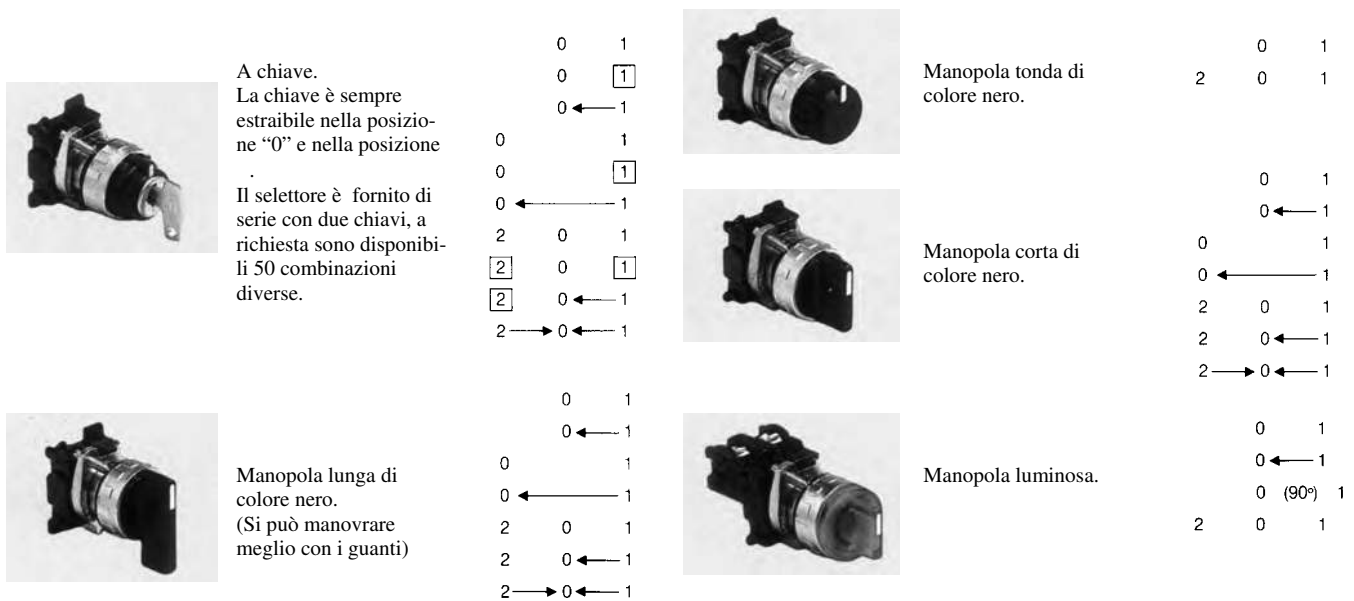


Fig. 6.73 - Attuatori per selettori serie rotonda Ø22 mm, tipo: a chiave, a manopola tonda, a manopola corta, a manopola lunga, a manopola luminosa (BRETER).

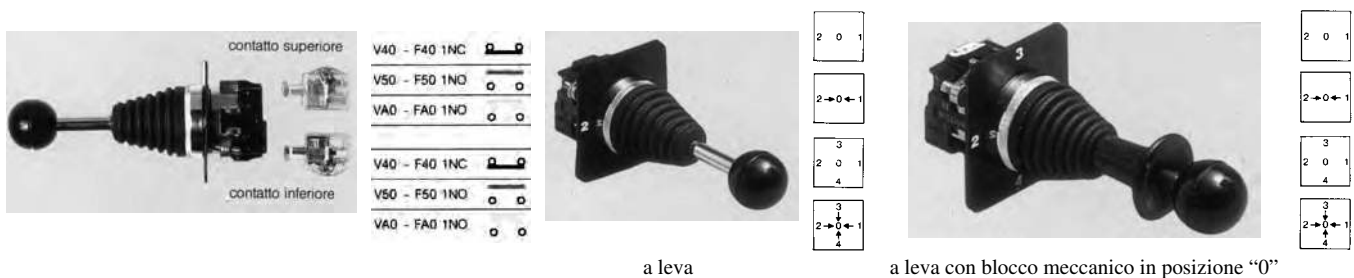


Fig. 6.74 - Attuatori a manipolatore serie rotonda Ø22 mm (BRETER).

Gli indicatori luminosi segnalano le condizioni di funzionamento di una macchina o di un impianto, nonché il verificarsi di guasti o di situazioni pericolose per gli operatori. L'indicatore luminoso è costituito da un blocco,

all'interno del quale trova posto un portalamпада collegato a dei morsetti, a vite o a innesto per il cablaggio all'interno di quadri elettrici e pulsantiere, oppure a saldare per il fissaggio su circuiti stampati. Nel portalamпада è inserita una lampada ad incandescenza o al neon, con attacco a baionetta di tipo Ba9, Ba7.

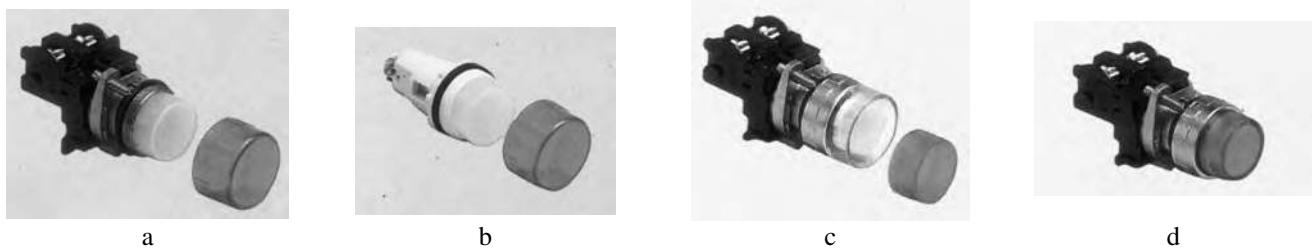


Fig. 6.75 - Esempi di apparecchi serie rotonda Ø22 mm: a) Indicatore luminoso predisposto per alimentazioni aggiuntive e coppette colorate da ordinare separatamente - b) Indicatore luminoso monolitico 250 V, 3 W max, lampade con attacco a baionetta tipo BA9s, oppure a vite tipo E10 (per usi non industriali) - c) Pulsante luminoso protetto - d) Pulsante luminoso sporgente (BRETER).

Sulle macchine industriali non sono mai utilizzate lampade con attacco a vite perché, rispetto a quelle con attacco a baionetta, è più facile che si svincolino nel caso di vibrazioni. Su ogni portalamпада è montata una coppetta colorata, secondo quanto prescritto dalle norme CEI 44-5 e come mostrato nella tab. 6.21.

In alcuni casi, è possibile inserire nell'indicatore luminoso un piccolo trasformatore per il collegamento diretto alla linea, oppure un piccolo circuito elettronico, in grado di far accendere ad intermittenza la lampada, qualora si abbia l'esigenza di far notare il segnale luminoso (per esempio, in caso di allarme). L'uso di lampade ad incandescenza può, in alcuni casi, creare problemi a causa dell'elevata potenza assorbita (3 W).

Per questo motivo possono essere utilizzati dei segnalatori luminosi a basso assorbimento di corrente, denominati LED (*Light Emitting Diodes*) disponibili nei colori rosso, verde, blu, giallo, arancione e bianco.

Questi dispositivi elettronici sono dei particolari diodi che, se opportunamente collegati, sono in grado di emettere luce; hanno inoltre un basso costo (anche se più elevato rispetto alle normali lampade ad incandescenza), un'elevata affidabilità che può superare le 50000 ore di funzionamento (sono componenti elettronici allo stato solido). I diodi LED necessitano di opportuni circuiti di pilotaggio o, più semplicemente, di una resistenza limitatrice, come mostrato nella fig. 6.76.

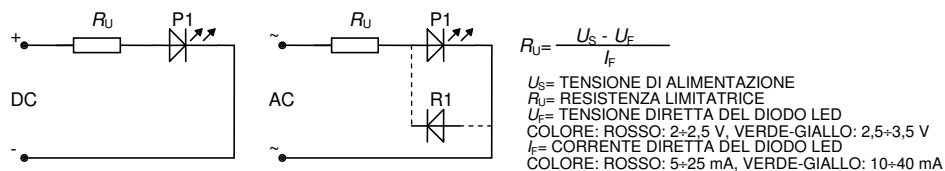


Fig. 6.76 - Circuito di alimentazione in AC o DC per un diodo LED con resistenza limitatrice.

Le lampade realizzate con diodi LED presentano, inoltre, le seguenti caratteristiche: ridotti costi di manutenzione o assistenza, maggiore sicurezza per gli operatori e le macchine, grazie all'affidabilità delle segnalazioni, basso assorbimento, semplicità e durata dei componenti di comando, funzionamento sicuro, anche in presenza di forti vibrazioni o urti. Nell'utilizzo delle lampade LED è bene usare calotte colorate aventi lo stesso colore. Infatti, le normali lampade ad incandescenza hanno un'emissione luminosa a spettro continuo, che, per definizione, è luce che comprende tutta la gamma di lunghezze d'onda visibili.

In questo caso, sono le calotte dei segnalatori che, svolgendo la funzione di filtro, lasciano passare solo le emissioni con lunghezza d'onda corrispondente al colore prescelto.

Le lampade LED, invece, utilizzano una sorgente luminosa monocromatica (per esempio, rosso, verde, giallo, blu); la luce così definita è costituita da onde elettromagnetiche che hanno la stessa lunghezza d'onda (fanno eccezione i LED bianchi che, in genere, sono bicromatici).

Con questo tipo di lampade, le calotte perdono la funzione di filtro e servono solo per esaltare l'intensità luminosa. Non è opportuno l'uso di lampade a LED a luce bianca accoppiate con calotte di altro colore, in quanto ripristinano, per queste ultime, la funzione di filtro, con il risultato di abbattere la resa luminosa.

Le lampade LED possono essere alimentate con tensioni nominali di 12 - 24 - 48 - 115 - 230 V. Esse sono caratterizzate dai seguenti assorbimenti massimi: 24 V DC/AC, <50 mA - 115 V AC, 18 mA - 230 V AC, 17 mA.

Negli impianti industriali, è possibile utilizzare dei visualizzatori a 7 segmenti, che occupano lo spazio di una lampada di segnalazione (v. fig. 6.78). Questi dispositivi, comandati generalmente utilizzando alcuni codici (per esempio, quello BCD), consentono di visualizzare tutti i numeri da 0 a 9 e alcune lettere A, b, C, d, E, F.

1	2	3	4	5
Colore	Significato	Spiegazione	Azione dell'operatore	Esempi di applicazione
ROSSO	Emergenza	Condizioni pericolose	Risposta immediata a una situazione pericolosa, per esempio: <ul style="list-style-type: none"> azionando il pulsante dell'arresto di emergenza avviando la pompa di raffreddamento aprendo la valvola di sicurezza 	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura fuori dai limiti di sicurezza (per esempio, 20 bar) Caduta di tensione Guasto di un'unità principale Arresto di macchine indispensabili, sistemi ausiliari Temperatura di congelamento troppo alta Superamento della posizione di STOP per un apparecchio di sollevamento
GIALLO	Anormale	<ul style="list-style-type: none"> Condizioni anormali Condizione critica imminente 	Sorveglianza e/o intervento (per esempio, per ristabilire la funzione prevista)	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura al di fuori del normale livello (per esempio, 18 bar) Scatto di un dispositivo di protezione o di un'unità ausiliaria Trasportatore sovraccarico Superamento della fine corsa di un interruttore Cambio di posizione di una valvola o di un nastro trasportatore Temperatura di congelamento troppo bassa
VERDE	Normale	Condizioni normali	Facoltativa	<ul style="list-style-type: none"> Pressione/temperatura entro i limiti normali (per esempio, 15 bar) Autorizzazione a procedere Indicazione dell'area di lavoro normale
BLU	Obbligatorio	Indica una condizione che necessita di un'azione	Azione obbligatoria	<ul style="list-style-type: none"> Istruzioni all'operatore per ottenere valori preselezionati
BIANCO GRIGIO NERO	Nessun significato specifico attribuito	Ogni significato può essere usato se sussiste un dubbio per l'uso di ROSSO, GIALLO, VERDE, BLU	Sorveglianza	<ul style="list-style-type: none"> Informazioni generali (per esempio, conferma di un comando, come la messa in marcia di un motore, indicazione di valori misurati)

Tab. 6.21 - Significato dei colori dei dispositivi indicatori relativi alla condizione di un processo.



Fig. 6.77 - a) Esemplio di pulsante luminoso con due elementi di contatto e portalampada (anche a LED) - b) Esemplio di pulsante luminoso a fungo assiale.

Nella parte posteriore, è presente una morsettiere, che consente i collegamenti per il comando (morsetti da 1 a 9), i collegamenti necessari per l'alimentazione (morsetti 11 e 12 rispettivamente 0 V e 24 V DC). Il morsetto 10 è destinato al comando del punto decimale. Il comando a 24 V DC può avvenire secondo quanto riportato nella tabella di fig. 6.78b, che prevede il comando 1 su 10, o mediante il comando secondo il codice BCD, riportato nella fig. 6.78c. Il visualizzatore riporterà il numero o la lettera corrispondente.

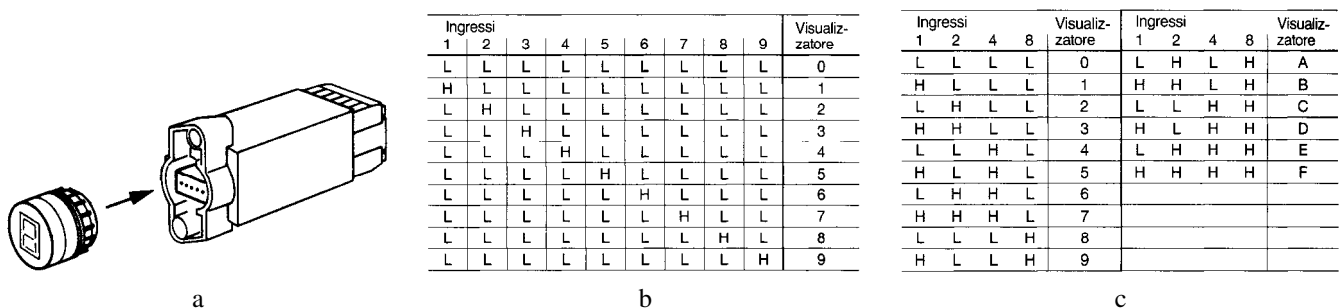


Fig. 6.78 - a) Visualizzatore a decade a 7 segmenti e punto decimale, disponibili nei colori rosso, verde e giallo - b) Tabella di codifica: comando 1 su 10 - c) Tabella di codifica, comando in codice BCD esadecimale (i collegamenti 3, 5, 6, 7, 9 non sono cablati). H = livello alto (24 V DC), L = livello basso (0 V DC) (Klöckner-Moeller).

Questi visualizzatori sono disponibili, in genere, in diversi colori (per esempio rosso, verde e giallo) a seconda del tipo di segnalazione che devono dare (conferme, allarmi, conteggi, tempi, ecc.). È sufficiente associare ad ogni numero o lettera un messaggio opportuno (è possibile visualizzare un solo messaggio alla volta).

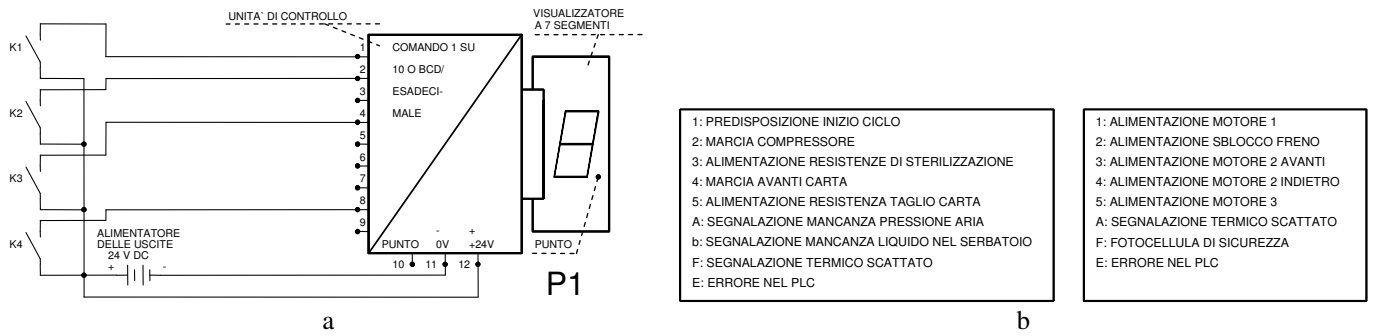
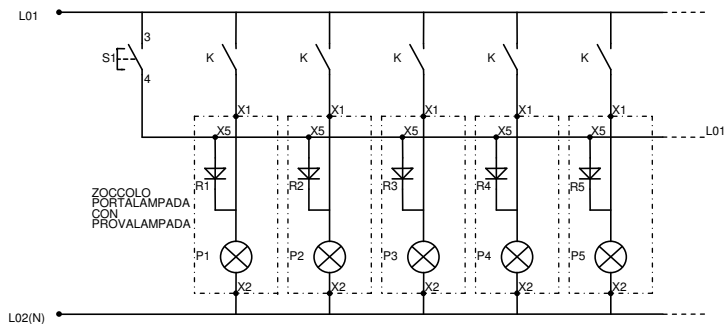


Fig. 6.79 - a) Esempio di comando in codice BCD/esadecimale di un visualizzatore a sette segmenti P1 - b) Esempi di tabelle di utilizzazione.

Se l'impianto comprende molte lampade, può essere utile un pulsante prova-lampade, come mostrato nello schema di fig. 6.80.



Per provare le lampade, è sufficiente premere il pulsante di prova S1. I diodi R1, R2, ecc. servono per disaccoppiare il circuito di prova dal circuito di comando delle singole lampade.

Fig. 6.80 - Esempio di circuito prova-lampade; le lampade sono comandate mediante i contatti K.

Su moderni impianti che utilizzano i PLC, possono essere usati, al posto degli indicatori luminosi, dei visualizzatori elettronici in grado, mediante un display anche del tipo touch-screen, di visualizzare messaggi.

Le pulsantiere sono realizzate riunendo insieme pulsanti, selettori e indicatori luminosi in un unico contenitore; possono essere del tipo fisso, se sono rigidamente fissate alla macchina, oppure del tipo mobile. In quest'ultimo caso, la pulsantiera può essere spostata, ovviamente nei limiti imposti dalla lunghezza dei cavi.

La disposizione delle apparecchiature sulla pulsantiera è fissata dalle norme. Il diametro dei fori deve essere compatibile con il diametro esterno della flangia dell'organo di comando, in genere di Ø 22 mm o di Ø 30 mm, mentre l'interasse di foratura deve essere almeno di 30 mm.

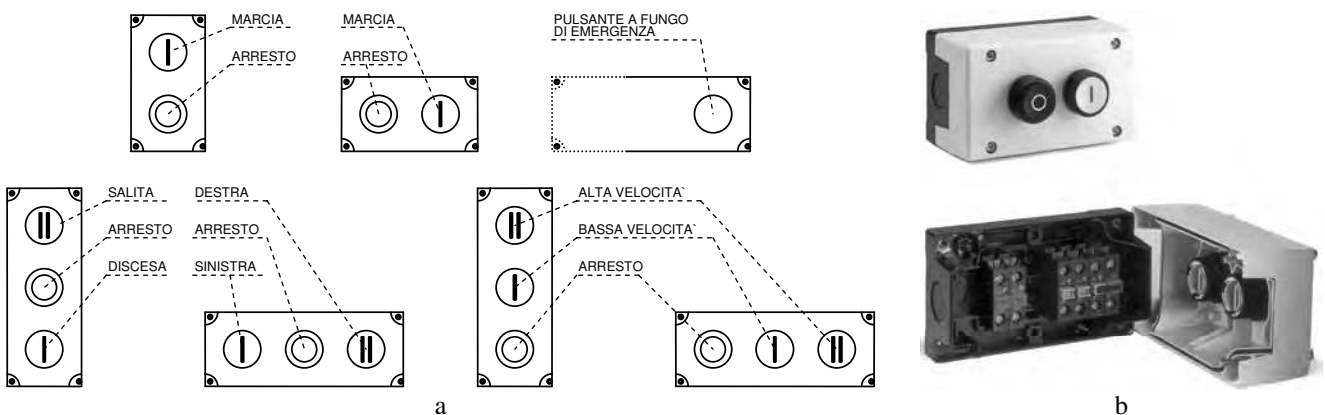


Fig. 6.81 - a) Esempi di pulsantiere orizzontali e verticali: prescrizioni per la disposizione dei pulsanti di marcia e arresto (norma CEI 16-5) - b) Esempio di pulsantiera IP65 con due pulsanti montati.

La pulsantiera può essere in lega di alluminio pressofuso oppure in materiale plastico isolante ad alta resistenza meccanica; normalmente è in grado di ospitare 1÷5 posti di montaggio, garantendo un grado di protezione massimo di IP65, naturalmente se sono rispettate, durante il montaggio, le istruzioni del costruttore. Come mostrato nel Capitolo 1, la norma CEI 17-17 identifica i contatti ausiliari di comando con i numeri 1-2, se il contatto è in apertura (NC), e con i numeri 3-4, se il contatto è in chiusura (NO). I morsetti delle lampade di segnalazione sono identificati, invece, con X1, se sono di entrata e con X2 se sono di uscita. Negli schemi elettrici si deve indicare, a sinistra del segno grafico che identifica l'organo ausiliario (pulsante, selettore, ecc.), oltre al codice letterale di identifica-

zione, il colore associato alla funzione svolta. La tab. 6.22 elenca i codici letterali dei colori secondo la norma CEI 16-6. I pulsanti, i selettori rotativi e gli indicatori luminosi possono essere montati, mediante appositi supporti, anche su guide DIN 35 mm, come mostrato nella fig. 6.83.

Colore	Codice letterale	Colore	Codice letterale
Nero	BK	Grigio (ardesia)	GY
Marrone	BN	Bianco	WH
Rosso	RD	Rosa	PK
Arancione	OG	Oro	GD
Giallo	YE	Turchese	TQ
Verde	GN	Argento	SR
Blu (compreso azzurro)	BU	Verde - giallo	GNYE
Viola (porpora)	VT	---	---

Tab. 6.22 - Codifica dei colori per ausiliari di comando e segnalazione secondo la norma CEI 16-6.

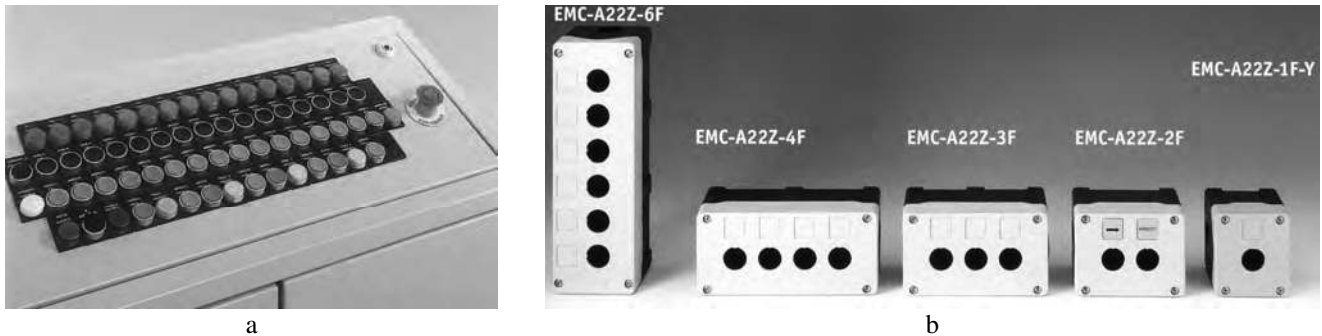


Fig. 6.82 - a) Leggio di un quadro elettrico con pulsanti, selettori e lampade di segnalazione. Si noti, sulla destra, il pulsante a fungo del comando di emergenza - b) Pulsantiere a doppio isolamento IP67 in materiale plastico, con pressacavi PG13. I modelli a 2, 3, 4 e 6 fori, diametro 22 mm, hanno il coperchio grigio, mentre quello monoforo ha il coperchio giallo (per il pulsante rosso di emergenza) (Omron).

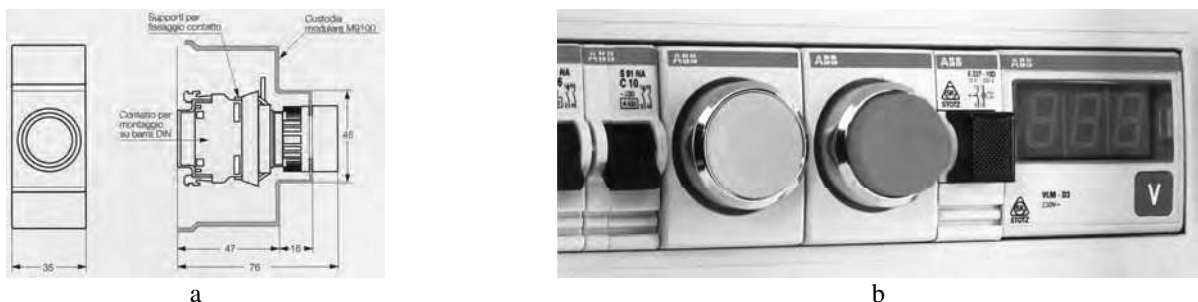


Fig. 6.83 - a) Esempio di supporti per il montaggio su guida DIN 35 mm - b) Esempio di applicazione.

Nelle macchine industriali, sono utilizzate delle torrette luminose componibili, che hanno lo scopo di indirizzare determinate informazioni a persone che non siano gli operatori. Il loro fine può essere quello di fungere da “semaforo” per manutentori, secondo una logica finalizzata esclusivamente alla loro sicurezza (v. tab. 6.23).

Diverso è il caso in cui le torrette debbano segnalare lo stato in cui si trova la macchina (in normale funzionamento, ferma, ferma per avaria, ecc.). In questo caso, il loro significato dovrebbe essere conforme agli indirizzi della tab. 6.21 e non riguardare la sicurezza (se non indirettamente) delle persone o dell’ambiente.

Occorre evitare, infatti, la promiscuità dei segnali nell’ambito di una stessa torretta: i segnali destinati alla sicurezza dei manutentori non possono essere abbinati con quelli relativi alle condizioni di funzionamento della macchina.

Di conseguenza, alle torrette e ai relativi colori devono essere conferite funzioni logiche di significato cromatico ben definito e univoche nell’ambito, per esempio, dello stesso stabilimento industriale.

In altre parole, tutte le persone presenti in quell’ambito devono essere informate del fatto che le torrette servono per segnalare situazioni di sicurezza oppure per indicare condizioni di processo.

Da una stessa torretta sono trasmissibili fino a 5 messaggi, compresa eventualmente anche una segnalazione acustica. Questi componenti sono disponibili in commercio sia con lampade ad incandescenza (5/10 W, attacco BA15d), sia con diodi luminosi LED (1,2 W, BA15d).

Alcuni modelli sono disponibili con il cavo di collegamento già cablato (3÷4 m) e con i singoli moduli pre-montati; eliminando il cablaggio e l’assemblaggio dei singoli moduli, è possibile ottimizzare i costi di installazione e di manutenzione, riducendo, nel contempo, gli errori e i costi di gestione dei prodotti a magazzino.

Colore semaforo	Predisposizione	Effetto
Verde	Macchina ferma, in condizioni di sicurezza	Accesso possibile in ogni momento senza conseguenze, sia sul ciclo macchina, sia sulla sicurezza delle persone
Giallo	Macchina predisposta per il funzionamento "rallentato"	Accesso limitato al personale di manutenzione, idoneamente informato sui rischi
Rosso	Macchina in funzionamento normale	Accesso vietato. La serratura è bloccata tramite un elettromagnete, oppure, se aperta, determina l'attivazione di una sirena d'allarme e l'arresto delle parti pericolose

Tab. 6.23 - Esempio di segnalazione "semaforica" applicabile nell'area d'azione del braccio di un robot.



Fig. 6.84 - a) Esempio di codifica cromatica di una torretta con montaggio mediante snodo a 90° con 3 possibili messaggi luminosi e segnalazione acustica; esempio di torretta con 5 possibili messaggi luminosi - b) Esempi di torrette luminose componibili in varie configurazioni (Sirena).

I modelli di torrette luminose con lampade ad incandescenza montano, normalmente, lampade da 5/10 W, con attacco a baionetta (attacco BA15d). Queste torrette sono composte da una struttura che alloggia i portalampada (da 1 a 4) e le relative connessioni per i cavi.

Possono avere un grado di protezione IP65 o IP54. Le lenti sono disponibili in vari colori (neutro, rosso, giallo/arancione, verde, blu) e sono montate nella sequenza desiderata.

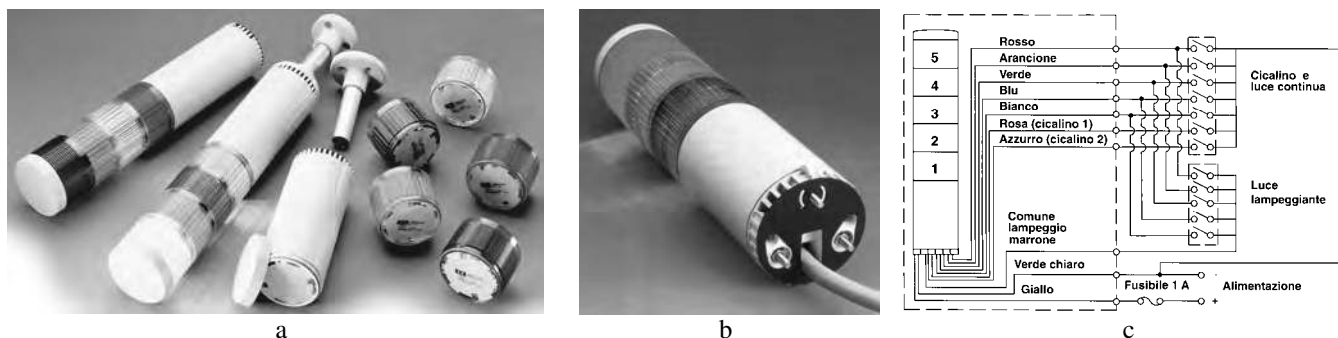


Fig. 6.85 - a) Esempi di torrette luminose componibili - b) Torretta acustico-luminosa premontata e precablata (per esempio, cavo 3 m) - c) Esempio di circuito di comando di una torretta luminosa componibile. Il colore dei cavi corrisponde ai colori dei moduli luminosi (Omron).

La base della torretta, che può essere fornita di asta di fissaggio anche a 90°, può essere rivestita da uno speciale materiale gommoso oppure può essere dotata di apposite guarnizioni in gomma, che assorbono le vibrazioni, aumentando, così, la durata della lampada ad incandescenza.

Sono disponibili moduli a luce continua o continua/lampeggiante, nonché provvisti di un dispositivo acustico bisonoro (90 dB). In alcuni casi, è possibile impostare mediante microinterruttori (dip-switch) il tipo di suono, la durata e il volume. Il segnale acustico può essere utilizzato per sottolineare ancora di più l'importanza di un eventuale stato di emergenza dell'impianto.

La tab. 6.24 suggerisce la frequenza del segnale acustico, in relazione al significato del messaggio che si vuole trasmettere, secondo quanto riportato dalla norma UNI EN 981. È chiaro che il rumore dell'ambiente non deve coprire il segnale acustico, il quale deve essere ovviamente diverso dall'eventuale segnale di evacuazione dell'ambiente di lavoro.

Le torrette che utilizzano LED hanno anch'esse una struttura modulare: possono essere montate nella sequenza desiderata, con luce continua e/o lampeggiante e, infine, possono montare una segnalazione acustica. Esse hanno, però in genere, un costo più elevato, anche se garantiscono una maggiore durata dei dispositivi luminosi.

Alcuni tipi hanno la caratteristica, grazie ad un particolare circuito interno (bus), di poter variare la configurazione, mantenendo la corrispondenza del colore tra i cavi e i moduli, indipendentemente dalla loro posizione.

Suono	Luce	Significato
Frequenza variabile. Aumento o diminuzione progressivi della frequenza con valori da 5 Hz/s a 5 Hz/ms (variazione consentita durante il ciclo).	Rossa	Pericolo, intervenire urgentemente
Serie di impulsi rapidi. Quando raggruppati, almeno cinque impulsi in ciascun gruppo. Frequenza degli impulsi da 4 Hz a 8 Hz (durata dell'impulso da 60 ms a 100 ms).	Rossa	Pericolo, intervenire urgentemente
Alternato. Sequenza per intervalli di due o tre toni distinti, ciascun segmento da 0,15 a 1,5 s.	Rossa	Pericolo, intervenire urgentemente
Breve. Spettro costante, durata minima 0,3 s.	Gialla	Attenzione, stare in allerta
Sequenza. Due o tre suoni diversi, ciascuno con spettro costante.	Blu	Comando, azione obbligatoria
Prolungato. Spettro costante.	Verde	Condizione di normalità. Cessato pericolo.

Tab. 6.24 - Caratteristiche del segnale sonoro in relazione al significato secondo la norma UNI EN 981.



Fig. 6.86 - Esempi di applicazione delle torrette luminose componibili (Lovato).

6.14 Caratteristiche degli apparecchi di manovra utilizzati con sistemi e comandi elettronici (nel CD-ROM allegato)

6.15 Interruttori di posizione meccanici

In un impianto automatico, in cui si ha la necessità di muovere carrelli, nastri trasportatori, pezzi meccanici, oggetti e cilindri pneumatici, è necessario prevedere una corretta successione delle operazioni e rilevare automaticamente la posizione assunta in ogni istante dalle diverse parti mobili.

A tale scopo sono utilizzati i dispositivi, alcuni dei quali sono oggetto di questo paragrafo, vale a dire gli interruttori di posizione meccanici, i quali sono azionati quando una parte in movimento di una macchina raggiunge un ben determinato punto. In particolare, trovano largo impiego gli interruttori di posizione, che, se posti nella parte estrema della corsa che si vuole controllare, prendono il nome di *finecorsa*.

Di seguito sono presentati gli interruttori di posizione meccanici e, nei successivi paragrafi, gli interruttori di prossimità induttivi, capacitivi, ultrasonici, magnetici, e gli interruttori fotoelettrici. Gli interruttori di posizione meccanici, considerati dalla norma CEI 17-45, sono generalmente composti da un corpo base dove trovano posto gli elementi di contatto e il sistema di fissaggio; al corpo base è fissato l'attuatore o testina, che è quella parte dell'interruttore di posizione a cui è applicata la forza esterna fornita dalla manovra da controllare. Gli attuatori possono avere varie forme a seconda del tipo di applicazione a cui l'interruttore è destinato.

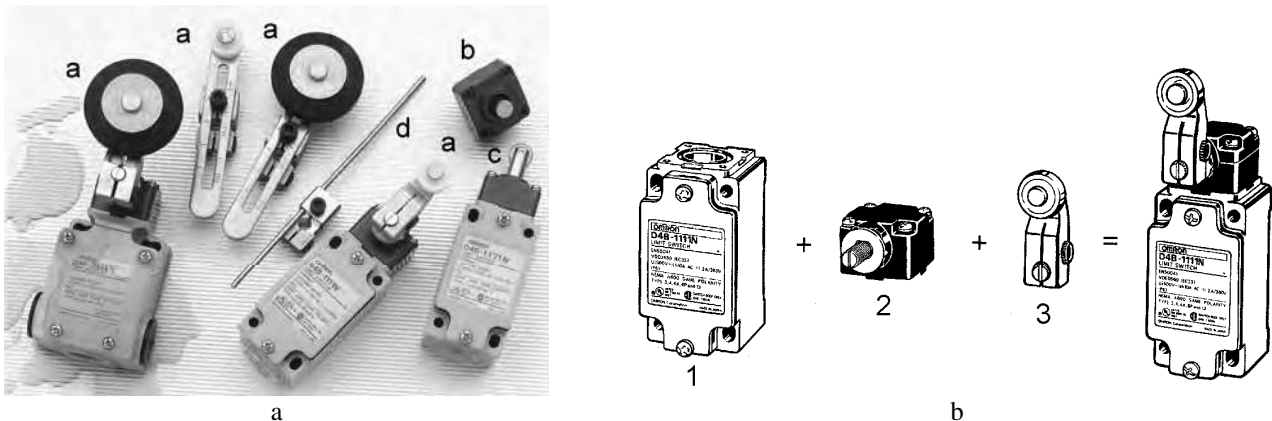
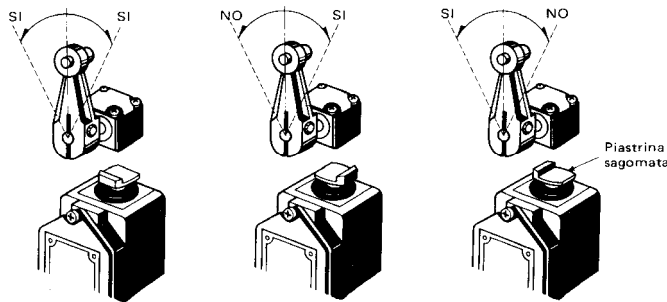


Fig. 6.88 - a) Esempio di interruttori di posizione meccanici con grado di protezione IP67 tipo DB4. Si notino gli attuatori a leva e rotella (a), a pulsante (b), a pulsante e rotella (c) e ad asta (d) - b) Esempio di composizione di un interruttore di posizione meccanico o finecorsa, costituito dal corpo (1), dalla testina operatrice (2) e dall'azionatore o attuatore (3) (Omron).

L'attuatore può essere ad azionamento rettilineo, angolare o anche multidirezionale; inoltre, a seconda del tipo di funzione e del tipo di collocazione a cui è destinato, l'attuatore può essere a pulsante, ad asta, a pulsante e rotella orizzontale, a leva e rotella e a stelo flessibile, come mostrato nella fig. 6.88a.

Normalmente, le leve sono girevoli e possono essere posizionate entro un arco di 360° rispetto all'asse su cui si trovano imperniate; inoltre, la rotella può essere affacciata all'esterno o all'interno.

È interessante notare che esistono dei modelli, come, per esempio, quelli dotati di attuatore a leva e rotella, che hanno la caratteristica di poter montare una testina ruotabile di 90° in 90° . Questa caratteristica consente di presentare l'attuatore su uno dei quattro punti cardinali; inoltre, mediante semplici regolazioni interne, è possibile montare il tipo di azionamento da unidirezionale (sinistro o destro) a bidirezionale.

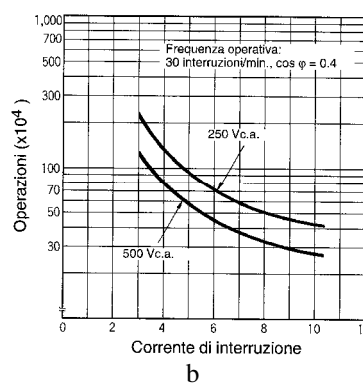
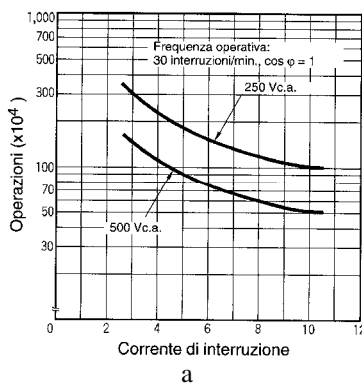


Direzione di funzionamento dell'attuatore di un interruttore di posizione a leva e rotella: la direzione può essere cambiata ruotando opportunamente la piastrina sagomata sottostante la testina operatrice.

Nell'esempio, partendo da sinistra, il primo effettua il rilevamento in entrambi i sensi, il secondo solo se è azionato verso destra e, infine, il terzo solo se è azionato verso sinistra.

Fig. 6.89 - Direzione di funzionamento dell'attuatore di un interruttore di posizione a leva e rotella.

All'interno del corpo base trovano posto i contatti elettrici, che sono azionati dall'attuatore per mezzo di un meccanismo tipo biella e pistone. I contatti, solitamente in lega argento-nichel, sono a doppia interruzione, con corrente nominale termica I_{th} di 10 A ad una tensione di lavoro di 400 V, mentre la categoria di impiego è AC15 o DC13, la stessa dei pulsanti e dei contatti ausiliari dei contattori e dei relè.



Dai diagrammi è possibile dedurre che tanto maggiori sono la tensione di lavoro e la corrente che deve stabilire e interrompere il contatto, quanto minore è la sua vita elettrica.

Anche un minore fattore di potenza contribuisce a diminuire la vita elettrica dei contatti, come è possibile osservare confrontando i due diagrammi (a $\cos \varphi = 1$ e $\cos \varphi = 0,4$) a parità di tensione e di corrente.

Fig. 6.90 - Vita elettrica dei contatti degli interruttori di posizione tipo D4B-N con due tipi di carico: a) Fattore di potenza $\cos \varphi = 1$ (carico ohmico, per esempio, lampade ad incandescenza) - b) Fattore di potenza $\cos \varphi = 0,4$ (carico ohmico-induttivo, per esempio, bobine di elettrovalvole e dei relè) - c) Note sul funzionamento (Omron).

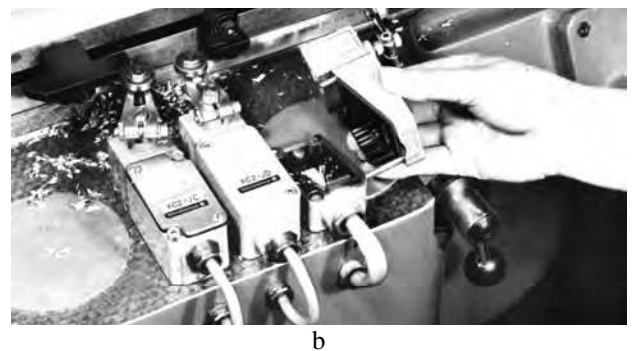
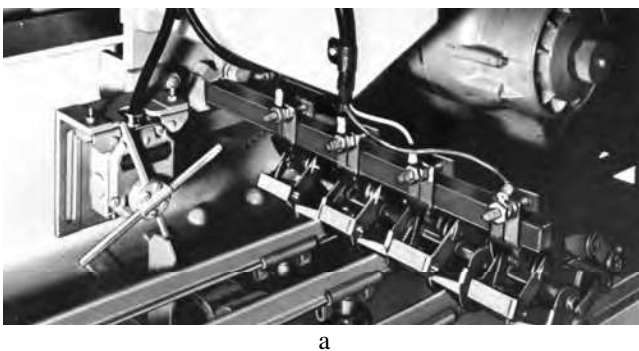


Fig. 6.91 - Esempi di applicazione degli interruttori di posizione meccanici: a) Tipo con azionamento ad asta a croce e con contatti a scatto rapido con funzione di finecorsa - b) Tipo XC2-JC a corpo fisso e tipo XC2-JD con corpi estraibili, entrambi con funzioni di interruttore di posizione (Telemecanique).

I contatti sono normalmente uno o due, in alcuni casi anche quattro; molto utilizzati sono gli interruttori dotati di un contatto NC e di un contatto NO, separati galvanicamente.

La moltiplicazione dei contatti è generalmente realizzata all'interno del quadro elettrico mediante relè o contattori ausiliari; questa soluzione risulta essere la più economica, in quanto utilizza un minor numero di conduttori.

I contatti possono avere un diagramma di funzionamento che prevede, in particolare, le seguenti possibilità: corsa normale, corsa allungata, con sovrapposizione e a scatto rapido.

Gli elementi di contatto aventi una *corsa normale* e dotati di un contatto NO e di un contatto NC sono caratterizzati dal fatto che prima si apre il contatto chiuso e, dopo circa 2 mm, si chiude il contatto aperto.

Gli elementi di contatto aventi una *corsa allungata*, sempre dotati di un contatto NO e di un contatto NC, sono caratterizzati dal fatto che prima si apre il contatto chiuso e, dopo circa 6 mm, si chiude il contatto aperto.

Infine, gli elementi di contatto aventi una *corsa con sovrapposizione* e dotati di un contatto NO e di un contatto NC sono caratterizzati dal fatto che, prima di aprirsi il contatto chiuso, si chiude quello aperto e, quindi, i due contatti restano chiusi contemporaneamente per circa un millimetro. Esistono anche elementi di contatto a *scatto rapido*, aventi un contatto NO e un contatto NC. Sono fatti in modo tale che, non appena all'attuatore è applicata una forza, anche se in modo lento, è caricata una molla finché non si arriva nella posizione di scatto dove, quasi istantaneamente, si apre il contatto chiuso e si chiude quello aperto.

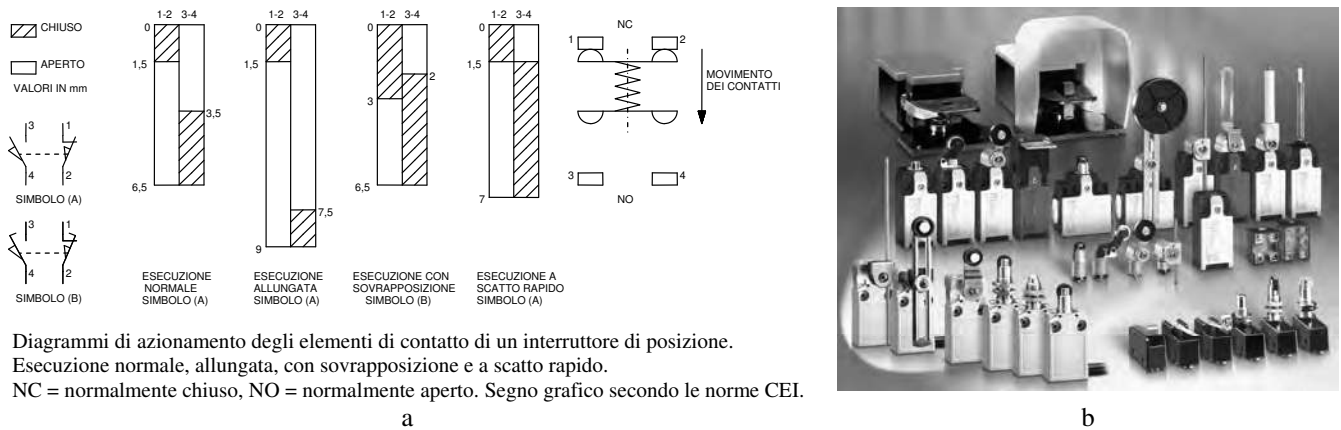


Fig. 6.92 - a) Diagrammi di azionamento degli elementi di contatto di un interruttore di posizione - b) Interruttori di posizione meccanici, microinterruttori, interruttori a pedale (Lovato).

Gli interruttori di posizione meccanici sono caratterizzati, in alcuni casi, da contatti ad apertura positiva.

Nel caso in cui frammenti metallici dovessero depositarsi fra le superfici del contatto NC, oppure il contatto risultasse incollato, l'azione di alcuni meccanismi (come una camma di sicurezza) provoca l'apertura *forzata* del contatto mobile. Questa situazione ostacolerebbe, però, la chiusura contemporanea dei contatti NO e NC. Per questo motivo, gli interruttori di posizione sono utilizzati come finecorsa con funzioni di sicurezza, in cui l'apertura forzata del contatto NC consente la messa in sicurezza dell'impianto o della macchina (arrestandola).

Nella fig. 6.93 la camma di sicurezza, quando il pistone di azionamento si muove nella direzione della freccia, provoca l'apertura forzata del contatto NC a scatto rapido.

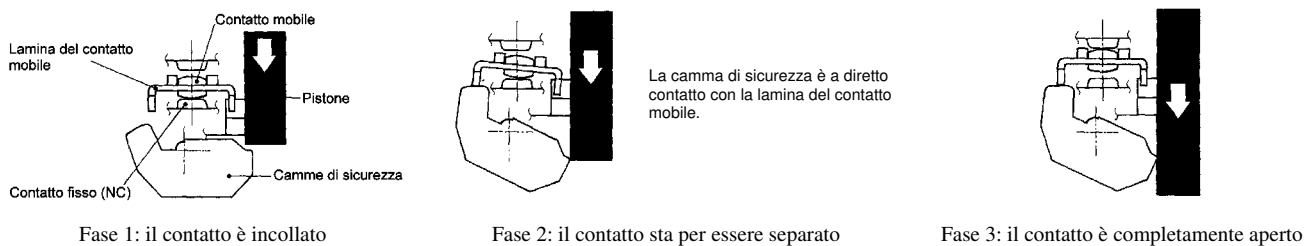


Fig. 6.93 - Funzionamento del meccanismo Fail-safe (automatico contro i guasti) utilizzato sugli interruttori di posizione meccanici D4B-N (Omron).

Questi interruttori di posizione devono poter operare anche in ambienti particolarmente gravosi (per esempio, in presenza di umidità, polvere e vibrazioni) e devono garantire un'elevata sicurezza di funzionamento. A tale scopo sono realizzati con un grado di protezione pari a IP66 o IP67. Per questo motivo è di particolare importanza anche la tenuta di alcune parti, come l'albero portaleva, l'unione fra il corpo e la testina, il coperchio del vano contatti, le guarnizioni e, infine, il foro d'ingresso dei conduttori (che, generalmente, avviene attraverso un pressacavo). Per un corretto uso degli interruttori di posizione, è utile conoscere le caratteristiche di funzionamento di queste apparecchiature, sia che esse si riferiscano a dimensioni lineari (come nel caso di interruttori azionati con un perno semplice, a pulsante, a perno con rotella o a leva angolare con rotella), sia che si riferiscano a dimensioni angolari (come nel caso di interruttori azionati mediante leva girevole, oppure con leva e rotella o ad asta).

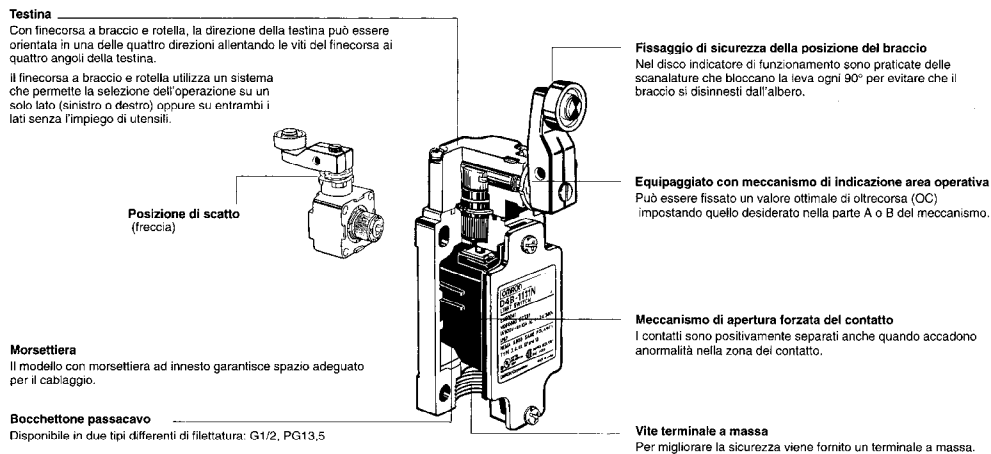


Fig. 6.94 - Particolari costruttivi di un interruttore di posizione meccanico (Omron).

Oltre alle principali definizioni riportate nella fig. 6.95a, è importante segnalare altri termini tecnici, delineati nelle righe che seguono, che caratterizzano gli interruttori di posizione e che, spesso, si ritrovano sui cataloghi tecnici.

- **Vita elettrica:** numero minimo di operazioni effettuabili in condizioni di carico e di frequenza di commutazione elettrica nominale (corrente, tipo di carico).
- **Vita meccanica:** numero minimo di operazioni a vuoto effettuabili in condizioni di frequenza di commutazione meccanica nominale.
- **Grado di protezione:** indice di resistenza alle infiltrazioni di particelle solide e di liquidi estranei secondo le norme CEI (grado di protezione IP).
- **Temperatura ambiente:** campo di temperatura ambiente entro il quale sono garantite le condizioni nominali di funzionamento (in relazione agli isolanti usati per la sua costruzione).
- **Velocità di azionamento:** minimo e massimo valore di velocità della camma, per il corretto azionamento dell'interruttore.

FS = forza di scatto

La forza da applicare all'azionatore richiesta per azionare i contatti.

FR = forza di rilascio

Valore al quale va ridotta la forza sull'azionatore per permettere ai contatti di riportarsi in posizione di riposo.

PC = precorsa

La distanza o l'angolo coperti dall'azionatore dalla posizione di riposo alla posizione di scatto.

OC = oltrecorsa

La distanza o l'angolo coperti dall'azionatore oltre la posizione di scatto.

CD = corsa differenziale

La distanza od angolo dalla posizione di scatto alla posizione di rilascio.

CT = corsa totale

Distanza o angolo espressa come somma della precorsa e dell'oltrecorsa totale.

AP = apertura positiva

La distanza od angolo coperti dall'azionatore dalla posizione di riposo alla posizione in cui i contatti vengono forzatamente aperti meccanicamente.

FT = forza totale

La forza da applicare all'azionatore per raggiungere il fermo dalla posizione di riposo.

PR = posizione di riposo

Posizione iniziale dell'azionatore quando non si applica alcuna forza esterna.

PS = posizione di scatto

Posizione dell'azionatore in cui i contatti si portano nella posizione di lavoro.

PdR = posizione di rilascio

Posizione dell'azionatore in cui i contatti si portano dalla posizione di lavoro a quella di riposo.

PLC = posizione limite di corsa

Posizione assunta dall'azionatore quando ha raggiunto il fermo.

FS: Forza di scatto

FR: Forza di rilascio

FT: Forza totale

PR: Posizione di riposo

PS: Posizione di scatto

PdR: Posizione di rilascio

PLC: Posizione limite di corsa

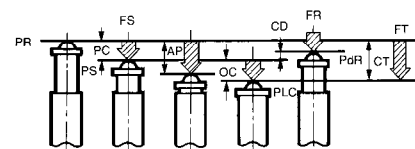
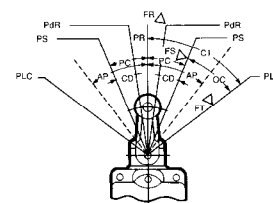
PC: Precorsa

OC: Oltrecorsa

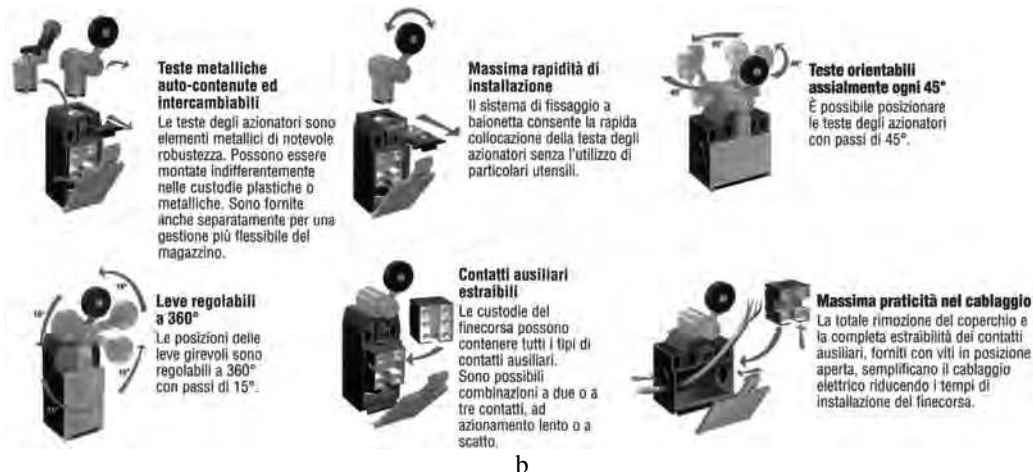
CD: Corsa differenziale

CT: Corsa totale

AP: Apertura positiva



a



b

Fig. 6.95 - Interruttori di posizione meccanici: a) Definizioni (Omron) - b) Particolari costruttivi (Lovato).

Esistono particolari interruttori di posizione con azionamento mediante chiave sagomata, i quali consentono, se non azionati, di disattivare macchine o impianti per questioni di sicurezza (per esempio, in caso di manutenzione).

Questi interruttori, caratterizzati dalla testina di colore rosso, sono realizzati con un corpo normalizzato (stesse dimensioni e fori di fissaggio), simili agli altri interruttori visti precedentemente, ma dotati di una testina contenente un attuatore a camma. La rotazione della camma provoca la commutazione dei contatti e questo è possibile solo con l'apposita chiave prevista dal costruttore. In questo modo, è possibile evitare azionamenti accidentali dell'interruttore.

L'inserimento della chiave provoca la chiusura del contatto NC, mentre la manovra di estrazione della chiave provoca l'apertura forzata di tale contatto e la conseguente disattivazione dell'impianto.

Questi particolari interruttori possono essere utilizzati per cancelli, coperchi, porte scorrevoli o girevoli per aree pericolose con parti in movimento, ripari mobili, girevoli e protezioni scorrevoli per macchine utensili.

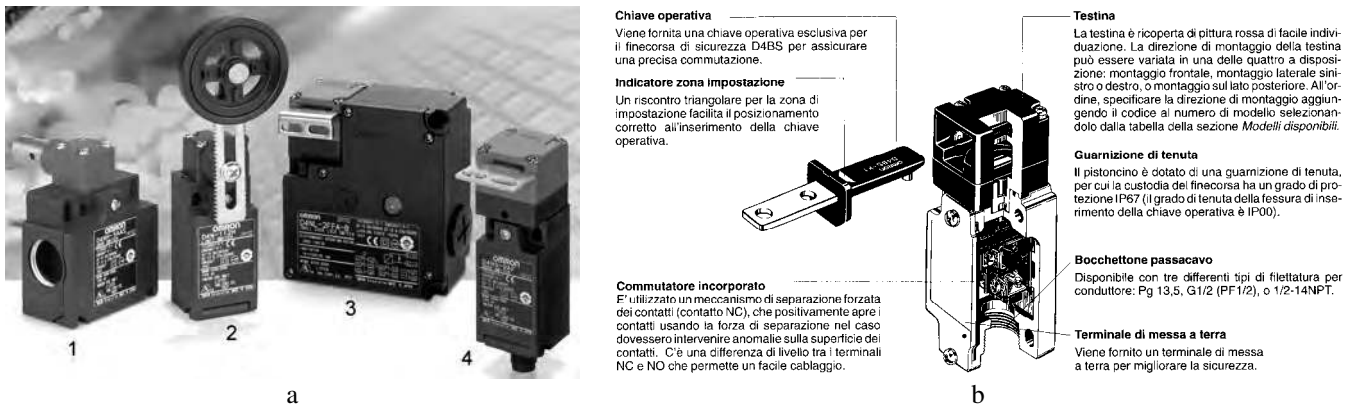


Fig. 6.96 - a) Esempi di finecorsa di sicurezza: 1) Azionatore ad albero per porte a cerniere, 2) Azionatore con rotella in gomma, 3) Con interblocco elettromagnetico (forma quadrata), 4) Di sicurezza per porte - **b)** Particolari costruttivi di un interruttore di posizione di sicurezza (Omron).

Questi tipi di interruttori sono l'ideale per il controllo di cancelli, protezioni, carter e di tutti quei ripari che proteggono parti pericolose di macchine. La chiave di azionamento in acciaio inox è fissata alla parte mobile della protezione e ogni qualvolta si estrae, aprendo la protezione, la chiave dall'interruttore, si ottiene l'apertura positiva dei contatti. Di facile installazione, possono essere applicati a qualsiasi tipo di protezione: a cerniera, scorrevole o rimovibile. Inoltre, la possibilità di azionare l'interruttore solo con la particolare chiave garantisce che la macchina possa essere rimessa in funzione solamente quando il riparo si è richiuso.

Per quanto riguarda la loro installazione, il circuito di sicurezza deve essere collegato sui contatti NC (11-12 o 21-22) a chiave inserita. La testa può essere posizionata su tutti i quattro lati dell'interruttore, inserendo la chiave e togliendo le quattro viti di fissaggio; si possono ottenere, così, otto diverse direzioni di azionamento. È bene inserire sempre, nella feritoia non utilizzata, un tappo di protezione contro la polvere.

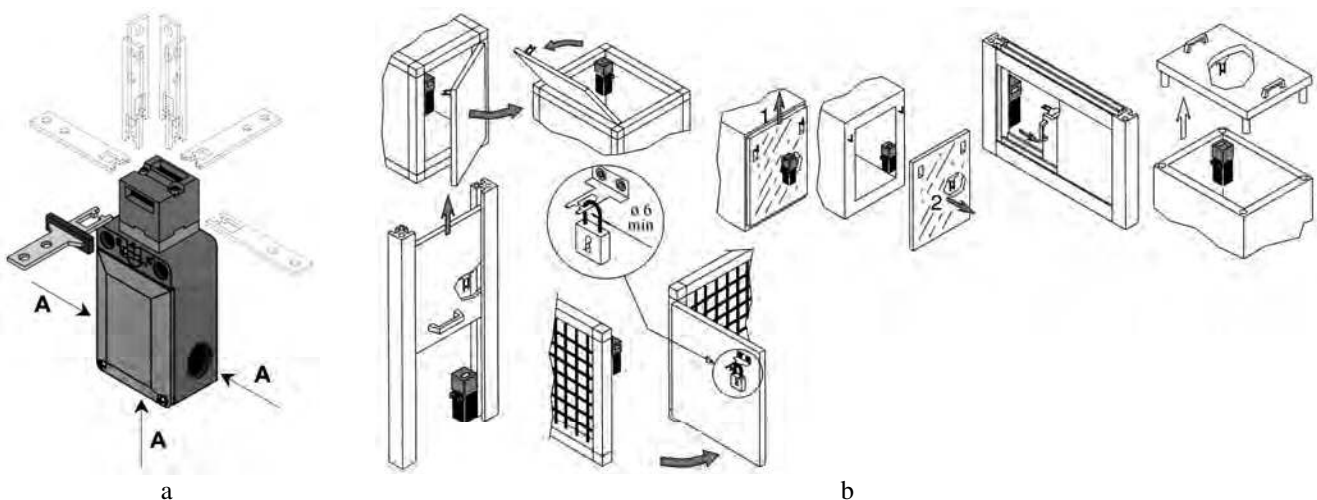


Fig. 6.97 - Interruttori di sicurezza a chiave: a) La testa può essere posizionata su tutti i quattro lati dell'interruttore, inserendo la chiave e togliendo le quattro viti di fissaggio; si possono ottenere, così, otto diverse direzioni di azionamento. Il cavo può entrare attraverso il foro A da tre posizioni adattandosi alle diverse condizioni di installazione - b) Esempi di applicazioni su recinzioni.

Quando la chiave non è inserita, occorre evitare che polvere o sporco in genere entrino nella feritoia d'ingresso della chiave (anche durante l'installazione). Bisogna ricordarsi di verificare periodicamente il corretto funzionamento dell'interruttore ovvero che, ad ogni apertura della protezione, la macchina si arresti immediatamente.

Se l'interruttore protegge parti di macchine in cui la persona può fisicamente entrare, per evitare che la porta si possa accidentalmente richiudere dopo l'ingresso dell'operatore, si può installare un lucchetto nell'apposito foro previsto sulla chiave. Per l'installazione, occorre collegare, al circuito di sicurezza, i contatti normalmente chiusi NC, che non devono mai essere applicati in rilascio. Questo significa che, quando lo sportello è aperto, l'interruttore deve essere premuto direttamente o tramite camma; solo in questo modo è garantita l'apertura positiva dei contatti NC. Il contatto normalmente aperto deve essere utilizzato solo per le segnalazioni e non deve essere collegato al circuito di sicurezza.

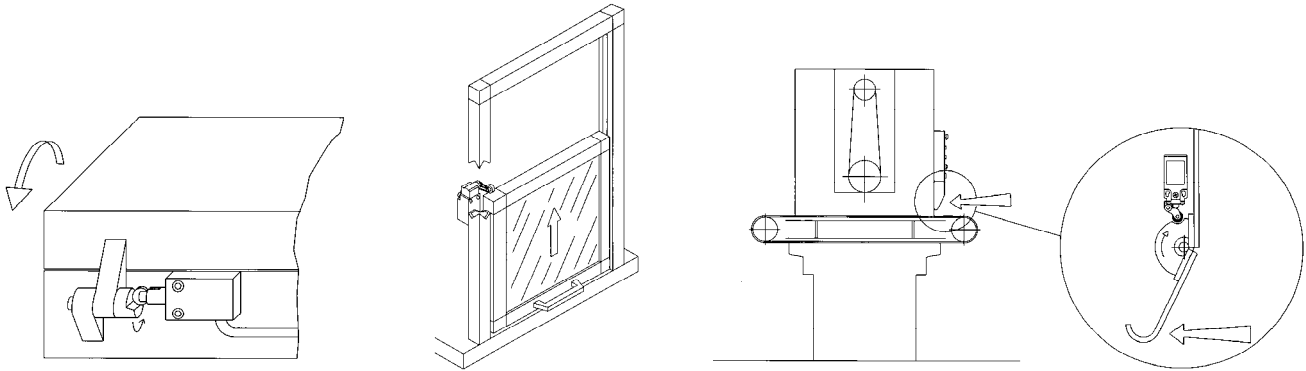
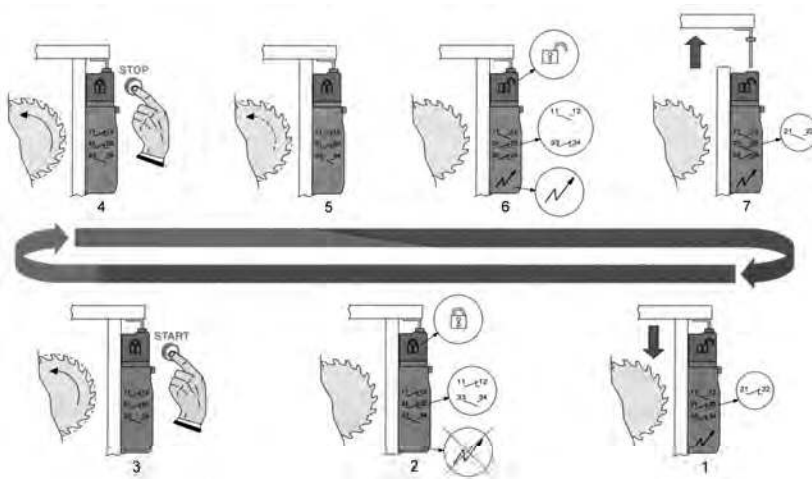


Fig. 6.98 - Installazione degli interruttori standard con funzioni di sicurezza. Quando lo sportello è aperto, l'interruttore deve essere premuto direttamente o tramite camma.

In commercio sono disponibili interruttori di posizione (v. fig. 6.99) che si applicano su macchine nelle quali la condizione di pericolo si protrae per un certo tempo, anche dopo aver azionato il comando di arresto della macchina (per esempio, inerzia meccanica di pulegge, dischi di sega o per temperatura, pressione)

Possono essere utilizzati in sostituzione dei normali interruttori di sicurezza a chiave, quando si desidera bloccare l'apertura della protezione (v. fig. 6.100).

Il principio di funzionamento assicura che la chiusura dei contatti elettrici avvenga solo dopo che la chiave è stata inserita e bloccata; inoltre, la chiave non può essere estratta, mediante un elettromagnete, se i contatti elettrici sono ancora chiusi.



Ciclo di lavoro, partendo dal basso a destra e procedendo in senso orario.

- 1) Chiusura del riparo mobile.
- 2) Blocco del riparo e chiusura dei contatti di consenso per la messa in marcia della macchina (per esempio, una sega).
- 3) Comando di marcia (start). Macchina in moto.
- 4) Comando di arresto (stop).
- 5) La macchina per inerzia continua il moto.
- 6) Dopo un tempo prestabilito necessario alla sega per arrestarsi, il sistema di controllo sblocca il riparo mediante l'elettromagnete.
- 7) Apertura del riparo mobile.

Fig. 6.99 - Funzionamento degli interruttori di posizione di sicurezza a chiave con elettromagnete, secondo le norme CEI EN60204-1. La diseccitazione può essere effettuata, per esempio, mediante un PLC, un temporizzatore, un termostato (per esempio, per i forni), un sensore di velocità (per esempio, per i nastri trasportatori).

Questi interruttori di posizione di sicurezza sono disponibili con due principi di funzionamento: a chiave bloccata con elettromagnete diseccitato e a chiave bloccata con elettromagnete eccitato.

Mentre la prima versione è dotata di un dispositivo che consente lo sblocco della chiave durante l'installazione o in caso di mancanza della tensione, si consiglia di usare la seconda versione solo in particolari condizioni, in quanto un'eventuale mancanza di tensione consentirebbe l'immediata apertura della protezione.

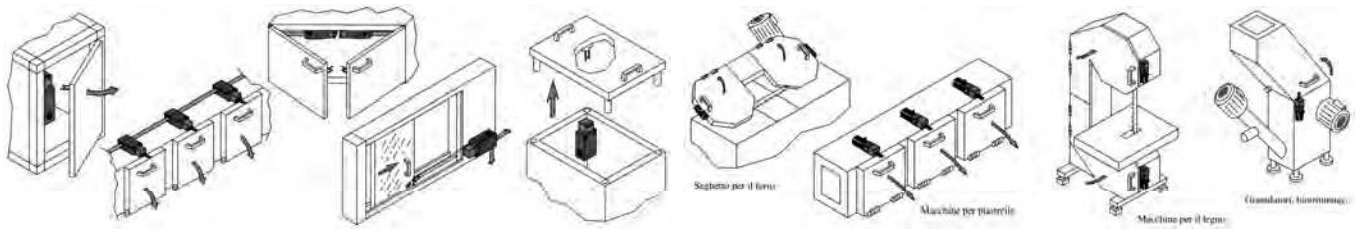


Fig. 6.100 - Esempi di applicazione degli interruttori di sicurezza a chiave con elettromagnete, ad apertura positiva.

Esistono degli interruttori di posizione di sicurezza con l'attuatore a leva asolata, destinati al controllo di cancelli o di porte che proteggono parti pericolose di macchine. Sono particolarmente sensibili e aprono i contatti dopo pochi gradi di rotazione, inviando immediatamente il segnale di arresto.

Anche in questo caso, la testina regolabile di 90° in 90° consente l'installazione nelle più svariate posizioni.

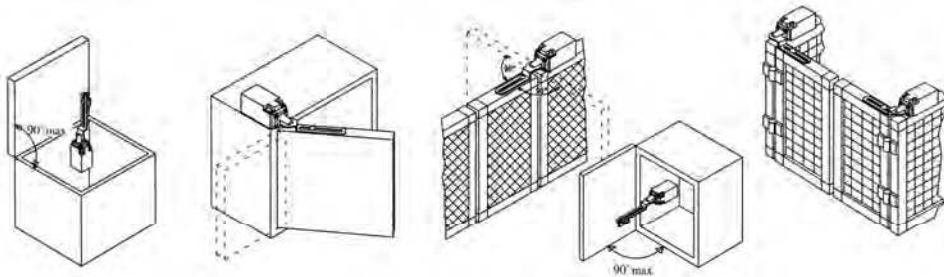


Fig. 6.101 - Esempi di applicazione degli interruttori di sicurezza a leva asolata ad apertura positiva.

Per quanto riguarda il sistema di montaggio e la relativa installazione, vale la pena ricordare alcune regole, delineate nelle righe che seguono. È bene rispettare questi accorgimenti affinché l'interruttore di posizione possa lavorare a lungo e in sicurezza. Si ricorda che, a catalogo, sono disponibili modelli simili con misure e fori di fissaggio standard di marche diverse (National, Omron, ecc.) al fine di facilitare l'eventuale reperibilità e sostituzione.

- In primo luogo, è necessario fissare l'interruttore in una posizione tale da impedire un qualsiasi azionamento accidentale da parte dell'operatore (per esempio, mediante un carter di protezione).
- È indispensabile evitare che l'interruttore venga direttamente e costantemente sommerso da olio o liquidi in genere; viceversa, occorre utilizzare interruttori in esecuzione protetta contro l'immersione (IP67). In ogni caso, è opportuno che il foro di ingresso dei conduttori (con pressacavo adeguatamente serrato) sia sempre rivolto verso il basso e che il coperchio sia montato (vedi le guarnizioni) e chiuso correttamente, secondo quanto indicato dal costruttore dell'interruttore.
- È opportuno non installare l'apparecchio in una posizione dove l'accumulo di residui di determinate lavorazioni (per esempio, i trucioli metallici) possa ostacolare l'azionamento, oltre che provocare danni alla meccanica dell'attuatore. È utile prevedere, eventualmente, opportuni ripari o carter.
- Gli interruttori di posizione non devono essere fissati in punti dove la temperatura eccede i valori massimi previsti dal costruttore per quella apparecchiatura, in particolare in relazione agli isolanti presenti nell'interruttore.

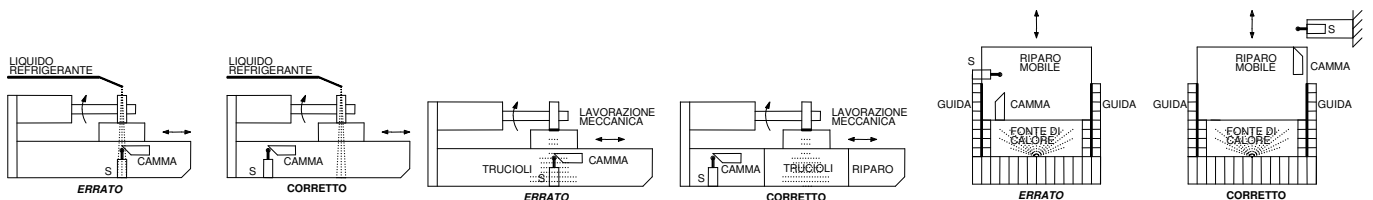


Fig. 6.102 - Esempi di applicazione degli interruttori di posizione meccanici.

Di particolare importanza per la vita meccanica di un interruttore è il modo con il quale è effettuato l'azionamento. Nelle righe che seguono sono riportati alcuni esempi.

- 1) Innanzi tutto, l'interruttore di posizione non deve essere utilizzato per l'arresto meccanico della parte in movimento; inoltre, i meccanismi di comando non devono mai spingere l'attuatore in modo da superare il limite di oltrecorsa.
- 2) La forza di azionamento deve essere applicata il più vicino possibile alla perpendicolare della leva e all'asse dell'albero su cui la stessa è impernata.

- 3) Sugli interruttori dotati di attuatore a pulsante, è opportuno che la forza di azionamento sia applicata lungo l'asse del pulsante stesso.
- 4) Per assicurare un corretto funzionamento elettrico dei contatti, è opportuno che l'attuatore sia sempre azionato, per un certo tratto, oltre il punto di scatto dell'interruttore.
- 5) Di particolare importanza è, inoltre, la sagoma delle camme di azionamento, la quale deve essere fatta in modo tale da non danneggiare l'attuatore. Per questo motivo, è necessario evitare gli spigoli, raccordando in modo opportuno le camme, e limitare il più possibile l'inclinazione dell'angolo di incidenza. Il valore dell'angolo è in relazione alla velocità di impatto; in genere angoli di 45° sono adeguati per velocità fino a 0,5 m/s, mentre, per velocità più alte, è bene ridurre l'angolo a 30°.
- 6) Nel caso di attuatori a leva girevole o ad asta, può verificarsi l'effetto rimbalzo. Questi interruttori possono essere dotati, perciò, di smorzamento meccanico sul ritorno nella posizione di riposo. Se la leva girevole è del tipo corto, può essere necessario sagomare la camma in modo che questa non superi un angolo di incidenza di 30°.

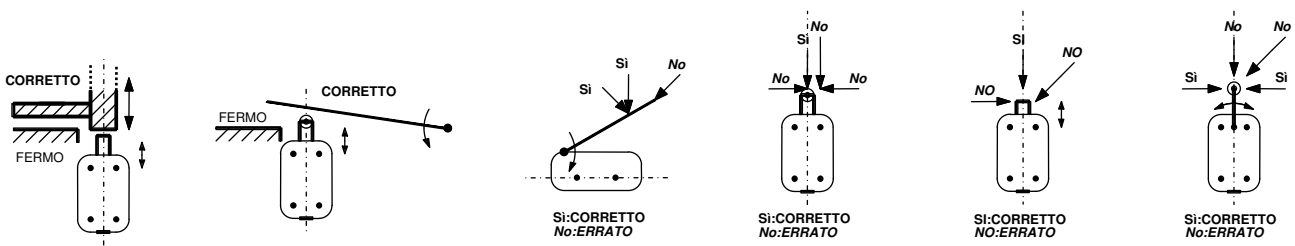


Fig. 6.103 - Esempi di azionamento degli interruttori di posizione meccanici.

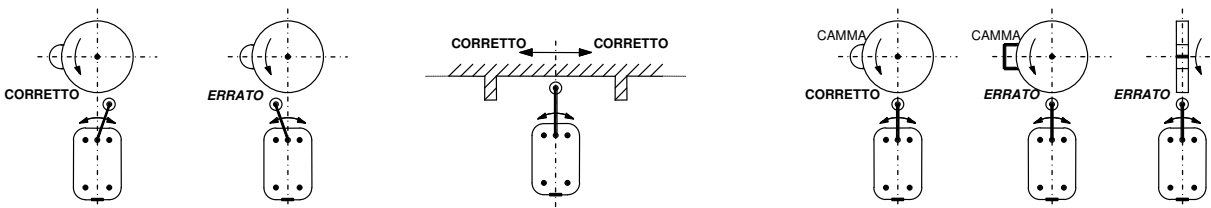


Fig. 6.104 - Esempi di azionamento degli interruttori di posizione meccanici.

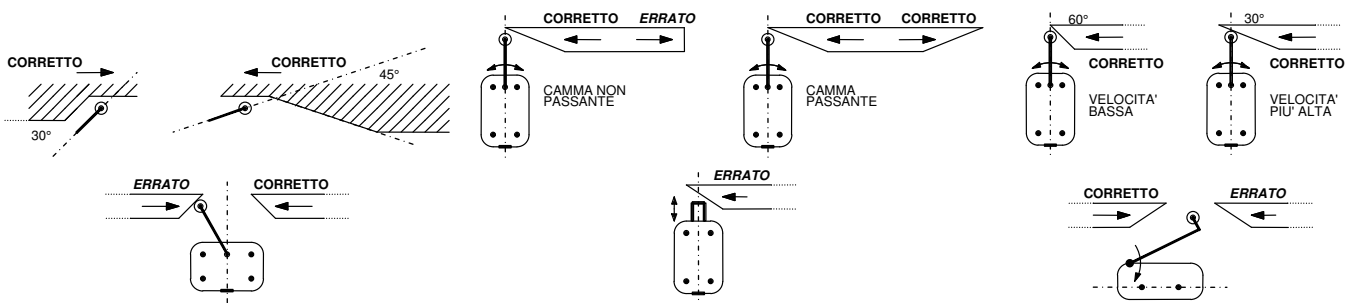


Fig. 6.105 - Caratteristiche delle camme d'azionamento degli interruttori di posizione meccanici.

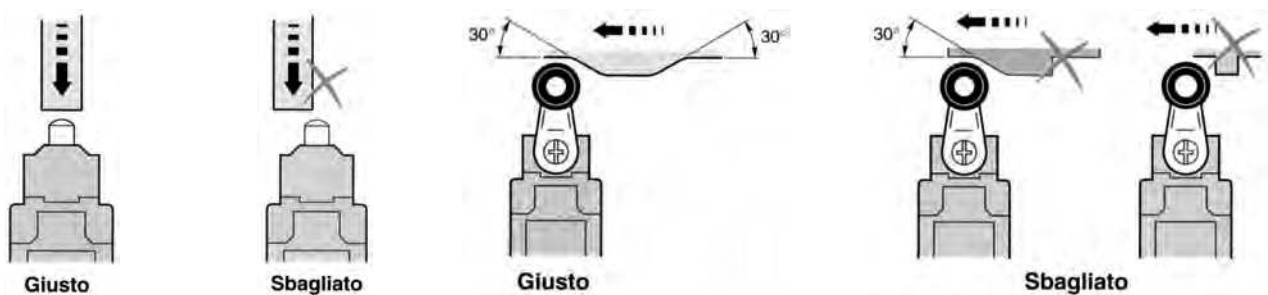


Fig. 6.106 - Esempi di azionamento di interruttori di posizione meccanici a pulsante (ABB).

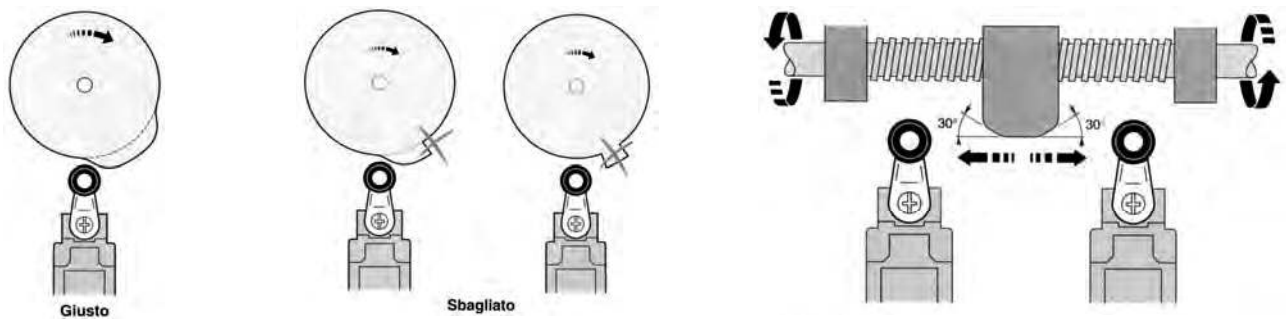


Fig. 6.107 - Esempi di azionamento di interruttori di posizione meccanici a pulsante con rotella o leva con rotella. Per un movimento relativamente lento dell'attuatore, è preferibile un interruttore con blocco contatti a scatto rapido (ABB).

La necessità di realizzare macchine di ridotte dimensioni costringe spesso l'installatore ad utilizzare degli interruttori di posizione di piccole dimensioni, definiti microinterruttori (micro-switch).

Queste apparecchiature sono realizzate utilizzando un contenitore in resina e di dimensioni standard (le dimensioni e i fori di fissaggio sono uguali per marche diverse e anche per modelli diversi).

Trovano applicazione negli ambienti puliti e dentro appositi contenitori, che contengono anche le camme per il loro azionamento. Sono disponibili, in genere, con azionatore a pulsante o a leva; quest'ultimo tipo è reperibile in varie versioni (leva, leva corta, leva lunga, leva corta e rotella, leva e rotella e leva con falsa rotella).

I terminali dei contatti, a seconda delle versioni, possono essere a vite oppure a saldare.

Sono disponibili involucri in resina per la protezione contro i contatti accidentali, oltre a vari accorgimenti e materiali protettivi, che hanno consentito, negli ultimi anni, la realizzazione di modelli con un grado di protezione fino a IP65 e con temperature di funzionamento da -50 °C a +80 °C.

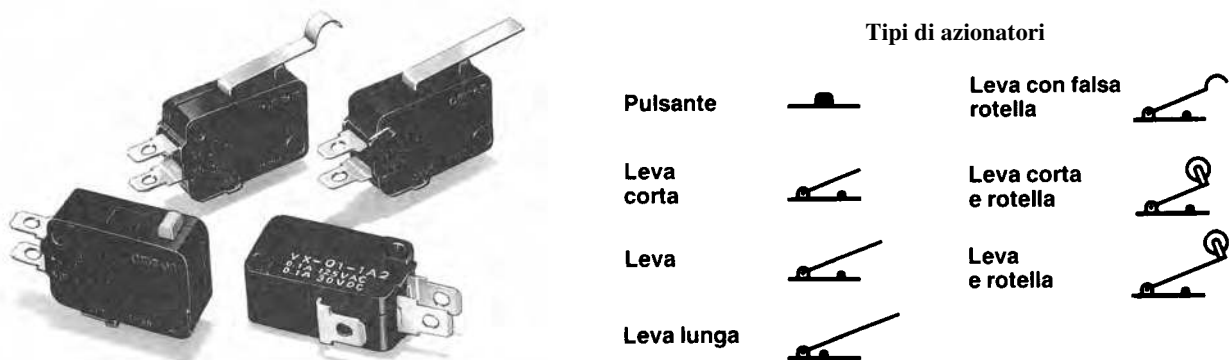


Fig. 6.108 - Esempi di microinterruttori (Omron).

Il funzionamento di queste apparecchiature si basa su di una barra oscillante, collegata al contatto mobile per mezzo di una molla. Azionando il pulsante, si determina lo spostamento della barra oscillante. In questo modo, è modificata la direzione in cui è esercitata la tensione della molla sulla barra e il contatto mobile passa così rapidamente (a scatto) da un contatto fisso all'altro.



Fig. 6.109 - Particolari costruttivi di microinterruttori: a) Tipo base - b) Tipo sigillato - c) Tipo a contatti sdoppiati - d) Tipo Bipolare (Omron).

I microinterruttori possono essere azionati mediante forze di scatto alquanto piccole, che variano da una decina di grammi a qualche kilogrammo.

In genere, la vita meccanica di questi microinterruttori è molto alta (da 10 a 20 milioni di manovre).

La vita elettrica, invece, dipende dalla natura del carico (resistivo, induttivo o capacitivo, 0,1 A-125 V AC, 0,1 A-30 V DC). In particolare, si possono verificare delle sovracorrenti transitorie nel caso il carico sia costituito da motori, lampade, solenoidi o condensatori durante la fase di carica, oppure si possono verificare dei fenomeni di sovratensione all'apertura dei contatti, nel caso che il carico sia di natura induttiva.

A seconda delle situazioni, è possibile limitare questi fenomeni inserendo vari circuiti di protezione, costituiti da gruppi RC (AC/DC), diodi (DC), VDR (AC/DC) o resistenze limitatrici, in modo simile a quanto spiegato nel paragrafo dedicato ai contattori.

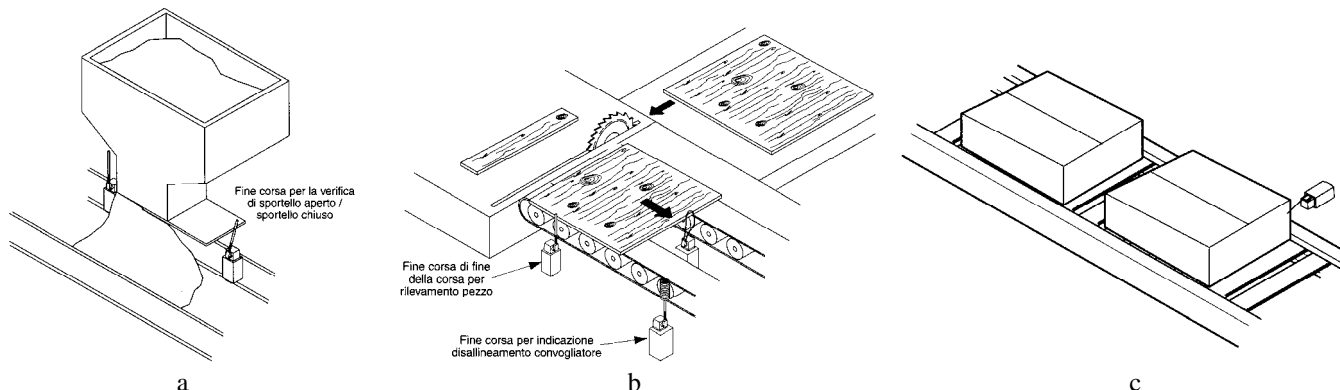


Fig. 6.110 - Esempi di applicazione: a) Verifica posizione di uno sportello - b) Verifica funzionamento di una macchina per la lavorazione del legno - c) Rilevamento e conteggio pezzi.

6.16 Interruttori di prossimità magnetici

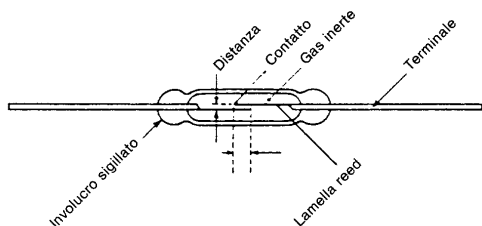
Gli interruttori di posizione meccanici sono apparecchiature che permettono il rilevamento di una posizione mediante il contatto fisico. Vediamo ora alcuni interruttori detti di prossimità, che consentono di effettuare la stessa operazione senza contatto diretto. Il primo interruttore che incontriamo è del tipo magnetico. È costituito da due parti: in una trova posto il contatto (unità di contatto), nell'altra è situato un magnete permanente (unità magnetica).

Il contatto è azionato avvicinando il magnete permanente all'unità di contatto; allontanando il magnete, il contatto riassume la posizione di riposo.

Per la realizzazione dell'unità di contatto, sono usate le ampolle reed, costituite da due o tre lamine piatte ed elastiche di materiale magnetico (ferro-nichel) e contenute in un bulbo di vetro riempito con un gas inerte.

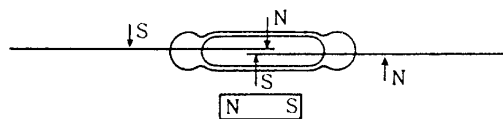
Nelle lamine sottoposte ad un campo magnetico si generano polarità opposte, provocando una forza di attrazione che le fa flettere l'una contro l'altra; in tal modo, si realizza un contatto elettrico.

Caratteristiche costruttive delle ampolle reed



Un'ampolla reed consiste in due lamelle flessibili di materiale magnetico, piatte e di bassa riluttanza, ermeticamente sigillate in un tubo di vetro, riempito di gas inerte. Tali lamelle sono posizionate in modo che le parti terminali si contrappongano l'una all'altra, senza toccarsi. Le lamelle si prolungano oltre l'involucro e sono placcate con un metallo altamente conduttivo, come il rodio o l'oro.

Principio di funzionamento delle ampolle reed



Le ampolle reed entrano in funzione con il manifestarsi di un campo magnetico, generato da un magnete permanente o da una bobina montata vicino o attorno all'ampolla reed. Quando l'ampolla reed è influenzata da un campo magnetico, le estremità delle lamelle assumono una polarità magnetica di segno opposto. Al raggiungimento di una sufficiente intensità del campo magnetico, la forza di attrazione degli opposti poli vince la rigidità delle lamelle, flettendole l'una verso l'altra e causando il contatto. Alla cessazione dell'influsso del campo magnetico esterno, per effetto dell'elasticità del materiale delle lamelle, si ha la separazione del contatto e il ripristino della situazione iniziale (di riposo). L'operazione può essere ripetuta milioni di volte anche ad altissime frequenze.

Caratteristiche principali. Sigillatura ermetica - la sigillatura ermetica dei contatti in atmosfera di gas inerte li protegge dalla polvere, dalla corrosione e dall'ossidazione. **Bassa e stabile resistenza di contatto** - le ampolle hanno una resistenza di contatto nell'ordine dei milliohm che non è soggetta alla temperatura; sono quindi ideali per applicazioni di misura a basso livello di segnale. **Lunga vita** - le ampolle reed non hanno parti in movimento o striscianti come i normali interruttori; di conseguenza, hanno una vita meccanica senza limiti. **Velocità di funzionamento** - la velocità di intervento è più elevata di quella dei relè convenzionali, permettendone l'uso in applicazioni con alte velocità di commutazione. **Compatte e leggere** - le ampolle reed possono essere montate in spazi estremamente ridotti, risultando ideali per applicazioni in apparecchiature miniaturizzate.

Fig. 6.111 - Caratteristiche costruttive e principio di funzionamento delle ampolle reed.

Le principali funzioni ottenibili con gli interruttori di posizione magnetici sono la funzione NO e NC. Nella funzione NO il contatto è normalmente aperto, quando il magnete di azionamento è ad una distanza tale da non riuscire ad influenzarlo; si chiude, invece, quando il magnete si avvicina al punto da polarizzarlo. Nella funzione NC, il contatto risulta già chiuso; l'avvicinarsi del magnete determina l'annullamento del campo magnetico, che tiene chiuse le lamine, provocando l'apertura del contatto.

Esistono, infine, la funzione di scambio e la funzione bistabile: la prima contiene sia la funzione NO sia quella NC per cui, all'avvicinarsi o all'allontanarsi del magnete di azionamento, il contatto commuta dalla condizione di riposo a quella di lavoro e viceversa; la seconda apre o chiude un contatto premagnetizzato all'avvicinarsi del magnete. In particolare, se le polarità sono concordi, il contatto si chiude e rimane chiuso, anche se il magnete è allontanato, ed è possibile riaprirlo avvicinando il magnete con polarità contraria.

Data la semplicità del contatto, la vita meccanica è molto elevata e può arrivare a circa 3 miliardi di manovre.

Di particolare importanza per il funzionamento di questi interruttori è il valore del campo magnetico dell'unità magnetica, che può essere influenzato dalla temperatura. Infatti, l'intensità del campo risulta inversamente proporzionale, anche se in modo non lineare, al valore della temperatura ambiente. Sulle unità magnetiche è riportato il valore massimo della temperatura ambiente (per esempio, 150 °C).

Normalmente, per una variazione di temperatura nell'ordine ± 20 °C, il punto di comando si sposta di circa $\pm 0,05$ mm, assicurando comunque all'interruttore caratteristiche di ripetibilità sempre molto elevate.

Questo tipo di interruttore di posizione, rispetto agli interruttori meccanici, offre i seguenti vantaggi: protezione del contatto dalla polvere o dall'umidità (normalmente il grado di protezione è IP65), semplicità di azionamento, elevata frequenza di commutazione (fino a 1000 interruzioni al secondo), lunga vita operativa del contatto, assenza di manutenzione e ridotto ingombro.



a



b

L'unità magnetica, codificata e parzialmente schermata, funziona da attuatore ed è l'unica in grado di azionare il sensore.

Un magnete permanente convenzionale, infatti, non sarebbe in grado di azionare l'ampolla reed (protezione contro la neutralizzazione).

All'interno dell'interruttore di sicurezza si trovano sempre due o più contatti NC o NO, collegati in modo da avere in uscita uno o due canali separati (duplicazione o ridondanza, protezione contro i guasti determinati da una stessa causa).

Si noti, inoltre, che le frecce indicano la direzione e il verso di azionamento.

Fig. 6.112 - a) Interruttori di posizione magnetici con contatto reed e relativi magneti di comando - b) Interruttori di posizione magnetici di sicurezza con contatto reed e relativi magneti di comando (TE).

Questi interruttori sono particolarmente sensibili ai sovraccarichi e ai cortocircuiti e vanno soggetti al fenomeno della saldatura dei contatti. Inoltre, quando la velocità di apertura del contatto è bassa con alcuni tipi di carico (induttivi), si possono generare alti valori di tensione sul contatto (sovratensioni) con conseguenti archi elettrici.

Tutto questo determina una riduzione della vita utile di questi interruttori di posizione; è opportuno perciò prevedere adeguate protezioni, come resistenze limitatrici di corrente (sovraccarico o cortocircuito), oppure un gruppo RC, un diodo o un VDR (sovratensioni). In alcuni casi, queste protezioni sono contenute all'interno dell'unità di contatto insieme ad una spia LED, che indica quando il contatto è azionato e che è particolarmente utile in fase di messa a punto dell'impianto.

Tipo di lavoro	Monostabile	Monostabile	Monostabile
Funzionamento	In chiusura	Scambio	In chiusura
Materiale di contatto	Rodio	Tungsteno	Rodio
Potenza di comando max.	10 W	40 VA	100 W
Corrente di comando max.	0,5 A	1 A	3 A
Tensione di comando max.	200 V	250 V	400 V
Frequenza di comando	500 Hz	200 Hz	200 Hz
Temperatura di lavoro	-10 °C ÷ +80 °C	-10 °C ÷ +80 °C	-10 °C ÷ +80 °C
Tipo di collegamento	Cavo di 1 m, 2 x 0,5 mm ²	Cavo di 1 m, 3 x 0,75 mm ²	Con connettore
Custodia	Ottone oppure PVC	Ottone	Ottone
Protezione	IP65	IP65	IP65

Tab. 6.25 - Caratteristiche di alcuni tipi di interruttori di posizione magnetici con contatti reed (TE).

È opportuno utilizzare le unità magnetiche previste per un determinato interruttore, in modo da consentire un sicuro azionamento ed evitare che un eccessivo campo magnetico possa determinare delle deformazioni alle lamine.

Questi interruttori possono lavorare in qualsiasi posizione. Occorre solo prendere qualche precauzione, fissando gli interruttori su gomma elastica per proteggerli dalle vibrazioni e montandoli in modo sporgente, facendo attenzione a staccarli di almeno 20÷30 mm dai materiali ferromagnetici, per evitare la dispersione magnetica.

Una tipica applicazione di questi interruttori si ha nel campo della pneumatica, quando occorre individuare, nei cilindri pneumatici, l'esatta posizione del pistone. Per questo scopo, essi sono fissati sulla parte esterna del cilindro e sono azionati dal magnete permanente montato all'interno del cilindro (sul pistone).

Sul mercato sono presenti cilindri, magnetici e non, esteticamente identici; i costruttori identificano perciò i due tipi mediante appositi codici o targhette identificatrici.

L'uso di questi interruttori facilita il controllo della posizione del pistone, in quanto evita il montaggio esterno di interruttori di posizione meccanici.

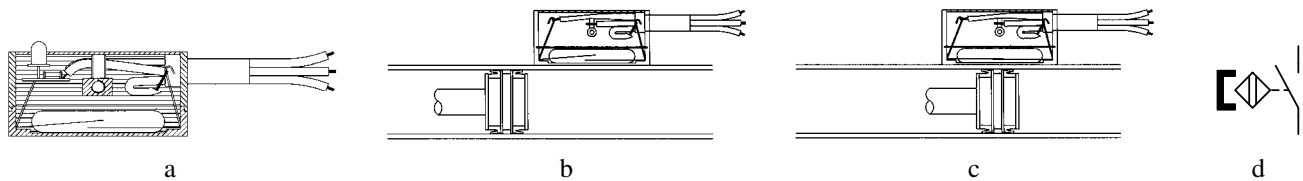


Fig. 6.113 - a) Interruttore di posizione magnetico con contatto reed con diodo LED di segnalazione - b) Interruttore non azionato - c) Interruttore azionato - d) Segno grafico di un interruttore di posizione magnetico (Pneumax).

Il campo magnetico, che segue il movimento del pistone, è utilizzato per attuare i controlli delle posizioni terminali o intermedie del pistone stesso e per dare il consenso all'inversione del suo movimento o al proseguimento delle fasi successive del ciclo.

Il cilindro deve essere costruito con materiale amagnetico, affinché il campo magnetico non abbia interferenze; normalmente sono impiegati: per la camicia, l'ottone, l'alluminio e l'acciaio inossidabile; per il pistone, l'alluminio; per lo stelo, l'acciaio inossidabile; per le testate, l'alluminio.

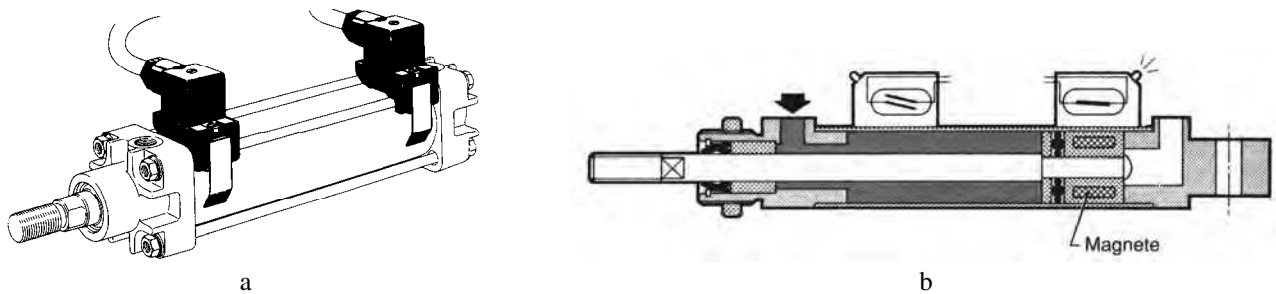


Fig. 6.114 - a) Cilindro a doppio effetto con tiranti in acciaio per finecorsa magnetici - b) Cilindro a doppio effetto per finecorsa magnetici. Sui cilindri è in genere possibile montare uno o più interruttori di posizione, magnetici o elettronici, fissati al cilindro. Essi consentono di rilevare sia le posizioni di finecorsa sia le posizioni intermedie del pistone. La freccia indica la direzione del flusso di aria compressa nella camera negativa (JOUOMATIC).

Il campo magnetico si sviluppa all'esterno della camicia del cilindro, che è realizzata in materiale diamagnetico.

All'esterno, sono montati successivamente gli interruttori di posizione magnetici, in modo che, quando il magnete è lontano, il contatto è aperto e, quando il pistone è in corrispondenza dell'interruttore, questo si chiude.

Esistono anche interruttori che eseguono la funzione complementare, che sono cioè normalmente chiusi, e che, quando sono azionati dal campo magnetico, aprono il circuito elettrico. Per facilitare l'esame dello stato del contatto, questi interruttori sono normalmente forniti di un diodo luminoso LED.

Questi interruttori sono commercializzati sia nella versione con i dispositivi antidisturbo incorporati (v. fig. 6.115b) sia nella versione che non li prevede; in quest'ultimo caso, i costruttori consigliano di utilizzare i circuiti soppressori di picchi di tensione, facenti uso di diodi in DC, oppure, se il carico è un'elettrovalvola o un relè, gruppi RC o VDR in DC o AC.

Quando si collegano lampade ad incandescenza, al momento dell'accensione, la corrente (e, quindi, la potenza) può assumere anche 10 volte il valore nominale; in questi casi, è bene utilizzare dei diodi LED.

Nel collegare questi interruttori, è necessario assicurarsi che il carico (elettrovalvola, lampadina, relè, PLC, ecc.) sia collegato in serie. Non si devono mai superare i valori della corrente, della tensione e della potenza massima

commutabile e, a questo proposito, è bene controllare le tabelle (v. fig. 6.115c) o i grafici (v. fig. 6.120a) riportati sui cataloghi. Questi accorgimenti, se non osservati, possono portare alla messa fuori uso dell'interruttore.

Occorre mantenere un margine di sicurezza del 30% rispetto ai dati di targa per la corrente e la potenza massima commutabile.

Quando si monta un interruttore, di qualunque tipo esso sia, in una posizione molto distante dal carico (per esempio, a 20÷30 m) e con tensioni oltre 100 V, la sua vita elettrica si accorcia sensibilmente. Infatti, il cavo stesso si comporta come un carico capacitivo: più è lungo e più il valore della capacità è grande. In questo caso, si deve aggiungere una resistenza in serie, il più vicino possibile all'interruttore, per ridurre gli effetti capacitivi della linea (orientativamente 1000 Ω per 110÷130 V e 2000 Ω per 200÷240 V). Gli interruttori con LED devono essere collegati con le polarità secondo quanto indicato dai costruttori; in caso contrario, il LED non si accende.

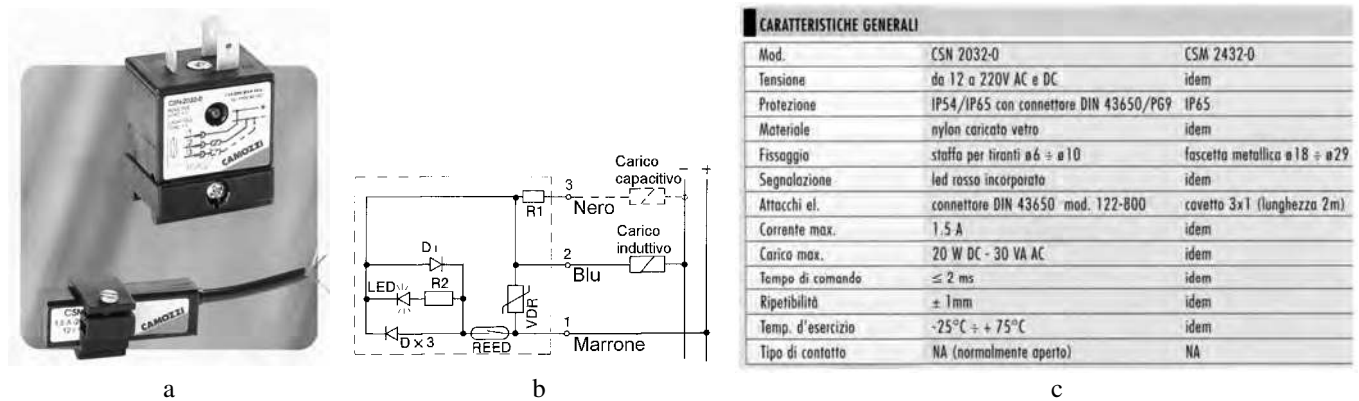


Fig. 6.115 - a) Interruttori di posizione magnetici con contatti reed per il montaggio su cilindri pneumatici - **b)** Schema di collegamento. Si noti il varistore VDR del circuito di protezione contro le sovratensioni in presenza di carichi induttivi, il diodo LED che segnala quando il contatto normalmente aperto (NO), con il suo resistore limitatore R2, è azionato, nonché il resistore R1 di protezione contro le sovracorrenti transitorie in presenza di carichi capacitivi (per esempio, PLC) - **c)** Caratteristiche generali (Camozzi).

Questi interruttori sono fissati ai cilindri in vari modi, a seconda della forma costruttiva del cilindro stesso; come è mostrato nella fig. 6.116, è possibile il montaggio mediante una fascetta, oppure mediante l'uso di una apposita staffa su guida, su tirante o, infine, direttamente sul corpo del cilindro.

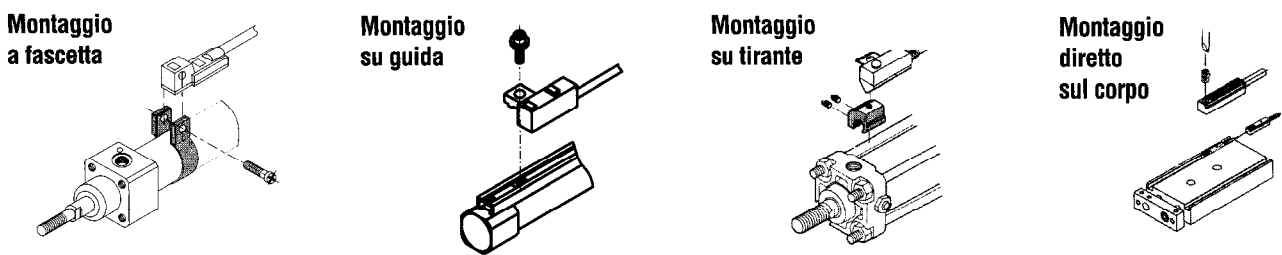


Fig. 6.116 - Sistemi di montaggio degli interruttori di posizione magnetici sui cilindri pneumatici.



Fig. 6.117 - Interruttori di posizione magnetici e relativo montaggio sui cilindri pneumatici (Pneumax).

Per evitare dannose interferenze, è opportuno mantenere una distanza di sicurezza di almeno 50 mm tra l'interruttore e un'altra fonte di campo magnetico (motori elettrici, altri cilindri pneumatici, magneti permanenti, ecc.).

Grossi corpi di materiali ferromagnetici (per esempio, le viti di fissaggio in ferro) possono modificare considerevolmente la direzione e l'intensità del campo magnetico. L'accumulo di trucioli di ferro di grosse dimensioni può influire sul corretto funzionamento dell'interruttore.

Quando gli interruttori di posizione che sfruttano un'ampolla reed sono utilizzati alle estremità del cilindro, la velocità del pistone non è un problema; se, invece, l'interruttore deve segnalare il passaggio del pistone magnetico in una posizione qualsiasi della corsa e il pistone è veloce, è possibile che l'interruttore non riesca ad attivarsi e, quindi, non riesca ad inviare il segnale all'elettrovalvola o al PLC (10÷20 ms). Mentre il tempo di chiusura di un interruttore magnetico con ampolla reed è di circa 2 ms, i tipi elettronici che sfruttano l'effetto Hall impiegano solo 0,001 ms ad attivarsi. Inoltre, avendo un funzionamento meccanico, hanno una vita operativa inferiore ai tipi completamente elettronici (statici) che sfruttano l'effetto Hall e che, tra l'altro, riescono a catturare il segnale anche con passaggi del pistone molto veloci.

Questi interruttori elettronici sono realizzati mediante l'uso di una piastrina di materiale semiconduttore (silicio o arseniuro di gallio) che è fatta percorrere da una corrente I . Quando la piastrina si trova immersa in un campo magnetico trasversale, gli elettroni della corrente che l'attraversano subiscono una deviazione laterale, determinando, ai bordi perpendicolari al flusso di corrente, una differenza di potenziale U proporzionale al valore di induzione magnetica B (v. fig. 6.118) e a quello della corrente longitudinale I .

Il sensore ad effetto Hall, nelle applicazioni pratiche (per esempio, è impiegato per rilevare la posizione di un pezzo di ferro all'interno di una condotta non magnetica), è immerso in un campo magnetico, creato da un magnete permanente, e rileva l'approssimarsi del pezzo di ferro per via dell'influsso che questo esercita sull'andamento di detto campo magnetico.

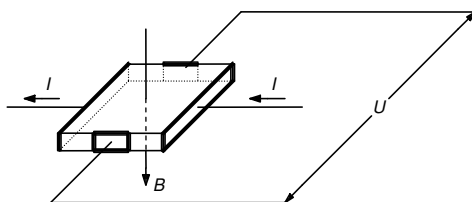


Fig. 6.118 - Principio di funzionamento di un sensore ad effetto Hall.

Nel caso degli interruttori di posizione magnetici ad effetto Hall, il funzionamento è completamente elettronico.

I sensori ad effetto Hall hanno una vita elettrica molto elevata, ma sopportano una tensione di lavoro fino a 30 V solo in DC, contrariamente ai tipi con ampolla reed che possono funzionare con tensioni di lavoro fino a 110 V sia in AC sia in DC. I modelli commerciali possono essere esternamente identici (v. fig. 6.119) e inseriti nello stesso involucro stagno (IP67) e isolante (corpo in plastica e resina epossidica).

Questi sensori, che in genere sono di piccole dimensioni, hanno la peculiarità di essere integrati, in alcuni casi, in modo molto compatto nei profili dei cilindri; con pochi modelli (per esempio, due) completi dei relativi accessori, è possibile coprire un'intera gamma di cilindri. I modelli più moderni sono caratterizzati da attacchi elettrici precablati con connettore M8 (v. fig. 6.119a), che riduce i tempi di collegamento e facilita il cablaggio.



a

CARATTERISTICHE GENERALI			
Mod.	CST-220 CSV-220	CST-232 CSV-232	CST-332 CSV-332
	CST-250 CSV-250	CST-262 CSV-262	CST-362 CSV-362
Funzionamento	Contatto Reed		Effetto Hall
Tipo di uscita	-		PNP
Tensione	10-110 V AC/DC	5-30 V AC/DC	10-27 V DC
Grado di protezione	IP 67		
Materiale	corpo in plastica annegato in resina epossidica, cavo PVC, PUR		
Fissaggio	direttamente nella cava del cilindro mediante adattatori (solo CST)		
Segnalazione	Mediante diodo LED giallo		
Atacchi elettrici	Cavetto 2x0,14 (2m)	Cavetto 3x0,14 (2m)	
	Connettore M8 (0,3 m)	Connettore M8 (0,3 m)	
Corrente max.	250 mA induttivi		
Carico max.	8 W, 10 VA		6 W
Protezioni	nessuna	contro l'inversione di polarità	contro l'inversione di polarità, contro le sovratensioni del carico
Tempo di commutazione	<1,8 ms		<1 ms
Temperatura di esercizio	-10°C ÷ 80°C		
Tipo di contatto	N.A.		
Vita elettrica	10 ⁷ cicli		10 ⁸ cicli

b

Fig. 6.119 - a) Esempi di interruttori di posizione magnetici con contatti reed ed elettronici ad effetto Hall per il montaggio su cilindri pneumatici, tipo CST - b) Caratteristiche generali (Camozzi).

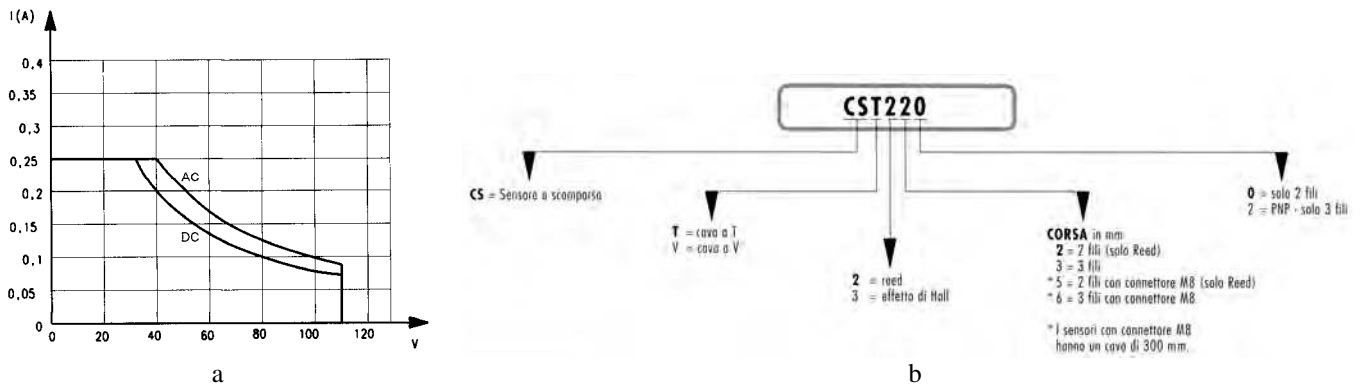


Fig. 6.120 - a) Esempio di curve corrente-tensione degli interruttori con contatti reed tipo CST, in AC e DC - **b)** Esempio di codifica di interruttori magnetici per cilindri pneumatici, tipo CST (Camozzi).

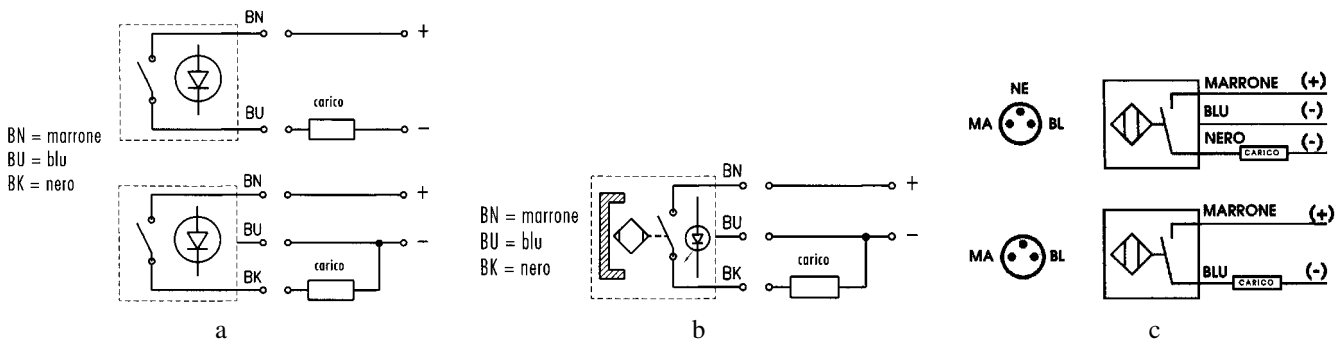


Fig. 6.121 - a) Esempio dei collegamenti elettrici degli interruttori magnetici a scomparsa CST: **a)** Tipo con ampolla reed ($10 \div 110$ V AC/DC, 0,25 A con carico ohmico, 0,25 A con carico ohmico-induttivo; $5 \div 30$ V AC/DC, 0,5 A con carico ohmico, 0,25 A con carico ohmico-induttivo) - **b)** Tipo ad effetto Hall - **c)** Collegamento con il connettore M8. Nei modelli a tre fili di tipo reed, non si deve collegare il cavo nero a quello blu e a nessun polo dell'alimentazione. È possibile il collegamento in serie di più interruttori. Nei modelli a due fili, occorre assicurarsi che il carico sia sempre collegato ed evitare il collegamento in serie di più interruttori (Camozzi).

I costruttori tendono sempre più a miniaturizzare e standardizzare gli interruttori, al fine di avere pochi tipi da utilizzare su tutti i cilindri della propria gamma mediante appositi adattatori.

Per esempio, è possibile fissare il sensore ad uno dei tiranti o al profilo, come mostrato nella fig. 6.122a e nella fig. 6.122b. In questo caso, occorre inserire l'interruttore nell'apposita cava dell'adattatore e fissarla con il grano; quindi si deve trascinare l'adattatore, mantenendo la sede dell'interruttore a contatto con il tubo del cilindro, fino ad individuare la posizione corretta per la rivelazione (v. fig. 6.123c). Infine, occorre fissare il sensore al tirante o al profilo tramite l'apposita vite.

Per il montaggio su cilindri aventi una camicia circolare (v. fig. 6.122c), si può utilizzare una fascetta metallica, di diametro opportuno e chiusa mediante l'apposita vite. Prima di stringerla completamente, bisogna inserire, per prima cosa, l'adattatore e, quindi, l'interruttore nell'adattatore. La fascetta metallica deve essere serrata in modo che l'interruttore sia già il più vicino possibile alla posizione corretta per la rilevazione. È possibile un aggiustamento più preciso spostando solo il sensore nell'adattatore, prima di fissarlo con il grano. Si consiglia di fissare l'interruttore in battuta nell'adattatore. Occorre prestare attenzione a non chiudere con troppa forza la fascetta, altrimenti si potrebbe danneggiare sia la camicia sia l'interruttore (coppia massima di serraggio = 1 Nm).

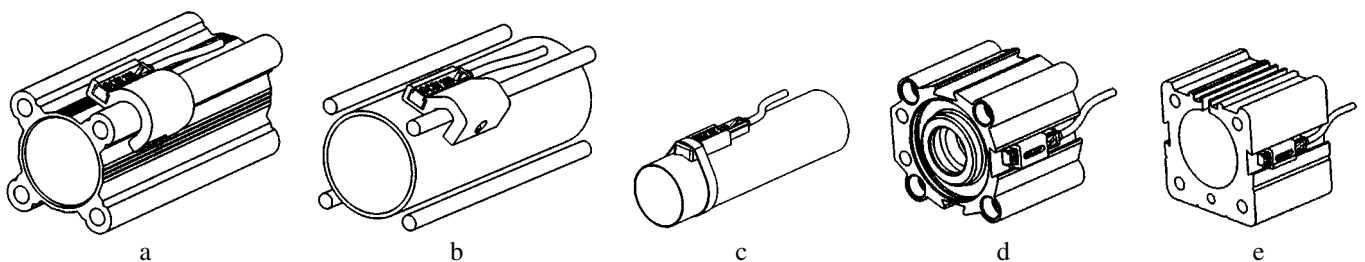


Fig. 6.122 - Esempi di adattatori per il montaggio degli interruttori magnetici a scomparsa tipo CST su cilindri di vario tipo (Camozzi).

Nel caso di cilindri a corsa breve dotati di scanalatura (v. fig. 6.122d e fig. 6.122e), gli interruttori possono essere inseriti mediante l'adattatore nella cava da uno dei due estremi del cilindro. Bisogna trascinare interruttore e adattatore lungo la cava, fino alla posizione che si vuole rilevare, quindi avvitare il grano.

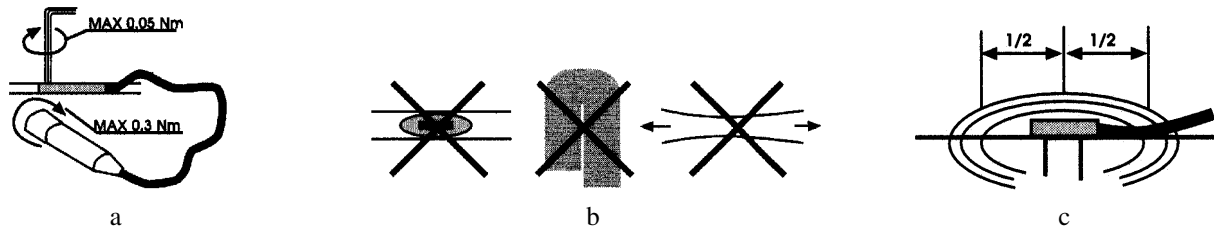


Fig. 6.123 - Istruzioni operative per il montaggio: a) Nella fase di fissaggio dell'interruttore all'interno della cava del cilindro e nella connessione elettrica, tramite connettore circolare M, fare attenzione a non superare le coppie di serraggio indicate dal costruttore - b) Evitare le spellature lungo il cavo, le pieghe a 180° e lo stiramento del cavetto - c) Messa in funzione: alimentare l'interruttore e collocare il pistone nella posizione che si vuole rilevare. Spostare l'interruttore nella cava del cilindro, fino a che non rileva il segnale. Proseguire fino a quando il segnale scompare. Fissare l'interruttore nella posizione centrale rispetto alle due posizioni rilevate (Camozzi).

6.17 Introduzione agli interruttori di prossimità induttivi, capacitivi, a ultrasuoni e fotoelettrici

Prima di iniziare la descrizione dei vari tipi di interruttori di prossimità, vale la pena fare alcune considerazioni generali valide per tutte le tipologie.

Innanzitutto, gli interruttori di prossimità devono essere alimentati da una sorgente di alimentazione stabile e priva di disturbi (il disturbo, in questo caso, è l'energia non desiderata indotta nei circuiti elettrici da altri dispositivi o da campi elettrici e magnetici). Normalmente, questa necessità porta a scegliere una linea isolata o un'alimentazione separata, in modo da fornire potenza ai sensori, rimanendo abbondantemente entro i valori nominali di tale alimentazione. Allo stesso tempo, è buona norma scegliere interruttori con un certo grado di protezione contro situazioni anomale nella linea di alimentazione, come i cortocircuiti e i sovraccarichi.

Gli interruttori di prossimità sono normalmente disponibili con quattro tensioni di alimentazione: 12 e 24 V DC, 115/120 V AC e 230/240 V AC. Possono però funzionare normalmente con i seguenti campi di tensione: 10÷30 V DC, 20÷130 V AC, 90÷250 V AC e 20÷250 V AC/DC.

Mentre gli interruttori funzionanti in AC possono ricevere l'alimentazione direttamente dalla linea di alimentazione mediante un trasformatore, quelli funzionanti in DC richiedono un apposito alimentatore, che isoli l'alimentazione in DC dalla linea in AC.

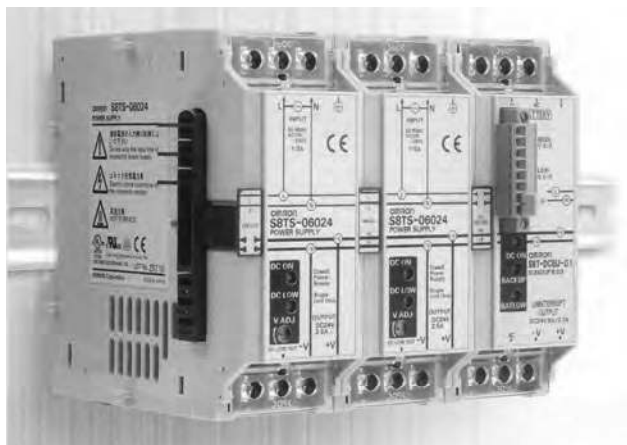


Fig. 6.124 - Esempio di alimentatore modulare S8TS per l'alimentazione di interruttori di prossimità, PLC e carichi funzionanti in corrente continua. L'alimentatore è protetto contro i sovraccarichi e i cortocircuiti nonché contro le sovratensioni, è dotato di una spia LED e di un'uscita che segnalano una tensione di uscita in DC troppo bassa (Omron).

Che si tratti di un trasformatore o di un alimentatore, la prassi corretta impone che l'alimentazione del sensore sia fornita da una sorgente separata e filtrata e che la linea sia protetta contro le sovracorrenti (per esempio, fusibili).

Questi alimentatori per interruttori di prossimità e PLC sono caratterizzati da un sistema modulare di collegamento. In caso di guasto, la potenza richiesta è divisa tra le rimanenti unità fino alla sostituzione del modulo difettoso (localizzabile tramite lo stato della spia LED).

La realizzazione di questo tipo di ridondanza accresce l'affidabilità del sistema ed è indispensabile negli impianti con un ciclo di produzione continuo, dove un'interruzione dell'alimentazione elettrica può bloccare un intero processo. Un'unità di backup a batteria (collegabile all'ultimo modulo in figura) consente di garantire un'alimentazione continua, anche in presenza di un'interruzione dell'energia elettrica.

Sono disponibili modelli con uscite a 5, 12 e 24 V DC; i moduli possono essere connessi in modo da formare un alimentatore con una corrente di uscita da 2,5, 5, 7,5 e 10 A (potenza massima 240 W), con una tensione di uscita di 12 o 24 V DC. Grazie alle dimensioni standard e al montaggio su guida DIN, il montaggio risulta particolarmente semplice. Le unità accettano una tensione di ingresso tra 85 e 264 V AC (da 47 a 63 Hz), rendendo idoneo l'utilizzo di queste apparecchiature sulle reti di molti Paesi (esportazione di macchine e impianti).

Tale configurazione si rivela utile per la protezione dell'alimentatore e del cablaggio, ma pressoché nulla per i sensori e i dispositivi a stato solido del circuito.

Nemmeno i fusibili ad intervento rapido e la maggior parte dei circuiti elettronici a limitazione di corrente non sono sufficientemente rapidi per proteggere l'interruttore dal **cortocircuito/sovraccarico** (ovvero la corrente assume un valore eccessivo a causa di un guasto) e dall'**inversione delle polarità** (quando i conduttori positivo e negativo non sono stati collegati ai rispettivi terminali). Se si prevede il verificarsi delle suddette condizioni, è opportuno scegliere un interruttore dotato di protezione dall'inversione di polarità, dal cortocircuito e dal sovraccarico. Gli interruttori hanno un assorbimento tipico che varia a seconda del tipo: per quelli induttivi è di 15 mA, per quelli capacitivi è di 15 mA, per quelli a ultrasuoni è di 70 mA e, infine, per quelli fotoelettrici è di 35 mA.

Le uscite degli interruttori di prossimità si suddividono in due tipi: **elettromeccaniche** e allo **stato solido**.

Le uscite elettromeccaniche sono caratterizzate dall'uso di un relè elettromeccanico, mentre quelle allo stato solido possono essere di tipo analogico. Se sono del tipo digitale, hanno come interruttore uno dei seguenti dispositivi: un transistor, un transistor ad effetto di campo (FET), un tiristore (SCR o Triac). Il tipo di uscita è normalmente scelto in base al dispositivo da interfacciare e alla varietà di uscite disponibili per l'interruttore scelto.

L'uscita elettromeccanica è realizzata con un relè elettromeccanico (monostabile). Tale dispositivo è realizzato mediante l'uso di una bobina: se alimentata, essa attrae un meccanismo che apre o chiude uno o più contatti; se è tolta l'alimentazione, i contatti ritornano, invece, nella posizione di riposo mediante una molla.

I contatti possono essere normalmente aperti (NO) o normalmente chiusi (NC) e, di solito, prevedono le seguenti configurazioni: unipolare a una via, unipolare a due vie (deviatore) e bipolare a due vie (doppio deviatore). In virtù dell'isolamento elettrico (isolamento galvanico) dalla sorgente di alimentazione e dall'assenza di corrente di dispersione (piccola corrente presente nei dispositivi allo stato solido quando il contatto è aperto), i relè di vari interruttori di prossimità possono essere collegati in serie e/o in parallelo per commutare carichi in AC o in DC.

Poiché i relè hanno un funzionamento meccanico, sono soggetti ad usura e, pertanto, hanno una vita utile di esercizio limitata. Inoltre, se i relè sono attraversati da un basso livello di corrente, l'ossidazione può danneggiare i contatti. I tempi di risposta dei relè sono generalmente di 15÷25 ms, molto superiori a quelli della maggior parte delle uscite allo stato solido.

Le uscite allo stato solido devono essere prese in considerazione per quelle applicazioni che richiedono frequenti commutazioni o commutazioni di basse tensioni e basse correnti.

Un'uscita allo stato solido non comprende alcun componente mobile.

I transistor sono i tipici dispositivi di uscita allo stato solido per sensori in DC a bassa tensione; composti da un chip di materiale semiconduttore (generalmente silicio), hanno tre terminali: la base (b), che è il terminale di comando, l'emettitore (e) e il collettore (c), a cui fa capo il contatto allo stato solido. Esistono due tipi standard di transistor: PNP e NPN. Per un'uscita con transistor PNP, il carico (*load*) deve essere collegato fra l'uscita dell'interruttore e il collegamento negativo (-) di alimentazione. Per un'uscita con un transistor NPN, il carico (*load*) deve essere collegato fra l'uscita dell'interruttore e il collegamento positivo (+) di alimentazione.

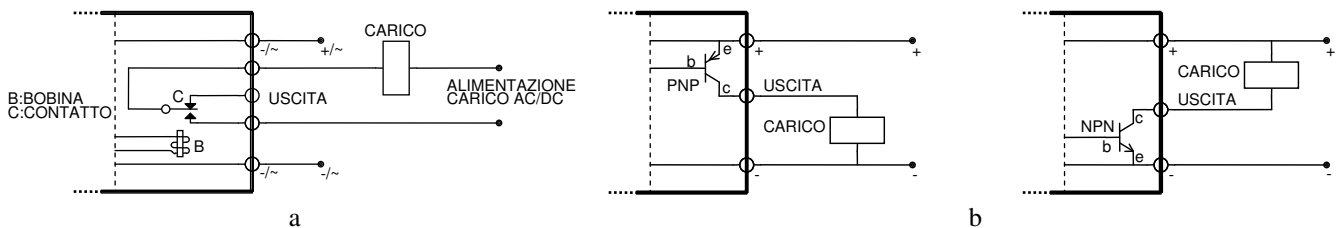


Fig. 6.125 - a) Esempio di interruttore di prossimità con uscita elettromeccanica a relè (commutazione AC/DC) - b) Esempio di interruttori di prossimità con uscita allo stato solido con transistor PNP (a sinistra) e NPN (a destra) (commutazione DC).

I transistor presentano una bassissima corrente di dispersione (misurata in microampere, μA) e una corrente di commutazione relativamente elevata (normalmente 100 mA), al fine di potersi interfacciare facilmente con la maggior parte dei carichi in DC. I tempi di risposta degli interruttori di prossimità con uscite a transistor variano da 2 ms a un minimo di 30 μs . Tuttavia, i transistor di tipo PNP o NPN sono in grado di commutare unicamente carichi in DC.

Il transistor FET (transistor a effetto di campo) è un dispositivo allo stato solido che, virtualmente, non presenta corrente di dispersione e che consente una rapida commutazione della corrente alternata o continua. Inoltre, tale transistor richiede solo una piccola intensità di corrente per cambiare stato (~ 30 mA).

La presenza dei FET rende più costosa l'uscita rispetto a quelle standard e richiede il collegamento in parallelo, come accade per i contatti elettromeccanici. Il transistor MOSFET (transistor ad ossido metallico a effetto di campo) assicura gli stessi vantaggi di bassa corrente di dispersione e di breve tempo di risposta di un transistor FET, ma

è dotato di un'elevata capacità di commutazione. Le uscite con questo transistor possono interrompere correnti fino a 500 mA sia in DC sia in AC.

I tiristori (SCR e Triac) sono dispositivi di uscita allo stato solido, previsti unicamente per la commutazione in AC (in altri termini, sono l'equivalente in AC di un transistor). In particolare, i Triac sono caratterizzati da un'elevata corrente di commutazione e da una bassa caduta di tensione e, per questo motivo, sono indicati per il collegamento a solenoidi di grandi dimensioni. I Triac presentano, però, una corrente di dispersione molto più elevata rispetto ai FET e ai MOSFET. Tale corrente può superare 1 mA, rendendo i Triac inadeguati come dispositivi di ingresso per i controllori logici programmabili (PLC) e per altri ingressi allo stato solido.

Per la maggior parte delle applicazioni, i MOSFET offrono le migliori caratteristiche di uscita.



Fig. 6.126 - Esempio di interruttori di prossimità con uscita allo stato solido con transistor MOSFET (commutazione AC/DC) e Triac (commutazione AC).

In commercio sono disponibili interruttori di prossimità con un'uscita analogica, in grado di fornire una corrente o una tensione proporzionale o inversamente proporzionale al segnale rilevato dall'interruttore.

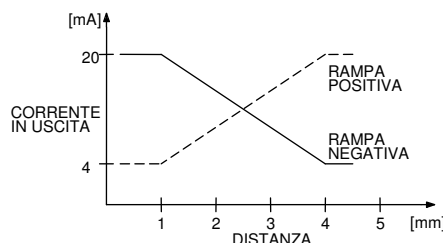


Fig. 6.127 - Esempio di diagramma della corrente in uscita da un interruttore di prossimità in funzione della distanza di rilevamento. Corrente di uscita da 4 a 20 mA, con la distanza che varia da 1 a 4 mm.

Poiché gli interruttori di prossimità consentono il rilevamento simultaneo di vari fattori, sono utilizzati occasionalmente in applicazioni a rilevamento discreto, nelle quali un interruttore deve svolgere diverse funzioni. Un esempio di tale impiego è rappresentato dal rilevamento e dalla selezione di confezioni di colore scuro e chiaro; un altro esempio può essere quello dell'identificazione di monete metalliche in una gettoniera per una macchina distributrice di bevande.

Tipo di uscita	Vantaggi	Svantaggi/limiti
Relè elettromeccanico <i>Commutazione in AC o in DC</i>	Uscita elettricamente isolata dall'alimentazione (isolamento galvanico). Facile collegamento in serie e/o parallelo delle uscite. Elevata corrente di commutazione.	Nessuna protezione possibile contro i cortocircuiti. Vita utile di esercizio limitata. Bassa velocità di commutazione.
Transistor PNP o NPN <i>Commutazione in DC</i>	Corrente di dispersione bassissima. Alta velocità di commutazione.	Commutazione in AC non consentita.
Transistor FET <i>Commutazione in AC e DC</i>	Corrente di dispersione bassissima. Brevi tempi di risposta.	Bassa corrente di uscita. Più costosi rispetto ai transistor PNP o NPN.
Transistor MOSFET <i>Commutazione in AC e DC</i>	Corrente di dispersione bassissima. Brevi tempi di risposta.	Corrente di uscita moderatamente alta (rispetto ai Triac). Più costosi rispetto ai transistor PNP o NPN.
Triac <i>Commutazione in AC</i>	Elevata corrente di uscita.	Limitate possibilità di protezione contro i cortocircuiti. Corrente di dispersione relativamente alta. Bassa velocità di commutazione. Scarsa attitudine ad interfacciarsi con PLC o ingressi allo stato solido.

Tab. 6.26 - Vantaggi e svantaggi delle uscite degli interruttori di prossimità.

Al fine di razionalizzare il montaggio degli impianti automatici, attraverso una riduzione dei cablaggi, sono sempre più diffusi gli interruttori di prossimità collegabili direttamente ad un bus di campo.

L'inserimento in un bus di campo collegato agli interruttori di prossimità e non (interruttori di posizione meccanici) consente di collegare gli interruttori direttamente ad una singola dorsale (cavo elettrico bifilare), la quale è poi interfacciata con il PLC.

Questi interruttori comprendono un chip di interfaccia bus/rete (circuito integrato) e un software, che ne consente l'alimentazione e che abilita la comunicazione su una linea comune. Il costo di questi componenti è solitamente più elevato, ma il cablaggio e la ricerca guasti risulta semplificata.

Gli interruttori di prossimità possono essere suddivisi in base alle loro configurazioni di cablaggio, le cui soluzioni più comuni sono quelle a due o tre fili.

I dispositivi a due fili sono destinati a essere collegati in serie con il carico, mentre, nella configurazione a tre fili, due dei tre conduttori forniscono l'alimentazione elettrica, mentre il terzo commuta il carico.

Entrambi i tipi di interruttori possono essere opportunamente collegati in serie o in parallelo, al fine di mantenere gli ingressi o realizzare una logica (AND, OR).

Gli interruttori a due fili sono i dispositivi più semplici da collegare, ma possono compromettere il rendimento dell'intero sistema. L'esigenza di essere alimentati dalla stessa linea che stanno commutando, combinata all'elevata caduta di tensione, limita normalmente a due il numero di dispositivi che, in pratica, può essere collegato.

Inoltre, poiché ogni dispositivo fornisce potenza a quelli successivi, il tempo di risposta è pari alla somma dei tempi di attivazione di ciascuno di essi.



Fig. 6.128 - Collegamento di interruttori di prossimità con uscita allo stato solido con due fili: a) In serie - b) In parallelo.

Per il cablaggio degli interruttori con uscite a relè, è opportuno separare il cablaggio di uscita da quello di alimentazione.

In entrambe le configurazioni, è possibile far correre i conduttori di alimentazione in parallelo e, quindi, collegare liberamente le uscite, secondo la configurazione desiderata (in serie, in parallelo o in serie-parallelo).

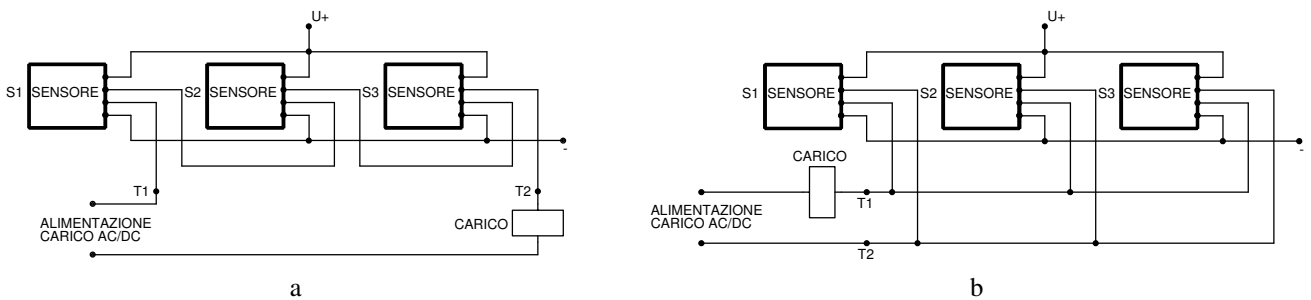


Fig. 6.129 - Collegamento di interruttori di prossimità con uscita a relè: a) In serie - b) In parallelo.

Gli interruttori con uscite a transistor NPN o PNP sono direttamente collegabili in parallelo. La bassa corrente di dispersione delle uscite dei transistor consente di collegare insieme un certo numero di dispositivi, prima che nascano dei problemi. I dispositivi devono avere tutti la stessa configurazione di uscita, vale a dire che, per esempio, devono avere tutti l'uscita tipo PNP.

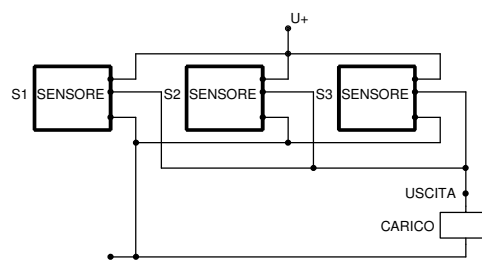


Fig. 6.130 - Collegamento in parallelo di interruttori di prossimità con uscita allo stato solido.

Per il collegamento in serie di dispositivi con uscita a transistor PNP a tre fili, occorre che ogni dispositivo fornisca la potenza a quello successivo e che l'ultimo della catena la fornisca al carico.

Poiché ogni dispositivo alimenta quello a valle, il tempo di risposta è dato dalla somma dei tempi di attivazione degli interruttori, alla quale deve essere sommato il tempo di risposta del primo interruttore.

L'uscita di ogni sensore deve essere in grado di erogare il valore della corrente massima del carico dei sensori a valle, più la corrente del carico. Al fine di ovviare alla capacità interna di alimentazione dei sensori a valle, occorre installare, a volte, una resistenza con un basso valore (per esempio, 10 Ω), in serie con ciascuno di essi. Analoghe considerazioni, rispettando ovviamente le polarità, valgono anche per gli interruttori con uscita tipo NPN.



Fig. 6.131 - Collegamento in serie di interruttori di prossimità con uscita allo stato solido: a) Tipo PNP - b) Tipo NPN.

Gli interruttori di prossimità possono incorporare alcune funzioni speciali avanzate, altrimenti disponibili in moduli separati. Gli interruttori fotoelettrici, per esempio, occupano un posto particolare fra i rilevatori di presenza con particolari funzioni avanzate; altri sensori, invece, sono realizzati per applicazioni specializzate, come il rilevamento di movimento o la velocità zero.

- 1) Tra le funzioni speciali disponibili per gli interruttori di prossimità, è possibile trovare il ritardo all'inserzione e alla disinserzione (con tempi variabili da meno di 1 s a più di 10 s). La prima funzione ritarda l'attivazione dell'uscita dopo il rilevamento dell'oggetto, mentre la seconda funzione ritarda la disattivazione dell'uscita, una volta cessato il rilevamento dell'oggetto. Alcuni interruttori ad alta velocità (con un tempo inferiore a 1 ms) contengono un temporizzatore selezionabile per un ritardo di 50 ms. Questa funzione si rivela utile quando occorre allungare il tempo di risposta alla disinserzione, per consentire al sistema di controllo (PLC), meno rapido nel rispondere al movimento di materiali ad alta velocità, di acquisire il segnale.
- 2) La funzione che determina la formazione d'impulso fornisce un'uscita composta da un unico impulso, indipendentemente dalla velocità alla quale si muove l'oggetto che passa davanti all'interruttore; in genere, la lunghezza dell'impulso può essere regolata. Questa funzione si rivela utile sia nelle applicazioni ad alta velocità sia in quelle a bassa velocità. Nelle applicazioni ad alta velocità, ogni volta che un oggetto passa davanti all'interruttore, esso produce un impulso sufficientemente lungo per consentire l'acquisizione del segnale da parte della logica di controllo. Nelle operazioni a bassa velocità, ogni volta che un oggetto passa davanti all'interruttore, esso fornisce un impulso breve, in modo da attivare un'elettrovalvola, un relè o altro, che fornisce, a sua volta, un segnale con un fronte di salita o di discesa, indipendentemente dalla lunghezza dell'oggetto.
- 3) La logica di rilevamento assicura la capacità di rilevare il movimento continuo di oggetti. L'interruttore fornisce, infatti, un'uscita nel caso in cui non rilevi lo spostamento di oggetti in successione, entro un ritardo regolabile. Tale funzione si rivela utile nell'individuazione di inceppamenti o vuoti in applicazioni riguardanti la movimentazione di materiale.

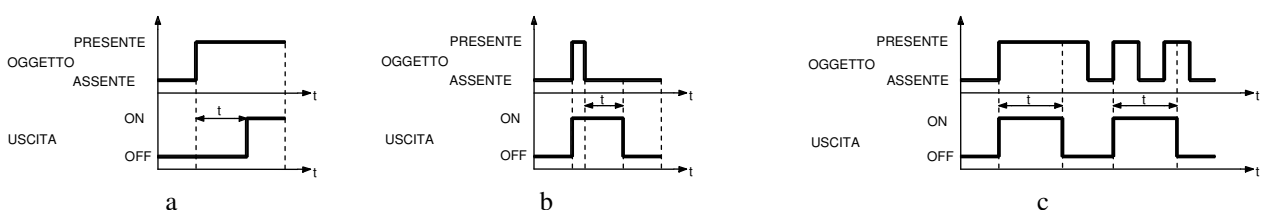


Fig. 6.132 - Funzioni speciali degli interruttori di prossimità: a) Ritardo all'inserzione - b) Ritardo alla disinserzione - c) Sincronizzazione a formazione d'impulso. Il tempo t è normalmente regolabile dall'utente.

6.18 Interruttori di prossimità induttivi

Oltre agli interruttori di prossimità magnetici, altri dispositivi, azionati senza un contatto fisico, sono disponibili in commercio, seppur ad un costo generalmente più elevato. Si tratta degli interruttori, chiamati anche sensori, di prossimità induttivi, considerati dalle norme CEI 17-53. Ad un costo generalmente più alto rispetto agli interruttori di prossimità magnetici, possiamo trovare altri dispositivi che sono azionati senza un contatto fisico: sono gli interruttori, chiamati anche sensori, di posizione induttivi considerati dalle norme CEI 17-53.

Esistono in commercio altri interruttori (sensori) di prossimità sempre considerati dalle norme CEI 17-53, di tipo capacitivo, fotoelettrico o a ultrasuoni, che verranno esaminati successivamente.



Fig. 6.133 - a) Interruttori di prossimità induttivi (AECO) - b) Interruttori di prossimità a due fili (Omron) - c) Segno grafico secondo le norme CEI.

Questi dispositivi hanno caratteristiche intrinseche: sono privi di parti soggette ad usura meccanica; permettono di lavorare in condizioni ambientali difficili (per esempio, in presenza di polvere, di liquidi e di vibrazioni) e con elevate frequenze di commutazione (fino a 5000 Hz); il numero di manovre è praticamente illimitato. Queste caratteristiche permettono di risolvere problemi di automazione in modo ottimale rispetto alle normali soluzioni elettromeccaniche. Tra le possibili applicazioni degli interruttori di prossimità è bene ricordare il conteggio di oggetti in macchine selezionatrici, il posizionamento di parti meccaniche di macchine o di pezzi in lavorazione in processi automatici, il rilevamento di contenitori metallici nell'industria del confezionamento automatizzato di bevande e alimenti, il carico e lo scarico di macchine operatrici, i generatori di impulsi per il controllo del numero dei giri e della velocità di un motore e della macchina.

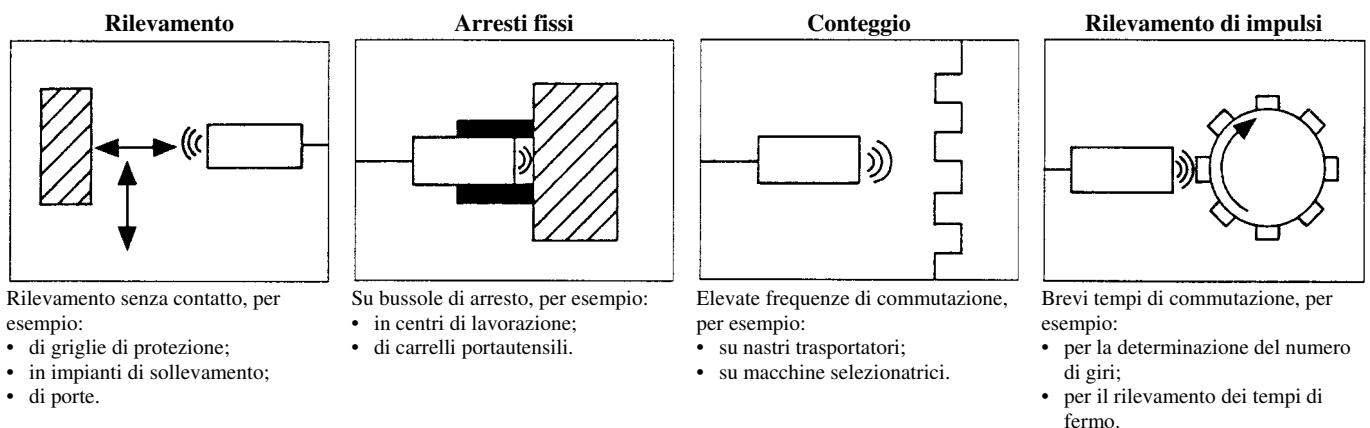


Fig. 6.134 - Esempi di impiego degli interruttori di prossimità.

Questi dispositivi assicurano, inoltre, un ottimo rendimento prestazionale in ambienti molto sporchi, poiché non risentono dell'accumulo di agenti contaminanti, quali polvere, grasso, olio o fuliggine, sulla superficie di rilevamento. Tali caratteristiche rendono la tecnologia induttiva la soluzione più idonea per applicazioni industriali in condizioni di utilizzo gravose. Questi moderni dispositivi, grazie alle caratteristiche degli speciali circuiti elettronici di cui sono dotati, possono lavorare in ambienti difficili anche dal punto di vista della temperatura di funzionamento (-40÷+85 °C) e in presenza di disturbi elettrici.

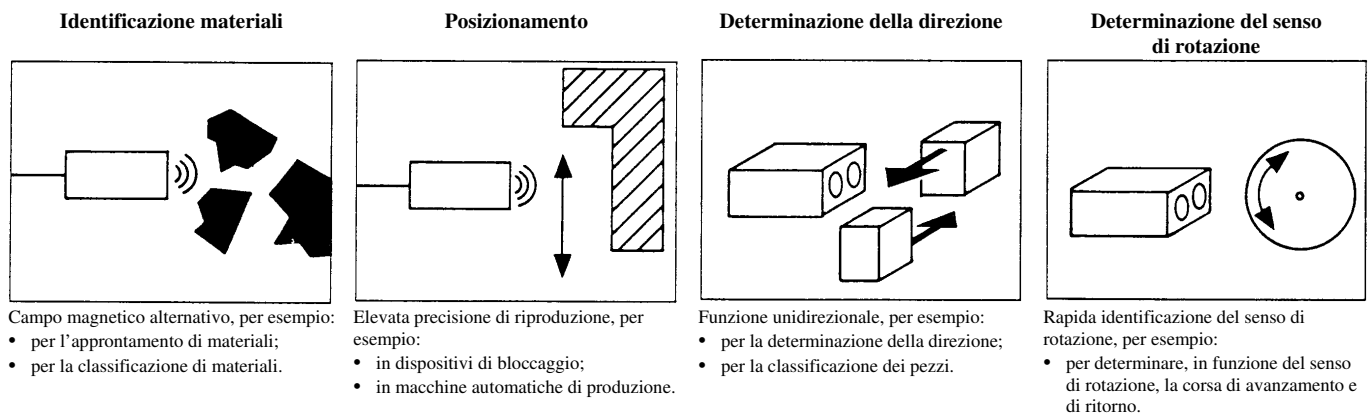
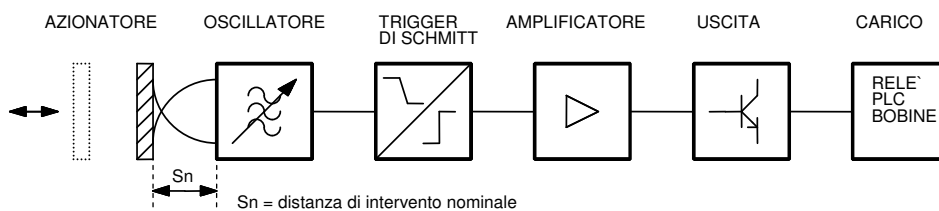


Fig. 6.135 - Esempi di impiego degli interruttori di prossimità.

Gli interruttori di prossimità induttivi sono utilizzati per il rilevamento di oggetti sia ferrosi (contenenti ferro) sia non ferrosi (ma comunque metallici).

Essi presentano, al loro interno, un oscillatore ad alta frequenza, in grado di produrre un campo elettromagnetico nelle immediate vicinanze dell'interruttore.



Questi interruttori sono normalmente dispositivi robusti, ma possono subire danni allo stadio oscillatore (danni meccanici a causa, per esempio, di un urto) e allo stadio di uscita (danni elettrici a causa di un cortocircuito).

Fig. 6.136 - Schema a blocchi di un interruttore di prossimità induttivo.

La presenza di un oggetto metallico (azionatore), nel campo di azione dell'interruttore, smorza l'ampiezza dell'oscillazione, che risulta, quindi, decrescente quanto più si riduce la distanza tra l'oggetto metallico e l'interruttore.

È possibile così ottenere all'uscita, in alcuni tipi di interruttore e relativamente alla posizione dell'oggetto, un'informazione analogica (una tensione o una corrente variabile entro un certo intervallo quale, per esempio, 0÷10 V), oppure la stessa può essere convertita, tramite un circuito elettronico denominato trigger di Schmitt, in un segnale digitale (ON/OFF) che è ottenuto ad una certa distanza minima tra l'interruttore e l'oggetto metallico.

Il circuito trigger, a sua volta, va a comandare un circuito amplificatore, il quale aziona il circuito di uscita che, in genere, utilizza come *contatto* un dispositivo elettronico (transistor o tiristore, che può essere un SCR o un Triac) che consentirà di comandare carichi (come relè o elettrovalvole) o direttamente apparecchiature elettroniche, come i controllori logici programmabili (PLC).

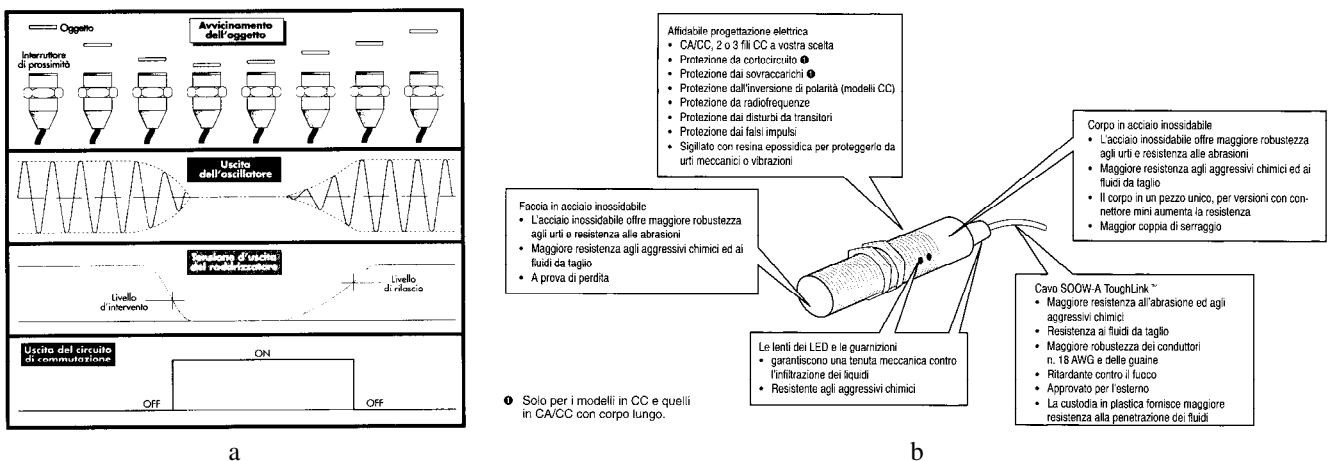


Fig. 6.137 - a) Funzionamento degli interruttori di prossimità induttivi (Omron) - b) Caratteristiche degli interruttori di prossimità induttivi tipo 871TM (AB).

La distanza di funzionamento di un interruttore di prossimità induttivo varia in base all'oggetto e all'applicazione. La capacità di un interruttore di rilevare un oggetto è determinata dal materiale, dalle dimensioni e dalla forma dell'oggetto stesso.

La *distanza operativa nominale* S_n è un'entità convenzionale utilizzata per definire la misura raggiunta la quale un oggetto standard, che si avvicina alla faccia dell'interruttore, determina il cambiamento del segnale in uscita.

Per oggetto standard si intende un pezzo quadrato di acciaio dolce dello spessore di 1 mm, con lati della stessa misura del diametro della faccia di rilevamento, oppure lunghi tre volte la distanza operativa nominale, a seconda di quale dei suddetti valori è maggiore. La distanza operativa convenzionale ottenuta con un oggetto standard di acciaio dolce è utilizzata come punto di riferimento.

Nelle applicazioni pratiche, la distanza operativa non è influenzata solo dalla composizione dell'oggetto da rilevare, bensì anche dalle sue dimensioni e dalla sua forma.

Per stabilire la distanza operativa nominale di altri tipi di metallo, occorre moltiplicare la distanza operativa S_n relativa all'oggetto standard per un fattore di correzione che dipende dal materiale di cui l'oggetto è realizzato.

Di seguito sono forniti, a titolo di esempio, alcuni fattori di correzione; sarà necessario consultare la scheda delle specifiche dell'interruttore per valutare il valore correttivo da applicare al sensore che si intende utilizzare.

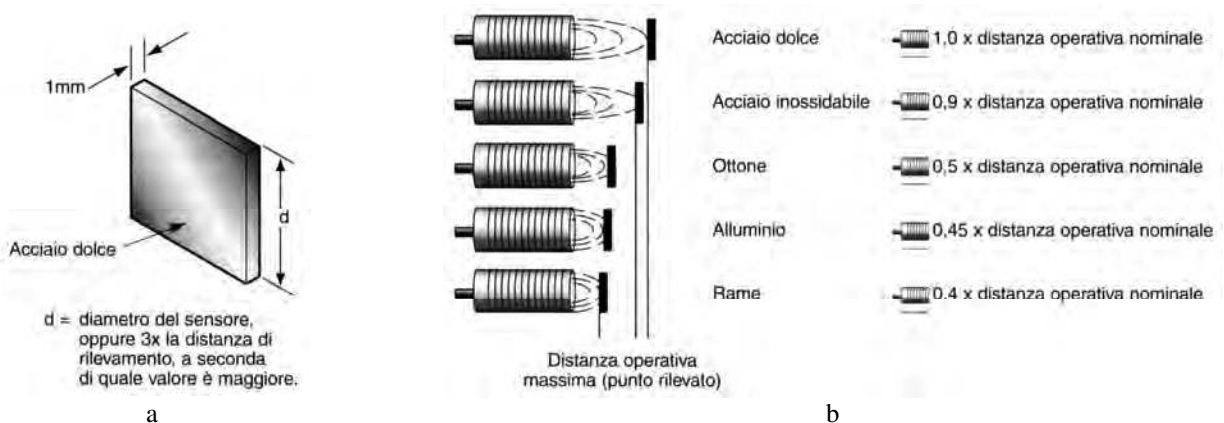


Fig. 6.138 - a) Oggetto standard da rilevare per sensori di prossimità induttivi - b) Fattore di correzione approssimativo di alcuni materiali metallici. Sono meno sensibili al rame (Cu) e più sensibili all'acciaio dolce. Se, per esempio, $S_n = 10$ mm, si deve rilevare dell'ottone, la distanza di rilevamento è pari a 5 mm.

Per la scelta di un interruttore di prossimità induttivo, occorre tenere in considerazione anche le dimensioni e la forma dell'oggetto da rilevare. Di seguito sono riportati alcuni suggerimenti per correggere la distanza di rilevamento in base alle dimensioni e alla forma dell'oggetto:

- sono preferibili gli oggetti piatti;
- gli oggetti arrotondati possono ridurre la distanza operativa;
- i materiali non ferrosi riducono, generalmente, la distanza operativa per i modelli sensibili a tutti i metalli;
- gli oggetti più piccoli della faccia di rilevamento riducono, generalmente, la distanza operativa;
- gli oggetti più grandi della faccia di rilevamento possono aumentare la distanza operativa;
- le lamine possono aumentare la distanza operativa.

La distanza operativa nominale non prende in considerazione le tolleranze di produzione né le variazioni dovute a condizioni esterne, quali la tensione di alimentazione o la temperatura. Valutando questi fattori, la distanza operativa reale di un particolare interruttore può variare anche fino a $\pm 20\%$ rispetto al valore nominale.

I modelli standard disponibili in commercio sono sensibili a tutti i metalli. Alcuni interruttori sono, però, sensibili solo ai metalli ferrosi (vale a dire a qualsiasi metallo contenente ferro) e, di conseguenza, non sono in grado di rilevare la presenza dell'ottone, dell'alluminio e del rame. Altri modelli, invece, sono sensibili solo ai metalli non ferrosi (vale a dire a qualsiasi metallo che non contiene ferro) e, di conseguenza, non sono in grado di rilevare la presenza dell'acciaio o di acciai inossidabili. La disponibilità di questi modelli può risultare utile qualora si debba rilevare un metallo e ignorare la presenza di un altro (per esempio, il riconoscimento di monete metalliche in una gettoniera per distributori automatici di bevande).

In fase di lavorazione di un pezzo di alluminio, si può impiegare un dispositivo sensibile ai metalli ferrosi per rilevare l'utensile da taglio di acciaio temperato e ignorare il blocco di alluminio e i trucioli dello stesso prodotti durante la lavorazione.

Gli interruttori di prossimità sensibili ai metalli non ferrosi presentano un campo di rilevamento che può arrivare fino al 400% in più rispetto a quello dei modelli per tutti i metalli (standard).

Normalmente non deve essere applicato nessun fattore di correzione, in quanto tutti i materiali non ferrosi sono rilevati alla distanza operativa nominale massima.

Gli oggetti possono essere rilevati dall'interruttore di prossimità passando di fronte alla sua faccia sensibile attiva (asse di riferimento), oppure avvicinandosi e allontanandosi dalla stessa.

Nella maggior parte delle applicazioni, l'affidabilità del sensore risulta maggiore quando l'oggetto passa di fronte alla faccia di rilevamento.

Quando si adotta questo tipo di rilevamento, è fondamentale valutare la frequenza di commutazione o la velocità di risposta. Per frequenza di commutazione si intende il tempo previsto per cambiare lo stato dell'uscita dalla condizione di riposo a quella di commutato. La frequenza di commutazione è la velocità massima alla quale un sensore invia impulsi singoli all'entrata e all'uscita dell'oggetto da rilevare nel campo di rilevamento. Questo valore dipende sempre dalle dimensioni e dalla velocità dell'oggetto, nonché dalla sua distanza dalla faccia di rilevamento. La frequenza di commutazione indica il numero massimo possibile di commutazioni al secondo (per esempio, 1000 Hz).

Quando l'oggetto si avvicina a un interruttore di prossimità direttamente verso la sua faccia di rilevamento, l'affidabilità del dispositivo può essere aumentata prendendo in considerazione gli effetti dell'isteresi.

Per isteresi o corsa differenziale si intende la differenza fra i punti di attivazione e di disattivazione.

Per la selezione delle posizioni dell'oggetto e dell'interruttore, occorre considerare l'entità della corsa dell'oggetto richiesta per ottenere la disattivazione dopo l'attivazione.

L'isteresi è necessaria al fine di evitare il battito (rapida attivazione e disattivazione) quando l'interruttore e/o l'oggetto è sottoposto a urti e vibrazioni. Per evitare tale battito, occorre che l'ampiezza delle vibrazioni sia inferiore all'intervallo dell'isteresi.

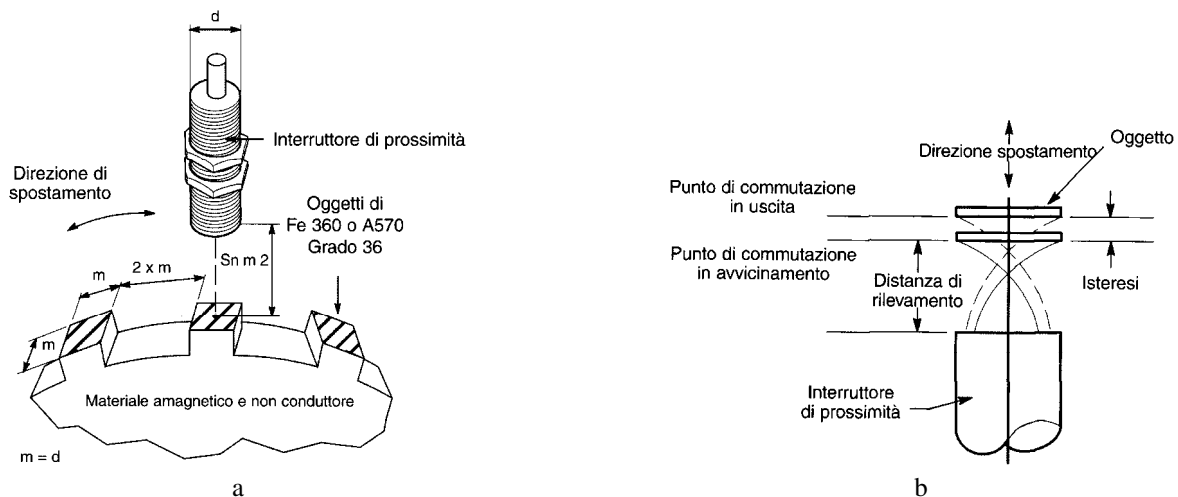


Fig. 6.139 - a) Metodo di misurazione della frequenza nominale di commutazione di un interruttore di prossimità induttivo, secondo la norma IEC 60947-5-2 - b) Isteresi o corsa differenziale di un interruttore di prossimità induttivo.

Gli interruttori di prossimità induttivi possono essere costruiti per funzionare in corrente continua oppure in corrente alternata ed hanno generalmente l'uscita allo stato solido.

I modelli funzionanti in corrente continua possono essere del tipo PNP oppure NPN, secondo il tipo di transistor posto in uscita; di questo occorre tenere conto (polarità) quando si effettuano i collegamenti.

I modelli in corrente alternata hanno normalmente solo due terminali e la configurazione li vede sempre collegati in serie al carico (pena il danneggiamento del dispositivo). I modelli in corrente continua, invece, possono avere 2, 3 o anche 4 terminali, secondo le caratteristiche del circuito di uscita (2 e 3 per l'uscita allo stato solido, 4 per l'uscita a relè).

Il circuito di uscita può essere del tipo normalmente aperto (NO) oppure normalmente chiuso (NC) o avere entrambi i tipi di uscita; in alcuni modelli, è possibile programmare la funzione di uscita (NO o NC) mediante un commutatore inserito nella morsettiera.

Gli interruttori di prossimità incorporano, generalmente, dei circuiti di protezione contro cortocircuiti, sovraccarichi, inversioni di polarità, picchi di tensione di breve durata e radio disturbi.

Per un funzionamento affidabile, la tensione di alimentazione deve essere compresa fra l'80% e il 115% di quella nominale. Le tensioni nominali sono comprese, generalmente, entro due gamme, da 12 a 48 V in DC e da 24 a 240 V in AC.

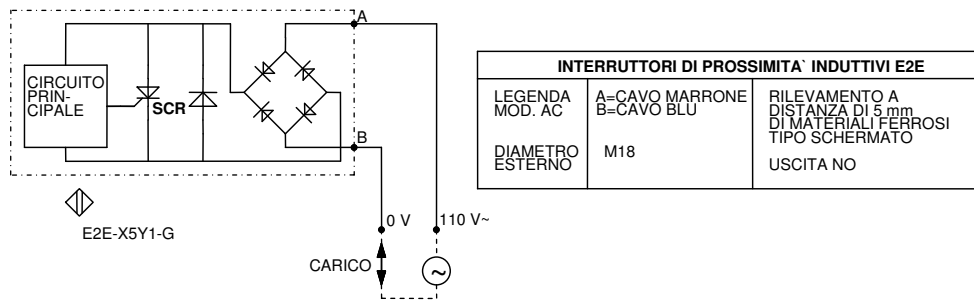


Fig. 6.140 - Schema di collegamento dell'interruttore di prossimità induttivo con circuito di uscita in AC, modello E2E-X. Si noti il diametro della filettatura metrica M18 (Omron).

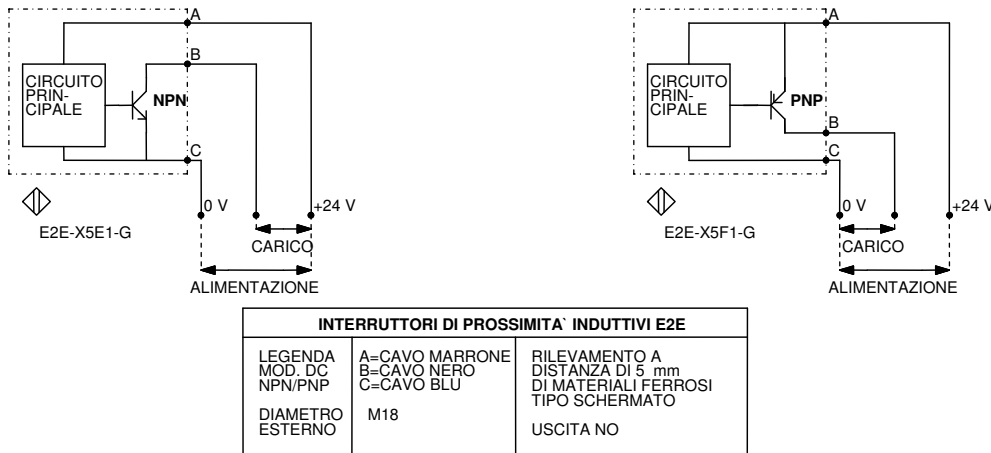


Fig. 6.141 - Schema di collegamento dell'interruttore di prossimità induttivo con circuito di uscita in DC a collettore aperto tipo NPN e PNP, modello E2E. Si noti il diametro della filettatura metrica M18 (Omron).

È interessante notare come questi interruttori di prossimità, che sfruttano in uscita le caratteristiche di componenti a semiconduttore come transistor o tiristori, non si comportino, in realtà, esattamente come gli interruttori elettromeccanici (non c'è l'isolamento galvanico).

Infatti, le stesse norme prevedono, per i modelli in DC, una tensione residua, misurata ai capi del carico quando l'uscita non è in conduzione, pari al 10% della tensione nominale.

Le stesse norme prevedono, per i modelli funzionanti in AC, una corrente massima residua pari a 15 mA, per tensioni inferiori o uguali a 90 V, e a 7 mA, per tensioni nominali superiori (fino a 240 V).

Caratteristiche	Corrente continua	Corrente alternata
Carico nominale	4÷5 W (24 V)	10÷60 VA (110 V) 15÷80 VA (230 V)
Carico massimo	3÷6 W	200÷400 Ω
Carico massimo (spunto)	--	450÷700 VA (230 V)
Tensione in uscita con interruttore non azionato	≤0,3 V	5 V
Tensione in uscita con interruttore azionato	$U_n - 0,3 V$	$U_n - 5 V$
Frequenza di funzionamento	<5000 Hz	<60 Hz
Grado di protezione	IP67	IP67

Tab. 6.27 - Principali caratteristiche elettriche degli interruttori di prossimità induttivi.

Gli interruttori di prossimità induttivi possono essere collegati in serie fra di loro in modo alquanto limitato, a causa della caduta di tensione prodotta da ogni apparecchio.

Il collegamento in parallelo è, invece, limitato dal fatto che l'insieme delle correnti residue di ogni apparecchio potrebbe pilotare il carico anche in assenza di interruttori azionati.

Gli apparecchi dotati di tre terminali e funzionanti in DC consentono di collegare in parallelo un numero elevato di interruttori e un numero minore (ma comunque superiore a quello realizzabile nei modelli funzionanti in AC) di interruttori collegati in serie.

Gli interruttori di prossimità cilindrici possono essere interamente contenuti nel corpo metallico filettato (tipo schermato) oppure possono avere la superficie sensibile sporgente (tipo non schermato).

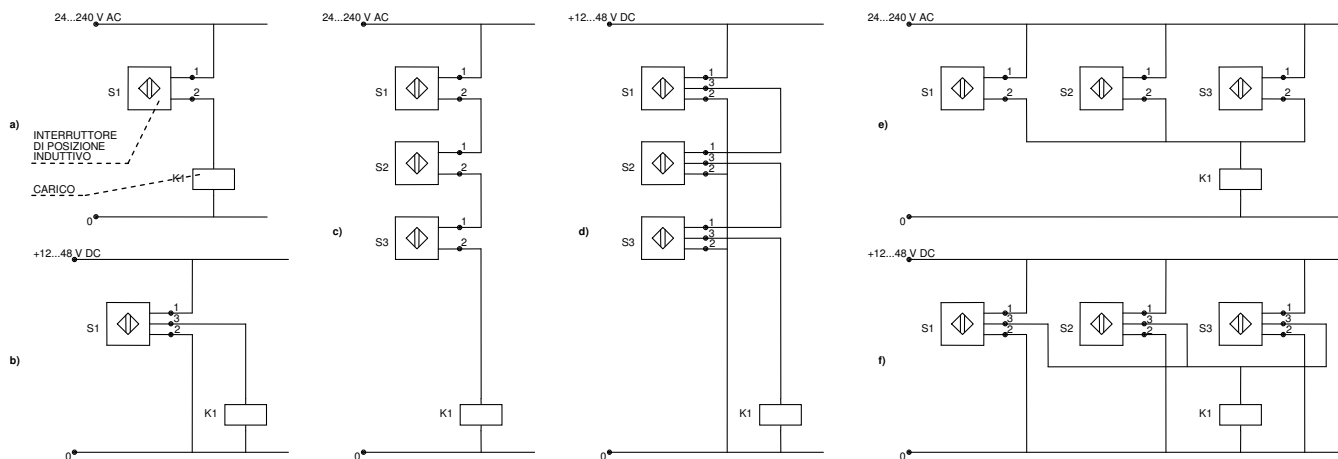


Fig. 6.142 - Schemi di collegamento di interruttori di prossimità induttivi con uscita allo stato solido tipo PNP (1-2 alimentazione, 3 carico): a) Tipo a due fili in AC con relativo carico (per esempio, relè) - b) Tipo a tre fili in DC con relativo carico - c) Collegamento in serie del tipo a due fili in AC - d) Collegamento in serie del tipo a tre fili in DC - e) Collegamento in parallelo del tipo a due fili in AC - f) Collegamento in parallelo del tipo a tre fili in DC.

In entrambi i casi, tale superficie è colorata per una più facile individuazione; i primi hanno, in genere, una distanza di intervento minore, ma permettono l'installazione su piastre metalliche o il montaggio affiancato, entro certi limiti, di più interruttori, senza problemi di mutua interferenza o di malfunzionamenti (si possono utilizzare staffe di fissaggio in materiale plastico).

La distanza di funzionamento di questi interruttori dipende dal diametro della bobina di rilevamento, che, con un diametro dell'interruttore con filettatura metrica, può valere M8, M12, M18 e M30, e dall'eventuale schermatura (S) o meno (N) di quest'ultima. Per esempio, si possono avere i seguenti valori: M8 (S: 2 mm, N: 4 mm), M12 (S: 4 mm, N: 8 mm), M18 (S: 8 mm, N: 16 mm) e M30 (S: 15 mm, N: 30 mm), come mostrato anche in fig. 6.143a.

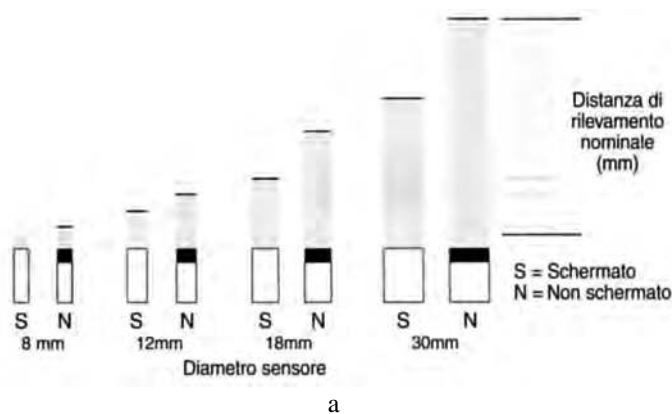


Fig. 6.143 - a) Distanza di rilevamento nominale S_n (in millimetri) tipica di rilevamento degli interruttori di prossimità schermati (S) e non schermati (N) in relazione al diametro del sensore - b) Interruttori di prossimità induttivi con corpo cilindrico di metallo. A sinistra con cavo di collegamento precablato, a destra con connessione standard con connettori M8 o M12. Sempre a destra sono mostrati i modelli schermati e non schermati (Omron).

Gli interruttori schermati sono costruiti con un anello di schermatura attorno alla bobina e al nucleo di ferrite.

Il campo elettromagnetico è così concentrato nella parte anteriore della faccia dell'interruttore. Nei tipi con alloggiamento metallico, è spesso quest'ultimo a fungere da schermo. La struttura schermata consente di installare l'interruttore a filo con le parti metalliche adiacenti, senza il rischio di una falsa attivazione.

Gli interruttori non schermati sono costruiti senza una lamina metallica attorno alla bobina/nucleo, per cui il campo elettromagnetico generato non è altrettanto concentrato verso la faccia dell'interruttore, come nel caso dei dispositivi schermati. Questa condizione rende gli interruttori non schermati più sensibili alle parti metalliche vicine.

Questa tipologia di interruttori presenta un campo di rilevamento maggiore del 50% rispetto a quello dei dispositivi schermati di pari dimensioni. In virtù della distanza operativa più estesa, questi interruttori rendono più semplice il rilevamento di oggetti difficili (come, per esempio, sottili piastre oppure piccoli oggetti).

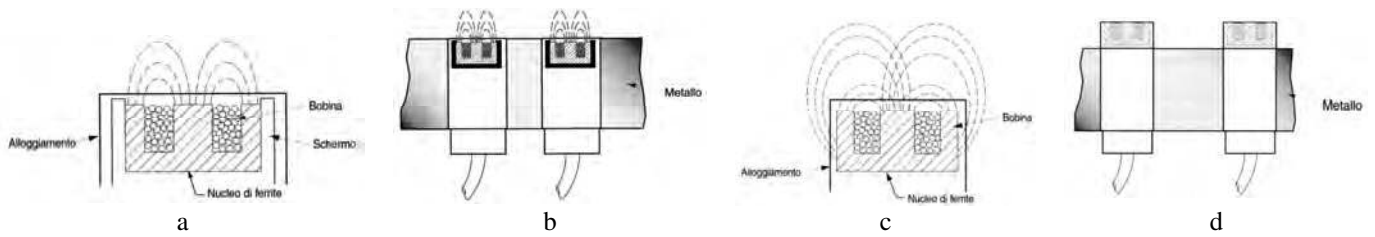


Fig. 6.144 - a) Bobina e nucleo di un interruttore schermato - b) Interruttori schermati montati a filo e vicini l'uno all'altro - c) Bobina e nucleo di un interruttore non schermato - d) Interruttori non schermati installati con un'area priva di metalli (AB).

La distanza fra gli interruttori è determinata dal diametro della bobina di rilevamento (maggiore è il diametro, maggiore è la distanza operativa; viceversa, minore è il diametro, minore è la distanza).

Gli interruttori non schermati devono essere posizionati a una distanza superiore l'uno dall'altro rispetto a quelli schermati, in quanto i loro campi di rilevamento si estendono maggiormente in senso laterale dalla faccia dell'interruttore e, qualora interferissero tra di loro, provocherebbero false letture qualora interferissero tra di loro.

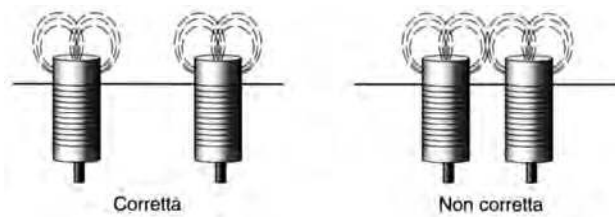


Fig. 6.145 - Gli interruttori non schermati devono essere installati distanti fra di loro in modo che non si sovrappongano i campi di rilevamento (AB).

Sebbene i requisiti di distanza per gli interruttori varino a seconda dei modelli, i tipi schermati richiedono, generalmente, una distanza pari a un diametro della faccia di rilevamento fra dispositivi adiacenti e a due diametri di tale faccia fra interruttori installati frontalmente l'uno all'altro.

Gli interruttori non schermati devono essere separati da una distanza pari a tre volte il diametro della faccia di rilevamento, per i dispositivi adiacenti, e pari a quattro diametri, per gli interruttori installati con le facce opposte.

Per evitare malfunzionamenti, i tipi non schermati devono avere la superficie sensibile lontana dal supporto metallico e posta ad una distanza pari ad almeno 3 volte il valore della distanza di intervento nominale S_n .

Affinché non si abbiano interferenze, eventuali corpi metallici, posti frontalmente alle superfici sensibili, devono trovarsi, per entrambi i tipi, ad una distanza pari ad almeno 3 volte quella di intervento nominale (S_n).

Criteri simili possono essere applicati anche agli interruttori di prossimità di forma rettangolare.

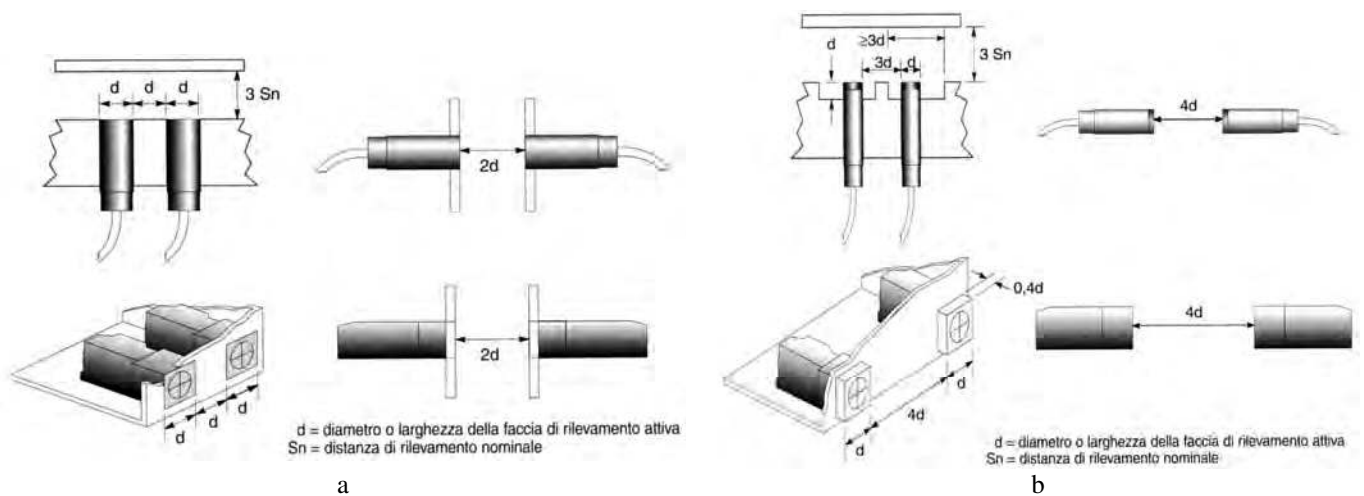


Fig. 6.146 - Distanze fra interruttori di prossimità induttivi adiacenti e a facce opposte: a) Tipi schermati - b) Tipi non schermati (AB).

Alcuni modelli hanno dimensioni particolarmente ridotte (interruttori non amplificati, v. fig. 6.148a), in quanto contengono solo il circuito oscillatore, mentre le unità di amplificazione e di uscita sono separate. In genere, però, gli interruttori di prossimità hanno incorporato l'amplificatore e lo stadio di uscita (interruttori autoamplificati).

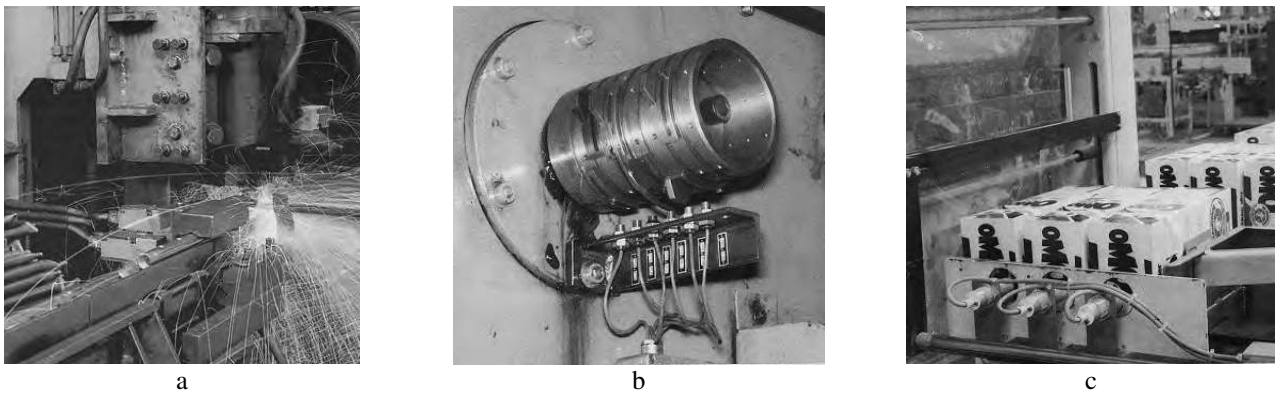


Fig. 6.147 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità: a) Come finecorsa in una macchina utensile (induttivi) - b) Per il controllo della sequenza di una macchina mediante il rilevamento di 6 camme (induttivi) - c) Come rilevamento della presenza di scatole (capacitivi).

Altri modelli sono caratterizzati da forme e dimensioni destinate ad applicazioni più o meno specifiche, come il tipo a forcella, utilizzato per rilevare gli impulsi di un disco rotante e per misurare la velocità di una macchina, oppure il tipo anulare (v. fig. 6.148c), usato per il rilevamento di pezzi.

Altri modelli possono essere dotati di una custodia in materiale antimicrobico per ridurre la proliferazione batterica ed essere testati contro le sostanze detergenti (v. fig. 6.148b).

Negli interruttori ad anello, il rilevamento avviene all'interno dell'anello stesso. L'interruttore interviene quando in esso si introduce una massa metallica. Questi interruttori sono particolarmente adatti per il rilevamento, il conteggio e il controllo di passaggio di minuteria metallica, quale, per esempio, viti, dadi e rondelle, oppure per il controllo di rottura di un filo metallico continuo che passa attraverso il foro di rilevamento.

La custodia, in genere in materiale plastico, prevede per i collegamenti elettrici un cavo oppure un attacco con connettore circolare M8 o M12.

Una funzione speciale può attivare un tempo di disinserzione (per esempio, 100 ms) utile per controllare il passaggio veloce di oggetti metallici.

Disponibili con diametri interni che vanno da 5 a 100 mm, sono forniti con uscita NPN o PNP, con regolazione della sensibilità per evitare che masse metalliche o altri interruttori possano influenzarne il regolare funzionamento, con dispositivo di attivazione/disattivazione, con ritardo alla disinserzione nonché con LED di segnalazione.

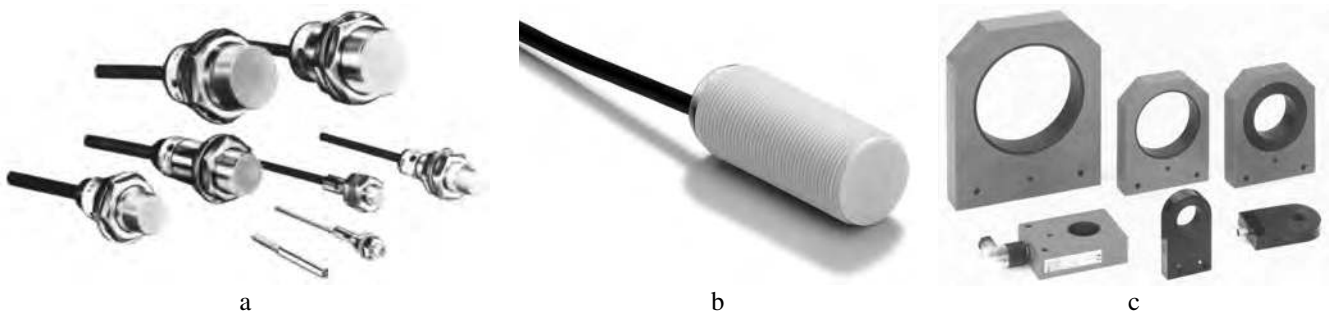


Fig. 6.148 - Interruttori di prossimità: a) Induttivi schermati e non schermati tipo E2E - b) Induttivo antimicrobico non schermato con custodia cilindrica in plastica E2F-D (Omron) - c) Ad anello (AECO)

Le esecuzioni cilindriche filettate (M8, M12, M18 e M30), oppure in esecuzione quadrata o a parallelepipedo, funzionanti sia in DC sia in AC, hanno normalmente una distanza di azionamento che varia da 5 a 20 mm, anche se, in alcuni casi, è possibile trovare dei modelli con distanze di lavoro aumentate, che possono arrivare fino a 50 mm.

Le esecuzioni con dimensioni ridotte con il corpo cilindrico non filettato funzionanti in DC hanno una distanza di azionamento minore, che varia da 0,5 a circa 3 mm.

Le esecuzioni cilindriche sono, in genere, disponibili con cavo di collegamento precablatto, oppure con spina di accoppiamento con connettore M8 o M12 (v. fig. 6.143b), che risulta particolarmente funzionale laddove si debba sostituire rapidamente l'interruttore danneggiato meccanicamente.

Gli interruttori in esecuzione quadrata possono avere la testina orientabile, che offre dei vantaggi in fase di installazione e manutenzione; infatti, con molta semplicità, essa può essere orientata senza dover intervenire sui collegamenti elettrici (nella fig. 6.133a si noti la presenza di un mirino per facilitare la taratura dell'interruttore).

Tutti gli interruttori di prossimità hanno una spia con diodo LED, che visualizza lo stato del segnale di uscita, facilitando, così, la messa in servizio e il controllo dello stato di funzionamento sull'installazione.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di possibili applicazioni degli interruttori di prossimità induttivi.

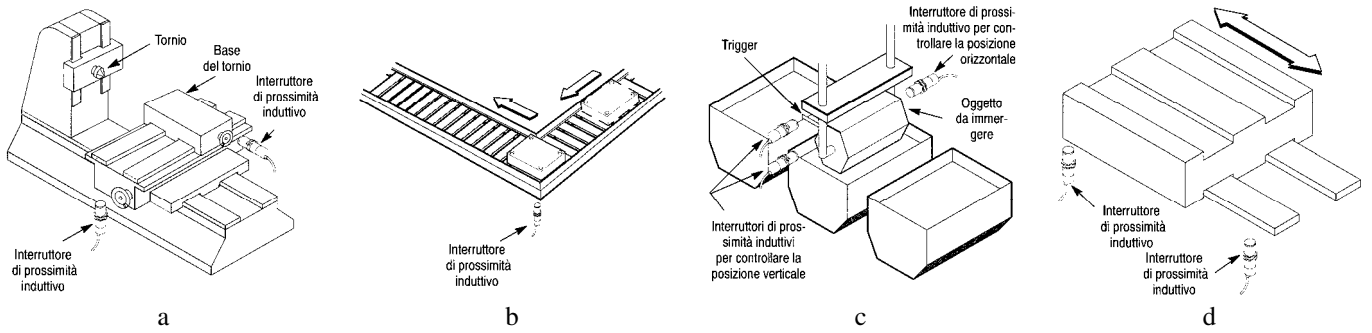


Fig. 6.149 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Macchina utensile - b) Linea di trasporto - c) Impianto di decapaggio - d) Rettificatrice.

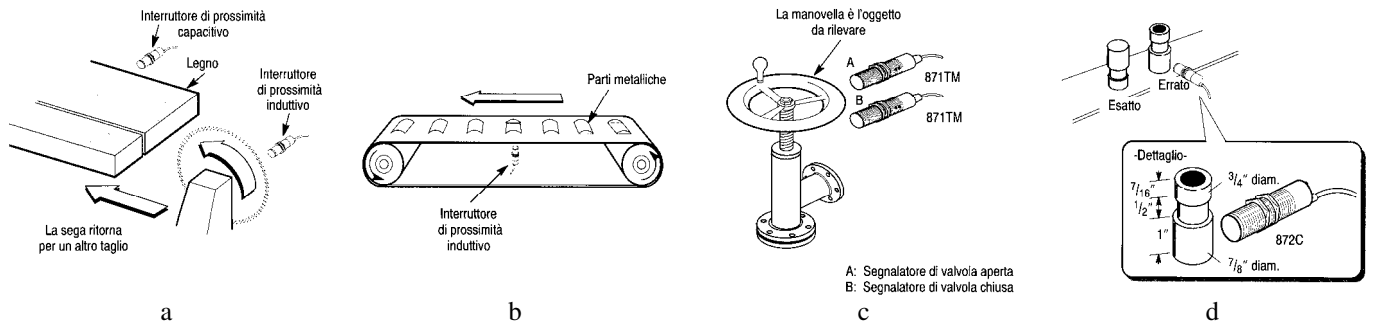


Fig. 6.150 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Industria del legno - b) Nastro trasportatore - c) Industria petrolifera, posizione della valvola - d) Selezione di oggetti in linea.

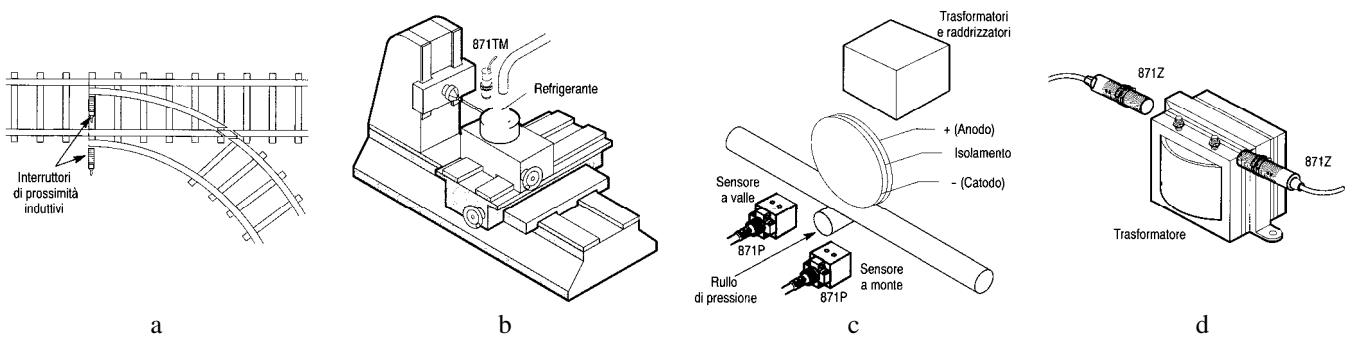


Fig. 6.151 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Rilevazione della posizione di uno scambio ferroviario - b) Sensore a prova di refrigerante - c) Controllo, a monte e a valle, di una saldatrice continua per tubi - d) Presenza dadi sul trasformatore.

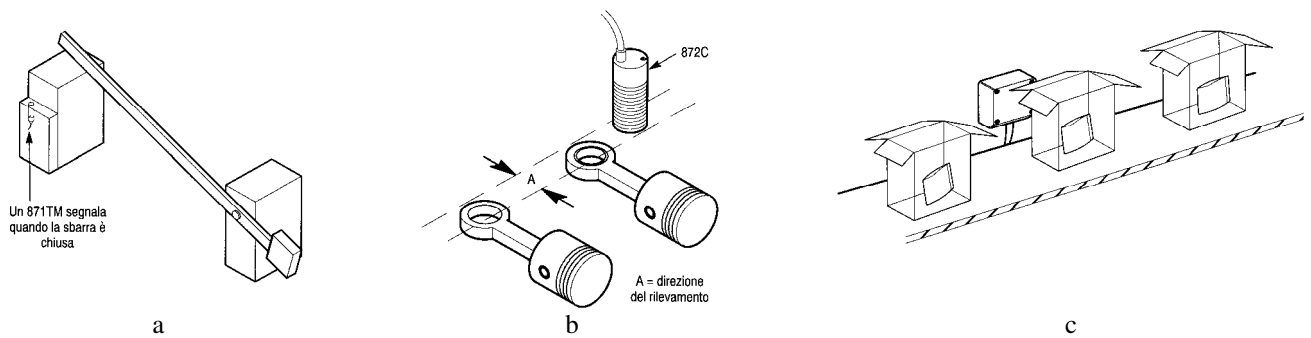


Fig. 6.152 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Segnalatore di sbarra chiusa - b) Rilevazione presenza bronzine - c) Rilevazione sacchetti di alluminio dentro un imballaggio di cartone.

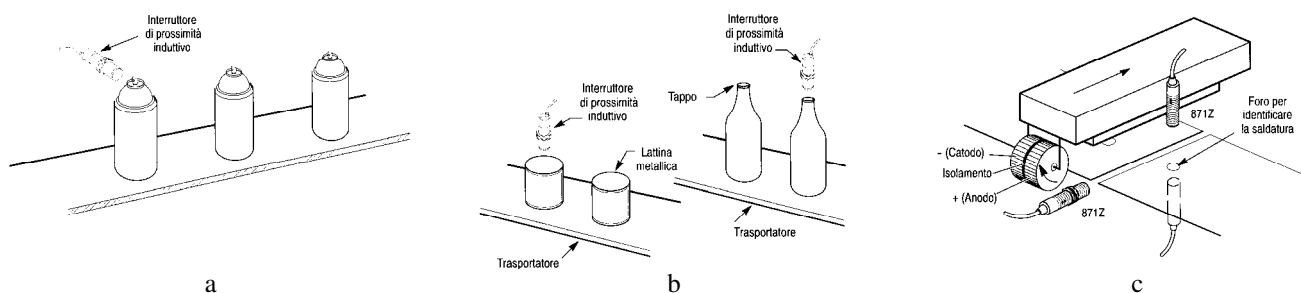


Fig. 6.153 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Riconoscimento di tappi per flaconi spray - b) Riconoscimento di tappi per bottiglie e lattine metalliche - c) Saldatrice di lastre di acciaio inossidabile.

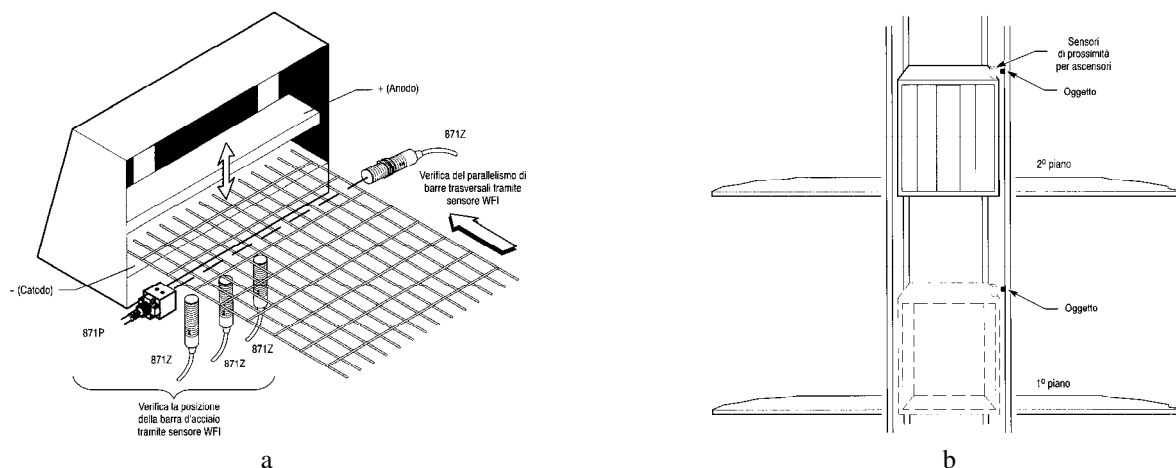


Fig. 6.154 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità induttivi: a) Verifica presenza barre di acciaio dolce nella saldatura di grate - b) Localizzazione di posizione ascensori.

6.19 Interruttori di prossimità capacitivi

Il rilevamento di tipo capacitivo è una tecnologia senza contatto, adatta per l'individuazione di metalli, metalloidi, solidi e liquidi (legno, plastica, carta, vetro, ecc.). In ogni caso, in virtù delle sue caratteristiche, è particolarmente indicata per rilevare oggetti non metallici.

Nella maggior parte delle applicazioni con oggetti metallici, è preferita la tecnologia di rilevamento induttivo in virtù della maggiore affidabilità e convenienza economica.

Gli interruttori di prossimità capacitivi sono simili per dimensioni, forma e struttura progettuale a quelli induttivi. A differenza di questi ultimi, che utilizzano campi magnetici indotti per rilevare gli oggetti, i dispositivi capacitivi reagiscono alle alterazioni in un campo elettrostatico.

La sonda situata dietro la faccia dell'interruttore è un condensatore a piastra. Quando l'interruttore è alimentato, si genera un campo elettrostatico, che reagisce ai cambiamenti di capacità determinati dalla presenza di un oggetto. Se l'oggetto è al di fuori del campo elettrostatico, l'oscillatore è inattivo. In fase di avvicinamento dell'oggetto, si sviluppa un accoppiamento capacitivo fra l'oggetto stesso e la sonda capacitiva.

Quando la capacità raggiunge una soglia specifica, l'oscillatore è eccitato, determinando, quindi, l'attivazione del circuito di uscita, affinché abbia luogo la commutazione fra gli stati ON e OFF.

La capacità dell'interruttore di rilevare l'oggetto è determinata dalle dimensioni dell'oggetto, dalla costante dielettrica e dalla distanza dal sensore.

La costante dielettrica è un numero che dipende dal materiale. Gli oggetti con un'elevata costante dielettrica sono rilevati più facilmente rispetto ai materiali con un valore basso.

A dimensioni dell'oggetto o a costanti dielettriche maggiori, corrisponde un accoppiamento capacitivo più forte fra l'interruttore e l'oggetto.

L'entità di tale accoppiamento è, inoltre, inversamente proporzionale alla diminuzione della distanza fra l'oggetto e l'interruttore.

Gli interruttori di prossimità capacitivi possono essere classificati in base alla struttura schermata o non schermata.

I tipi schermati presentano una lamina metallica attorno alla sonda, in modo da concentrare il campo elettrostatico, indirizzandolo verso la parte anteriore dell'interruttore.

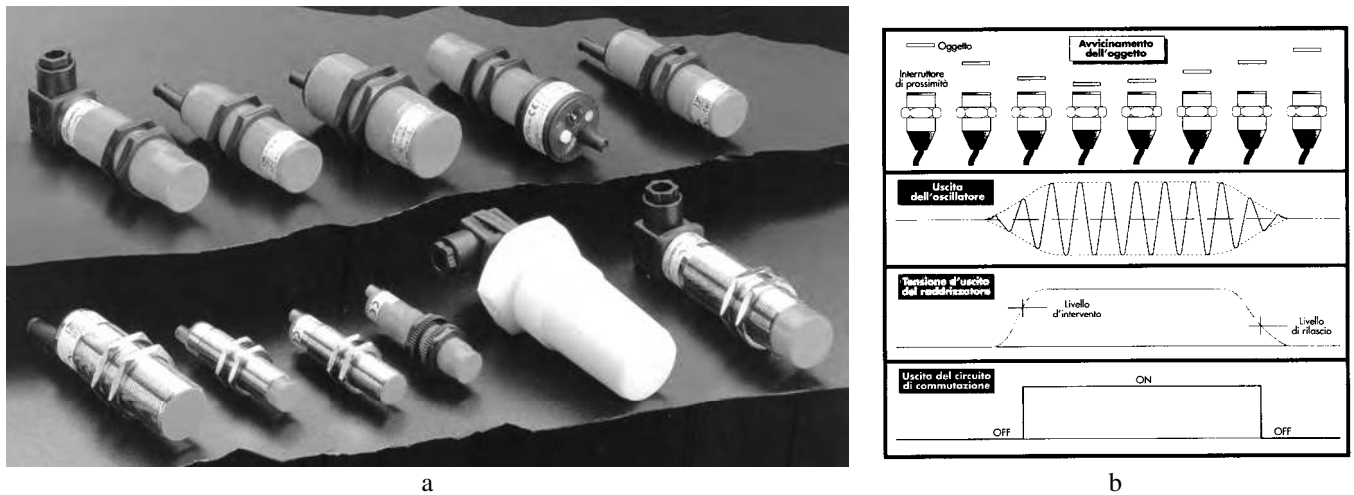


Fig. 6.155 - a) Interruttori di prossimità capacitivi (AECO) - b) Funzionamento di un interruttore di prossimità capacitivo (Omron).

La struttura schermata consente di installare l'interruttore a filo con le parti metalliche adiacenti, senza il rischio di una falsa attivazione.

Questi tipi si rivelano particolarmente efficaci nel rilevamento di materiali con basse costanti dielettriche (difficili da rilevare), in virtù del loro campo elettrostatico altamente concentrato. Grazie a tale caratteristica, questi interruttori sono in grado di rilevare la presenza di oggetti che non sarebbero individuati dai dispositivi non schermati.

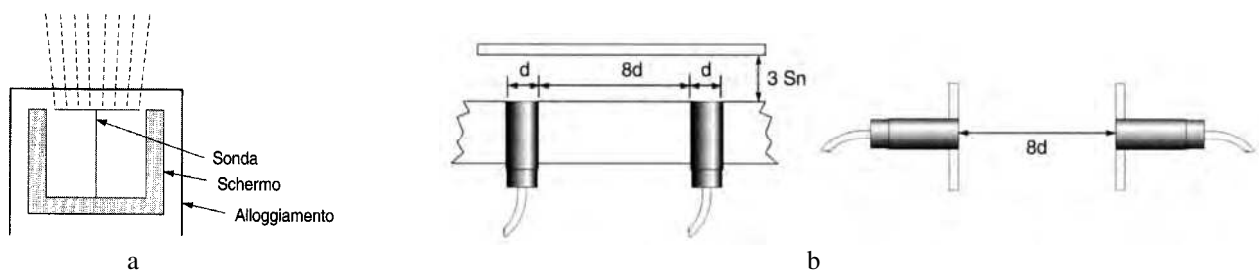


Fig. 6.156 - a) Principio di funzionamento degli interruttori capacitivi schermati - b) Distanze minime per l'installazione dei tipi schermati (AB).

Gli interruttori di prossimità capacitivi non schermati sono sprovvisti di lamina metallica attorno alla sonda e, di conseguenza, generano un campo elettrostatico meno concentrato.

Molte esecuzioni non schermate di interruttori sono dotate di sonde di compensazione per aumentare la stabilità dell'interruttore.

Rispetto alle versioni schermate, questi tipi sono, inoltre, più indicati in caso di sedi a pozzetto di plastica dei sensori, un particolare costruttivo previsto per applicazioni di rilevamento del livello di un liquido in un serbatoio.

La sede del pozzetto è montata attraverso un foro nel serbatoio e, successivamente, l'interruttore è fatto scorrere all'interno di detta sede.

L'interruttore riesce, così, a rilevare il liquido attraverso la parete della sede a pozzetto.

Il campo elettrostatico di un interruttore di prossimità capacitivo non schermato è meno concentrato rispetto alle versioni schermate. Questa caratteristica fa sì che questi tipi siano la soluzione ideale per il rilevamento dei materiali con elevate costanti dielettriche (facili da rilevare) o per ottenere la differenziazione fra materiali con costanti basse e alte. Nel caso di alcuni materiali, questi interruttori rilevano a distanze maggiori rispetto alle versioni schermate.

Le esecuzioni non schermate dotate di sonda di compensazione riescono a ignorare il vapore, la polvere, le piccole quantità di sporco e le goccioline di olio o di acqua accumulate sull'interruttore. Inoltre, la sonda di compensazione aumenta la resistenza dell'interruttore alle variazioni dell'umidità ambientale.

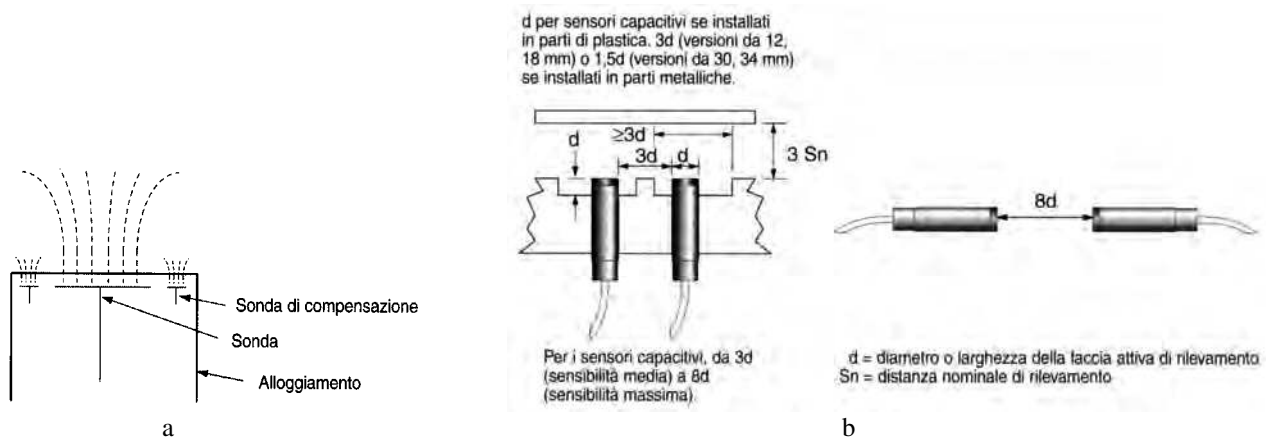


Fig. 6.157 - a) Principio di funzionamento degli interruttori capacitivi non schermati - b) Distanze minime per l'installazione dei tipi non schermati (AB).

Come nel caso degli interruttori di prossimità induttivi, l'oggetto standard da rilevare per gli interruttori capacitivi è un pezzo quadrato di acciaio dolce dello spessore di 1 mm, con i lati di lunghezza pari al diametro della faccia attiva, oppure a tre volte la distanza nominale di commutazione, a seconda di quale dei suddetti valori è maggiore.

I materiali con la costante dielettrica ϵ_r elevata sono più facilmente rilevabili rispetto a quelli con un valore basso. Per esempio, l'acqua e l'aria si pongono agli estremi rispetto al valore della costante dielettrica.

Un interruttore di prossimità capacitivo è molto sensibile all'acqua, la cui costante dielettrica è $\epsilon_r = 80$, e questa caratteristica lo rende ideale per il rilevamento dei livelli di liquido.

Lo stesso interruttore, tuttavia, non è sensibile all'aria, la cui costante dielettrica è pari a 1.

All'interno dell'intervallo da 1 a 80 rientrano altri materiali oggetto del rilevamento: il legno bagnato, per esempio, ha una costante dielettrica ϵ_r compresa fra 10 e 30 e quello asciutto ha un valore compreso fra 2 e 6.

Materiale	ϵ_r	Materiale	ϵ_r	Materiale	ϵ_r
Acetone	19,5	Cartone compresso	2÷5	Gomma lacca	2,5÷4,7
Resina acrilica	2,7÷4,5	Cereale	3÷5	Calcare	1,2
Aria	1	Cloro in soluzione	2,0	Olio di soia	2,9÷3,5
Alcol	25,8	Ebanite	2,7÷2,9	Acciaio	---
Ammoniaca	15÷25	Resina epossidica	2,5÷6	Resina stirenica	2,3÷3,4
Anilina	6,9	Etanolo	24	Zucchero	3,0
Soluzioni acquose	50÷80	Cenere	1,5÷1,7	Zolfo	3,4
Bachelite	3,6	Farina	1,5÷1,7	Teflon	2,0
Benzene	2,3	Freon R22 e 502	6,1	Olio da trasformatore	2,2
Anidride carbonica	1	Benzina	2,2	Olio di trementina	2,2
Celluloide	3,0	Vetro	3,7÷10	Vaselina	2,2÷2,9
Polvere di cemento	4,0	Glicerina	47	Acqua	80
Petrolio	2,0÷2,2	Marmo	8,0÷8,5	Legno asciutto	2÷7
Resina fenolica	4÷12	Metallo	---	Legno bagnato	10÷30
Poliacetato	3,6÷3,7	Mica	5,7÷6,7	Vetro al quarzo	3,7
Poliammide	5,0	Nylon	4÷5	Gomma	2,5÷3,5
Resina poliestere	2,8÷8,1	Carta oleata	4,0	Sale	6,0
Polietilene	2,3	Paraffina	1,9÷2,5	Sabbia	3÷5
Polipropilene	2,0÷2,3	Carta	1,6÷2,6	Polistirene	3,0
Polivinilcloruro	2,8÷3,1	Porcellana	4,4÷7	Latte in polvere	3,5÷4

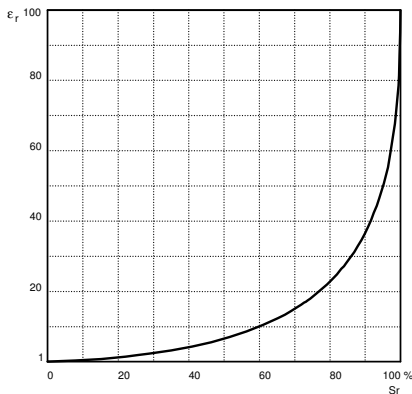
Tab. 6.28 - Costanti dielettriche ϵ_r dei materiali più comuni.

Per calcolare l'effettiva distanza (reale) S_r , conoscendo la distanza nominale S_n dell'interruttore che si intende utilizzare, si possono usare dei diagrammi forniti dai costruttori, per esempio, quello riportato in fig. 6.158.

I materiali con elevate costanti dielettriche possono essere rilevati attraverso le pareti dei contenitori costruiti con materiali a bassa costante dielettrica.

Un esempio, riportato nella fig. 6.159a, è costituito dal rilevamento di materiali diversi attraverso una parete di vetro: mentre l'alcol può essere rilevato attraverso il vetro, la farina non è rilevata.

Per ogni applicazione deve essere eseguita una prova. L'elenco delle costanti dielettriche, riportato nella tab. 6.28, permette di valutare la fattibilità di un'applicazione; infatti, i valori riportati possono cambiare in funzione delle dimensioni e della densità del materiale da rilevare.



La distanza reale S_r può essere ricavata utilizzando i diagrammi forniti dai costruttori come quello riportato in figura.

Per esempio, se un interruttore di prossimità capacitivo ha una distanza nominale di rilevamento $S_n = 8$ mm, nel caso del marmo, che ha una costante dielettrica $\epsilon_r = 8$, la distanza dovrà essere ridotta, in base a quanto riportato nel grafico, a circa il 50% e portata, quindi, a $S_r = 4$ mm.

Nel caso in cui il materiale da rilevare, con lo stesso interruttore, sia gomma, con $\epsilon_r = 2,5$, la distanza dovrà essere ridotta al 20%, diventando, quindi, pari a $S_r = 1,6$ mm.

Solo nel caso si debba rilevare acqua con $\epsilon_r = 80$, si avrà $S_n \cong S_r = 8$ mm.

Fig. 6.158 - La distanza di commutazione reale S_r , dipende dalla costante dielettrica ϵ_r del materiale dell'elemento di comando, a parità di dimensioni e spessore.

Qualsiasi materiale che entri nel campo elettrostatico di un interruttore di prossimità capacitivo può causare la produzione di un segnale in uscita. Fra questi materiali sono compresi il vapore, lo sporco, la polvere e gli altri agenti contaminanti che possono depositarsi sulla faccia sensibile dell'interruttore.

L'uso di elettrodi di compensazione (v. fig. 6.159b) nella sonda facilita la stabilizzazione di un interruttore non schermato. Quando l'oggetto entra nel campo di rilevamento, il campo di compensazione rimane invariato.

Le sostanze contaminanti che si depositano direttamente sulla faccia dell'interruttore influenzano entrambi i campi (dell'interruttore e di compensazione). L'interruttore non rileva tale variazione della capacità e, quindi, non genera alcun segnale in uscita, in quanto la capacità del sensore è aumentata della stessa entità della capacità di compensazione.

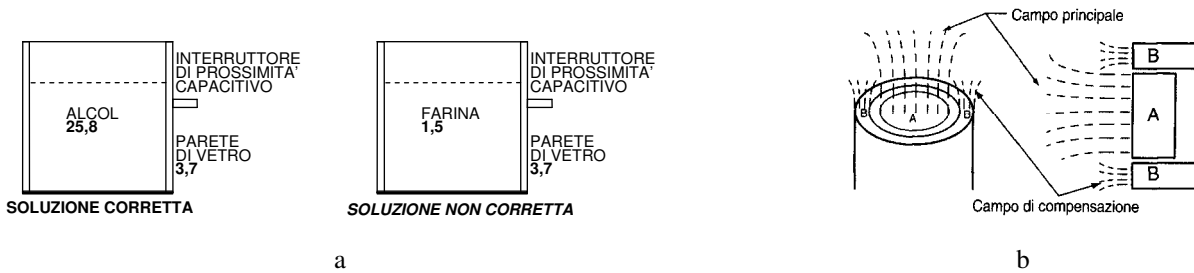


Fig. 6.159 - a) Rilevamento capacitivo attraverso un serbatoio - b) Funzionamento della sonda di compensazione.

In alcuni modelli, è possibile, mediante una vite, regolare la distanza d'intervento per adattare l'interruttore ad una specifica applicazione (per esempio, per compensare influssi circostanti il luogo di installazione).

Gli interruttori di prossimità capacitivi, tranne che per il principio di funzionamento, sono elettricamente e costruttivamente simili agli interruttori di prossimità induttivi, per cui sono validi gli stessi concetti d'impiego e gli stessi parametri elettrici (tensione di alimentazione, tipo di corrente, corrente in uscita, ecc.).

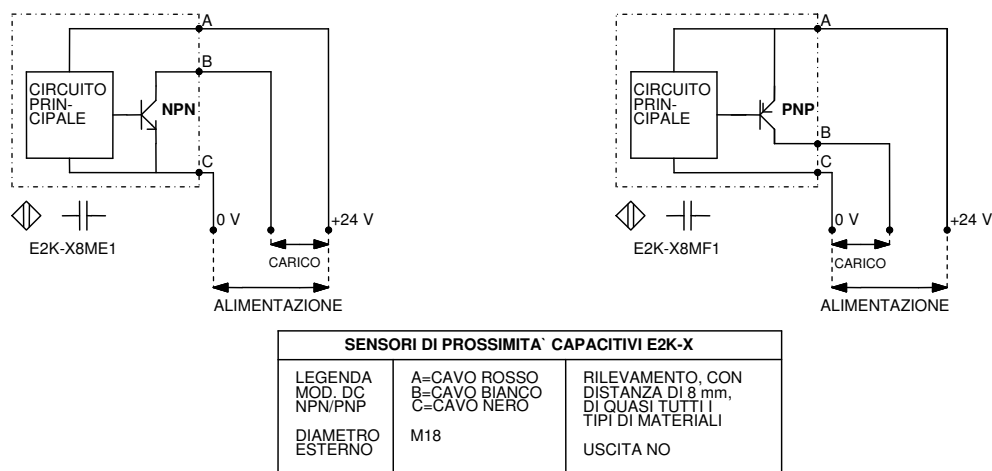


Fig. 6.160 - Schema di collegamento dell'interruttore di prossimità capacitivo con circuito di uscita in DC a collettore aperto tipo NPN e PNP, modello E2K-X (Omron).

Anche per questi interruttori di prossimità esistono sia modelli funzionanti in corrente continua con l'uscita a transistor (PNP o NPN), sia modelli funzionanti in corrente alternata con l'uscita dotata di tiristore (SCR o Triac).

I modelli funzionanti in DC sono dotati di alcune misure di protezione per garantire un'elevata sicurezza di funzionamento contro i cortocircuiti, i sovraccarichi e l'inversione di polarità. Gli interruttori di prossimità capacitivi, in modo analogo ai tipi induttivi, possono comandare direttamente sistemi elettronici oppure relè, contattori ausiliari ed elettrovalvole; in particolare, i modelli in corrente alternata a due fili sono collegabili in serie al carico.

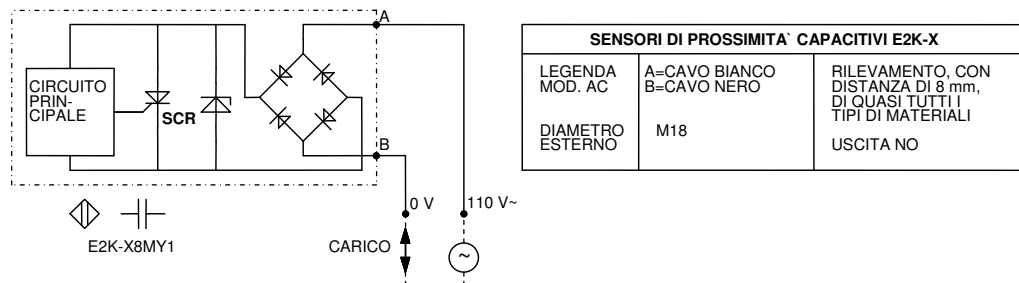


Fig. 6.161 - Schema di collegamento dell'interruttore di prossimità capacitivo con circuito di uscita in AC, modello E2K-X (Omron).

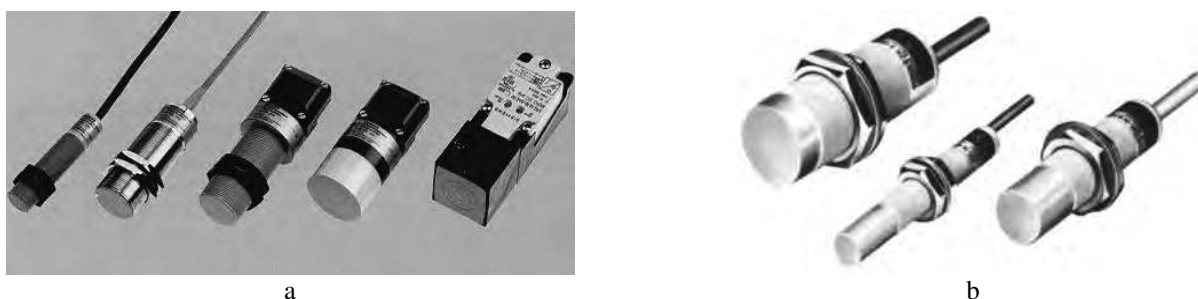


Fig. 6.162 - a) Interruttori di prossimità capacitivi BERO 3RG16. Si noti, nel modello con la superficie sensibile quadrata, la presenza di un mirino per facilitare la taratura in fase di messa a punto dell'impianto (Siemens) - b) Interruttori di prossimità capacitivi E2K-X (Omron).

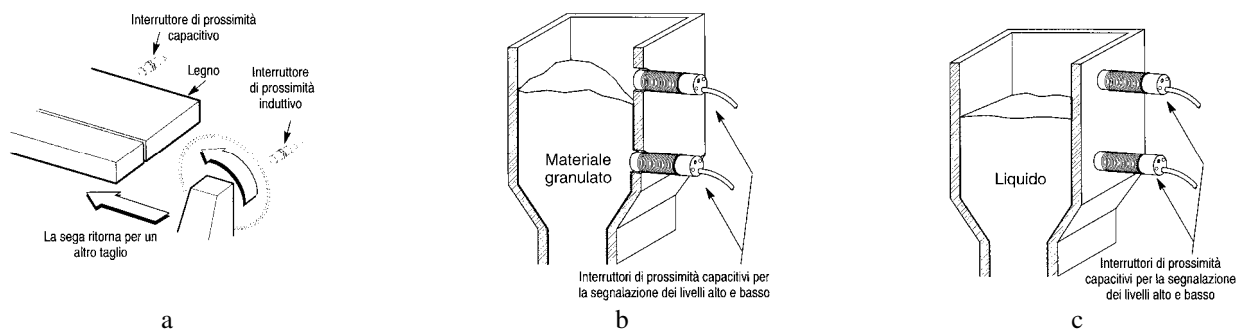


Fig. 6.163 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità capacitivi: a) Industria del legno - b) Controllo del livello di materiale granulato - c) Controllo del livello di un liquido (AB).

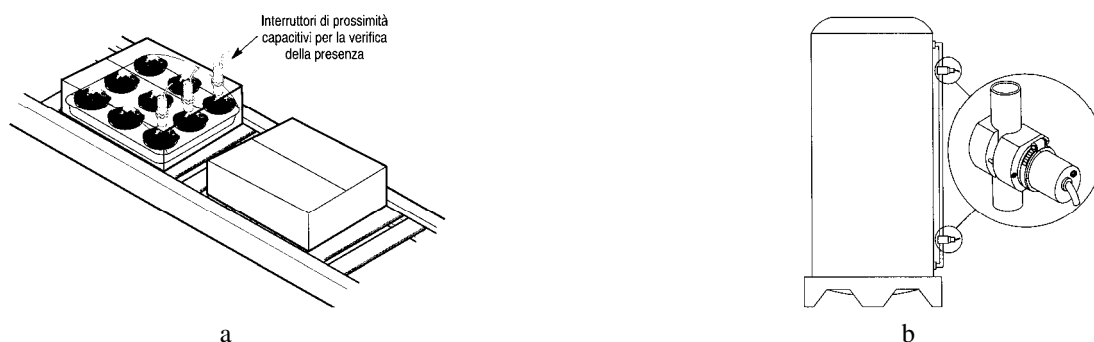


Fig. 6.164 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità capacitivi: a) Produzione alimentare - b) Controllo del livello di un serbatoio in trasparenza (AB).

Gli interruttori di prossimità capacitivi possono essere utilizzati, per esempio, per le seguenti applicazioni:

- 1) rilevamento del livello di liquidi
 - rilevamento attraverso un vetro spia per il controllo del livello del liquido, come la pastella per la lavorazione dei prodotti alimentari o l'inchiostro per applicazioni di stampa,
 - inserimento, attraverso tubi a tenuta stagna, in tamburi o serbatoi di deposito di sostanze chimiche o di soluzioni acquose;
- 2) linee di riempimento contenitori
 - applicazioni di imbottigliamento (per esempio, dello shampoo),
 - rilevamento di confezione piena per assicurare che in un contenitore vi sia il numero richiesto di prodotti,
 - controllo di livello del materiale (per esempio, di cereali all'interno di scatole);
- 3) rilevamento di parti di plastica
 - parti di plastica nelle confezioni di prodotti, quali beccucci nelle scatole di detersivi per lavatrici,
 - materiali plastici in una tramoggia;
- 4) rilevamento di pallet per la movimentazione di materiali;
- 5) rilevamento di prodotti dalla forma irregolare
 - oggetti orientati in modo casuale sul nastro convogliatore,
 - oggetti a elevata consistenza.

6.20 Interruttori di prossimità a ultrasuoni

Gli interruttori di prossimità induttivi e capacitivi riescono a rilevare oggetti sino ad una distanza massima di 50 mm. Qualora l'oggetto si trovi ad una distanza superiore, non è più possibile operare con questi dispositivi. Per questo motivo, si utilizzano gli interruttori di prossimità a ultrasuoni, che consentono di rilevare oggetti a distanze comprese tra 6 cm e 15 m. Gli interruttori a ultrasuoni emettono un impulso sonoro, che è riflesso dagli oggetti che entrano nel campo dell'onda.

Il suono riflesso, o "eco", è così ricevuto dal sensore e tale rilevamento genera un segnale di uscita per un attuatore o un PLC. Il segnale di uscita può essere analogico o digitale.

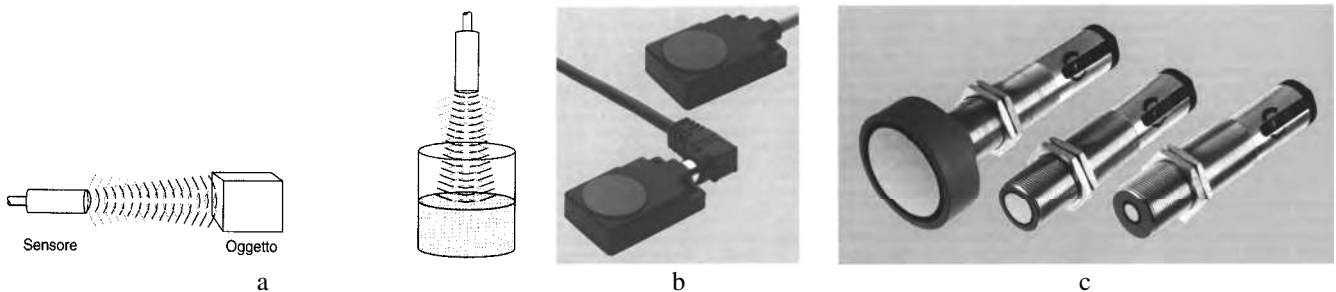


Fig. 6.165 - a) Gli interruttori di prossimità a ultrasuoni possono rilevare oggetti solidi e liquidi in grado di rinviare l'eco delle onde sonore - b) Interruttori di prossimità capacitivi BERO 3RG16, forma costruttiva piatta - c) Interruttori di prossimità a ultrasuoni BERO SONAR 3RG6 serie compatta (Siemens).

La tecnologia di rilevamento a ultrasuoni si basa sul principio che il suono ha una velocità relativamente costante.

Il tempo necessario all'onda ultrasonica dell'interruttore per colpire l'oggetto ed essere riflessa è direttamente proporzionale alla distanza dall'oggetto.

Per questo motivo, gli interruttori a ultrasuoni sono utilizzati frequentemente per applicazioni di misurazioni della distanza, come il controllo di livello.

Questi interruttori sono in grado di rilevare la maggior parte degli oggetti metallici o non metallici, trasparenti od opachi, liquidi, solidi o granulari, con un sufficiente fattore di riflessione acustica.

Un altro vantaggio di questo tipo di interruttori è che il loro funzionamento risente meno della presenza di condensa rispetto agli interruttori fotoelettrici.

L'aspetto negativo è rappresentato, invece, dal fatto che i materiali fonoassorbenti, quali la stoffa, la gomma elastica, la farina e la schiuma, sono difficili da rilevare.

Un interruttore di prossimità a ultrasuoni è composto da quattro parti fondamentali: trasduttore/ricevitore, comparatore, circuito di rilevamento e uscita allo stato solido.

Il trasduttore a ultrasuoni genera impulsi, diffondendo onde sonore dalla faccia del sensore verso l'esterno. Il ricevitore riceve, successivamente, gli echi di tali onde, che sono rinviati da un oggetto.

Quando l'interruttore riceve l'eco, il comparatore calcola la distanza confrontando gli intervalli di tempo di emissione-ricezione con la velocità del suono.

L'uscita allo stato solido genera un segnale elettrico, che, successivamente, è inviato, per esempio, ad un PLC. Il segnale emesso dai sensori digitali indica la presenza o l'assenza di un oggetto nel campo di rilevamento.

Il segnale prodotto dagli interruttori analogici indica, invece, la distanza da un oggetto nel campo di rilevamento.

In generale, gli interruttori industriali funzionano a una frequenza compresa tra 25 e 500 kHz.

Per le unità medicali a ultrasuoni, la frequenza di esercizio è di 5 MHz o superiore. La frequenza di rilevamento è inversamente proporzionale alla distanza di rilevamento; un'onda sonora di 50 kHz potrà così essere attiva fino a una distanza di 10 m o più, mentre un'onda di 200 kHz è limitata a campi di rilevamento di circa 1 m.

Il materiale e le dimensioni dell'oggetto determinano la distanza massima a cui l'interruttore è in grado di rilevare l'oggetto stesso.

A una maggiore difficoltà di individuazione dell'oggetto corrisponde una minore distanza di rilevamento massima. I materiali fonoassorbenti (schiuma, cotone, gomma, ecc.) sono più difficili da rilevare rispetto a quelli che riflettono le onde sonore (acciaio, plastica e vetro).

I materiali fonoassorbenti possono essere rilevati limitando la distanza massima di rilevamento.

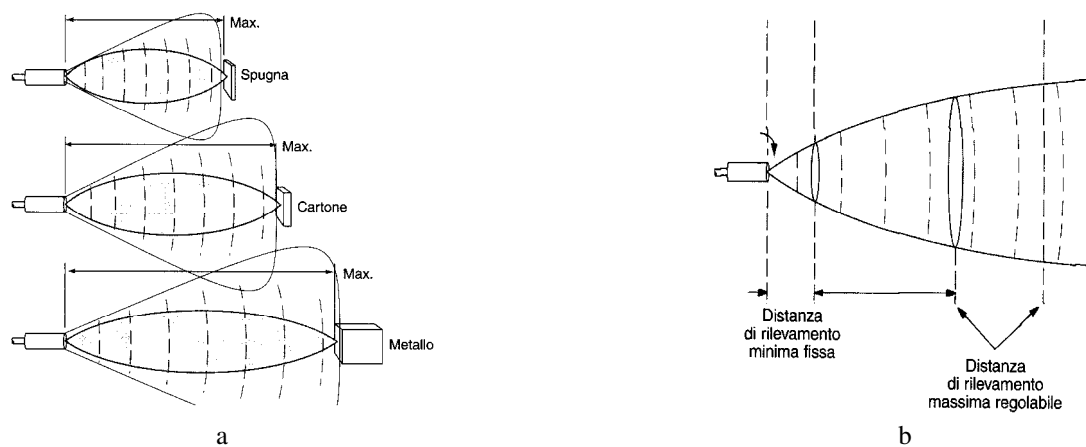


Fig. 6.166 - a) Campo di rilevamento con la sensibilità massima - b) Distanza di rilevamento regolabile.

Alcuni modelli sono caratterizzati dalla presenza di un potenziometro a vite, che consente di regolare il valore finale della zona di intervento selezionata, mentre il valore iniziale è fisso (per esempio, 20 cm). Per questi modelli non esiste la zona di blocco.

Altri modelli, invece, hanno la possibilità di regolare sia il valore finale della zona di intervento selezionata, sia il valore iniziale, con l'aiuto di un secondo potenziometro a vite, anch'esso posizionato sul corpo dell'apparecchio.

La segnalazione LED dell'apparecchio ha, in questo caso, la doppia funzione di segnalare, con luce continua, quando l'oggetto da rilevare si trova nella zona di intervento selezionata e, con luce intermittente, eventuali errori di impostazione (per esempio, se il valore iniziale impostato è maggiore del valore finale).

Per l'allineamento dell'interruttore, i costruttori forniscono, nei cataloghi o nella confezione del dispositivo, in funzione dei vari modelli, le procedure di taratura, che prevedono, normalmente, dei trimmer o microinterruttori, su cui agire mediante cacciavite, e LED che forniscono all'operatore (mediante accensione, spegnimento, livello di luminosità e colore) le informazioni sullo stato di taratura del dispositivo.

Nonostante i costruttori forniscano le informazioni generali sulla sensibilità dei propri interruttori, per ogni applicazione, sono necessarie prove al fine di determinare la distanza massima di rilevamento.

Alcuni modelli analogici sono dotati di una funzione di soppressione dello sfondo, che consente di ignorare tutti gli oggetti oltre una certa distanza, regolata dall'utente mediante un trimmer di regolazione.

Gli oggetti non bersaglio nel campo di rilevamento possono essere nascosti all'interruttore da materiali fonoassorbenti oppure posizionandoli in modo che i loro echi siano riflessi lontano dall'interruttore.

Esistono dei modelli caratterizzati da un trasmettitore e un ricevitore separati: quando un oggetto si interpone tra i due, il ricevitore dà o nega il segnale di uscita.

Si trovano in commercio versioni compatte, adatte per il montaggio dove non si dispone di molto spazio; in questo caso, l'elettronica di controllo è separata dal corpo dell'interruttore ed è collegata ad esso mediante un apposito cavo (v. fig. 6.169a).

Sono previsti apparecchi con funzione di uscita in chiusura o in apertura e, in alcuni casi, selezionabili mediante microinterruttori (dip-switch).

Di seguito è riportato il comportamento di un interruttore di prossimità a ultrasuoni.

Si evidenzia:

- una zona inattiva o area cieca, entro la quale la risposta dell'interruttore non è affidabile;
- una zona di blocco, dove l'interruttore rileva in ogni caso gli oggetti, commutando lo stato logico dell'uscita; il bordo esterno dell'area inattiva corrisponde alla distanza minima a cui un oggetto può trovarsi dall'interruttore senza che l'eco sia ignorato o letto in modo errato dall'interruttore stesso;
- una zona di intervento selezionata, entro la quale la distanza di intervento può essere regolata tramite un potenziometro o un preselettore a decadi, presenti sul circuito di controllo;
- oltre il valore finale, l'interruttore non rileva più gli oggetti, oppure non li rileva con la dovuta precisione.

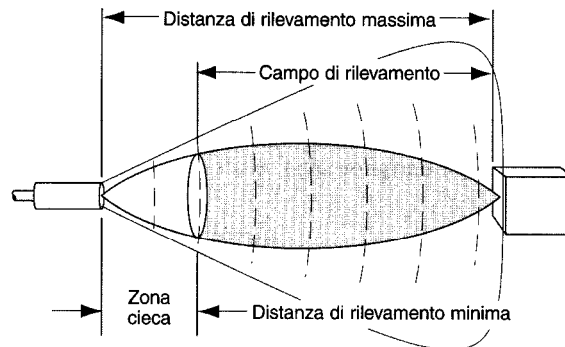


Fig. 6.167 - Definizione delle "zone" degli interruttori di prossimità a ultrasuoni (AB).

Tutti i modelli descritti precedentemente funzionano, generalmente, in corrente continua e, normalmente, hanno un'uscita statica a tre fili di tipo PNP o NPN, a seconda del tipo di transistor utilizzato nel circuito di uscita.

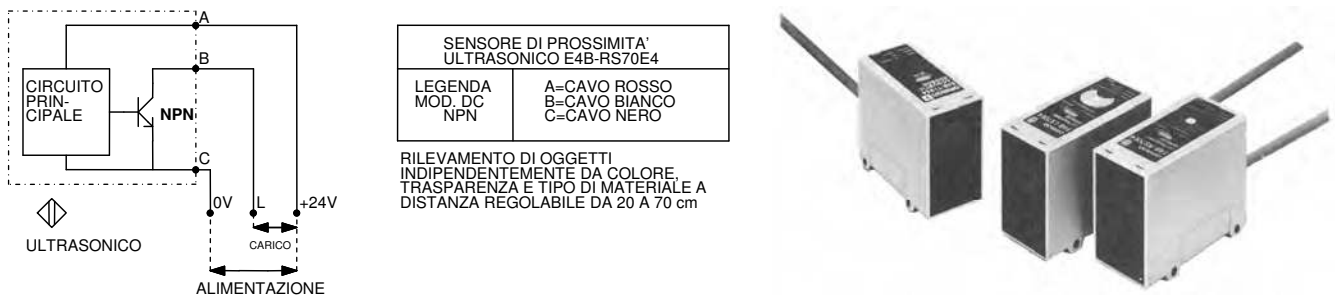


Fig. 6.168 - Interruttore di prossimità ultrasonico a zona prefissata con circuito di uscita a collettore aperto tipo NPN, modello E4B-RS70E4 (Omron).

Esistono modelli che possono essere collegati ad un elaboratore/convertitore, con i quali è possibile impostare una serie di parametri e di variabili.

Questa caratteristica consente di utilizzarli come misuratori o regolatori, piuttosto che come veri e propri interruttori di prossimità.

Sono apparecchi indipendenti dalla temperatura, che permettono la compensazione della temperatura ambiente (da -25 °C a +70 °C) e di ottenere misurazioni estremamente precise (un aumento della temperatura comporta un aumento della velocità del suono, con una conseguente riduzione della distanza di intervento). La compensazione della temperatura è ottenuta mediante l'uso di una sonda posta sul corpo dell'interruttore.

L'apparecchio di controllo consente, mediante appositi tasti e un display, di:

- impostare la risoluzione desiderata, per esempio in millimetri o in centimetri;
- selezionare la zona di intervento;
- realizzare la misura relativa o differenziale, che permette, nel caso della misurazione del livello di un serbatoio (minimo e massimo), di fornire l'altezza reale del materiale da rilevare;
- gestire un'uscita analogica, proporzionale alla distanza (compresa, per esempio, fra 4 e 20 mA) e selezionabile o in modo crescente da 4 a 20 mA o in modo decrescente da 20 a 4 mA;
- gestire dei contatti in uscita (per esempio, uno per la zona di blocco e uno per la zona di intervento selezionata);
- gestire un contatto di allarme che si chiude in presenza di disturbi esterni (interruttore scollegato, sonda di compensazione della temperatura distaccata, ecc.);
- gestire un secondo interruttore di riferimento per la compensazione di influssi ambientali.

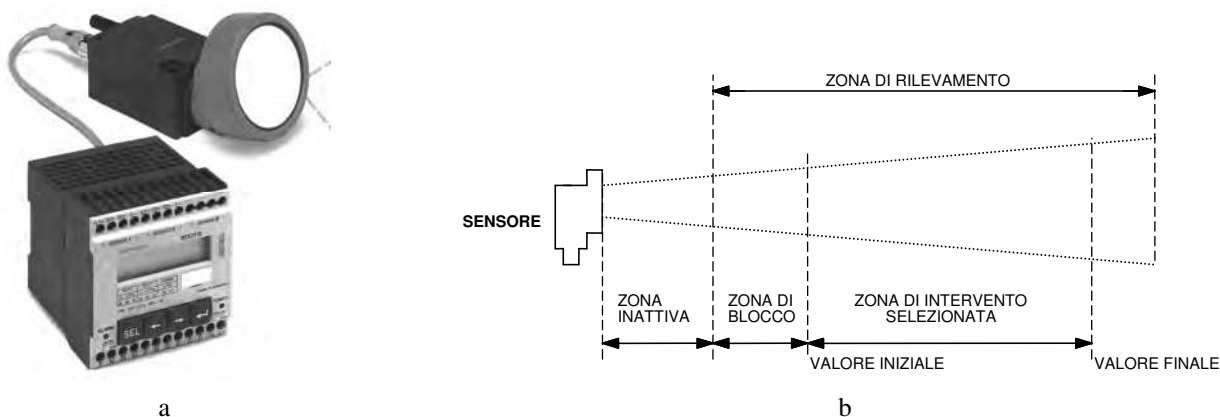


Fig. 6.169 - a) Interruttore di prossimità ultrasonico con unità di controllo BERO SONAR con montaggio su guida DIN - b) Zone di funzionamento (Siemens).

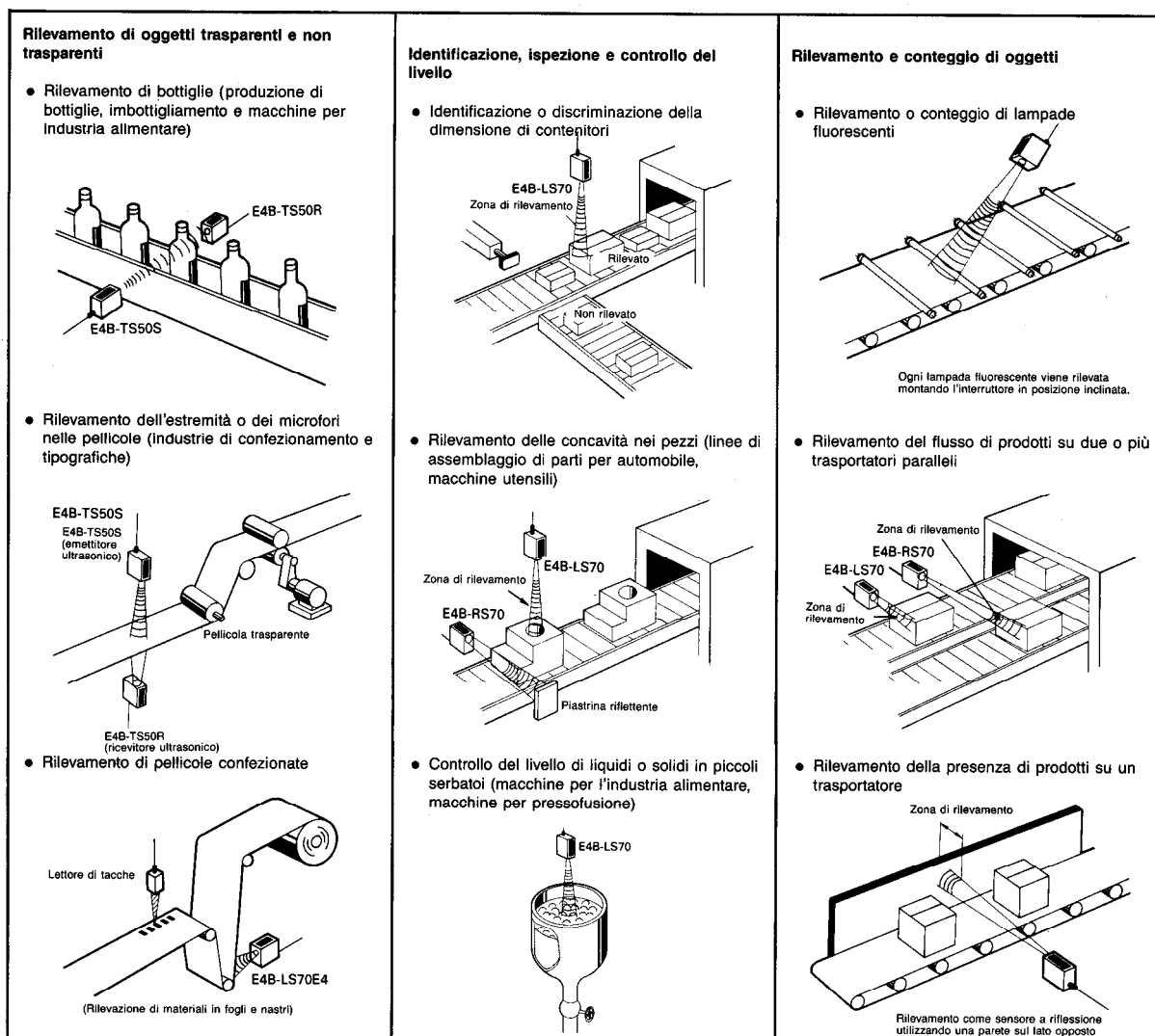


Fig. 6.170 - Esempi applicativi degli interruttori di prossimità a ultrasuoni (Omron).

Per una corretta installazione è opportuno ricordare quanto delineato nelle righe che seguono.

- Questi interruttori utilizzano l'aria come mezzo di trasmissione delle onde acustiche. Per questo motivo, occorre evitare di installarli in ambienti nei quali esistono frequenti escursioni termiche o in posizioni dove la convezione dell'aria è significativa. Rapide variazioni del flusso dell'aria (per esempio, raffiche di calore delle cortine d'aria), all'interno del campo di rilevamento degli interruttori di prossimità a ultrasuoni, possono provocare dei malfunzionamenti. Infatti, un'eco può essere indebolito o deviato fino al punto da non essere affatto ricevuto. In queste condizioni, le caratteristiche del campo di lavoro, dell'accuratezza e della stabilità di rilevamento possono peggiorare sensibilmente.

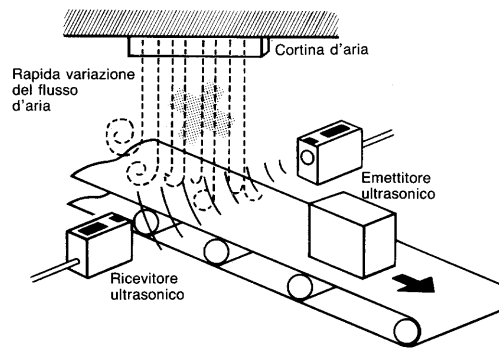


Fig. 6.171 - Esempio di malfunzionamento causato da una rapida variazione del flusso d'aria (Omron).

- Il sibilo prodotto dagli effusori d'aria contiene vari componenti di frequenza che possono avere un effetto negativo sul funzionamento degli interruttori di prossimità a ultrasuoni. Occorre verificare, di conseguenza, la presenza di tali sorgenti sonore prima di effettuare l'installazione. In presenza di più interruttori nella medesima zona di rilevamento, per evitare interferenze, è necessario osservare le distanze minime indicate dal costruttore fra i coni di emissione/rilevazione dei diversi interruttori.
- I modelli che funzionano sulla riflessione degli impulsi a ultrasuoni (reflex) potrebbero non essere in grado di rilevare oggetti realizzati con materiali fonoassorbenti.
- Sebbene le normali variazioni della pressione atmosferica incidano in misura trascurabile sull'accuratezza delle misurazioni, gli interruttori di prossimità a ultrasuoni non sono tuttavia costruiti per funzionare in ambienti con pressione atmosferica elevata o bassa, in quanto valori estremi di pressione possono determinare danni al trasduttore o al sensore.
- In applicazioni per il rilevamento di liquidi, l'interruttore non deve essere installato in modo che acqua o altri fluidi rimangano depositati sulla faccia di rilevamento. In generale, al fine di conservare l'efficacia operativa dell'interruttore, occorre evitare che si creino depositi di solidi o di liquidi sulla faccia dell'interruttore. Inoltre, la faccia dell'interruttore può deteriorarsi, se utilizzata in atmosfere corrosive acide o alcaline.

Per quanto riguarda l'installazione, occorre considerare che la distanza fra gli interruttori è determinata dall'angolo di propagazione del loro fascio ultrasonico e deve essere di una misura tale da non provocare l'interferenza reciproca fra i dispositivi. A volte, tale interferenza viene chiamata *crosstalk* (diafonia).

Quando si utilizzano più interruttori a ultrasuoni, è possibile distanziarli l'uno dall'altro secondo le configurazioni rappresentate nella fig. 6.172b.

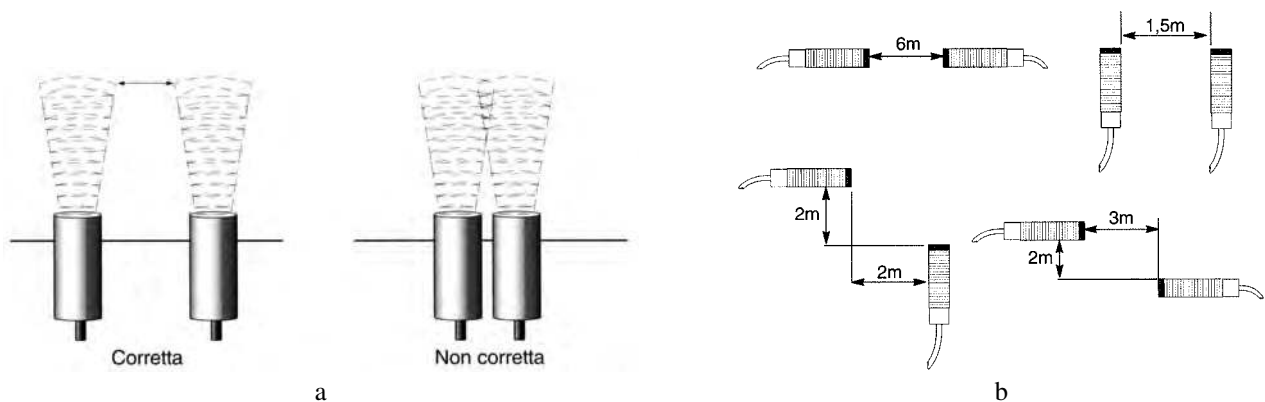


Fig. 6.172 - a) Installazione di due interruttori di prossimità a ultrasuoni - b) Distanze minime di installazione (AB).

Gli interruttori di prossimità a ultrasuoni sono, in genere, meno influenzati dalle caratteristiche della superficie dell'oggetto rispetto ai dispositivi fotoelettrici, ma richiedono che la faccia sensibile dell'interruttore non sia ruotata più di alcuni gradi (per esempio, 3°) dall'asse parallelo degli oggetti lisci e piatti da rilevare.

Quando si rilevano superfici a riflessione disordinata di oggetti con forma irregolare, l'angolo di incidenza diventa meno importante.

Come si è detto in precedenza, il campo di rilevamento può essere influenzato anche dalla temperatura dell'oggetto. Il calore irradiato da oggetti molto caldi può causare la distorsione del cono degli impulsi a ultrasuoni e determinare, quindi, sia la riduzione del campo di rilevamento, sia letture imprecise.

Le difficoltà di rilevamento sono inversamente proporzionali alle dimensioni dell'oggetto; inoltre, ad una distanza maggiore corrisponde un tempo maggiore per il rilevamento, a causa del tempo superiore per il ricevimento dell'eco da parte dell'interruttore stesso.

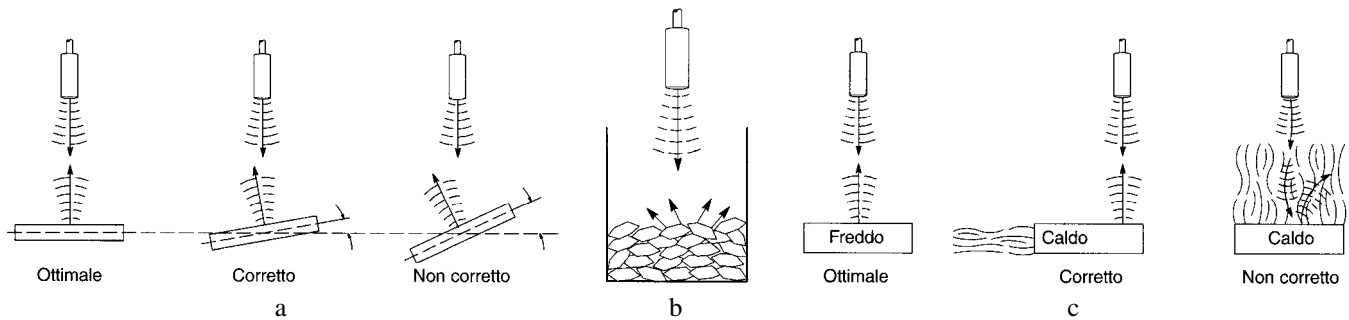


Fig. 6.173 - a) Gli oggetti piatti e lisci, per essere rilevati, devono essere allineati in modo preciso - b) In genere per gli oggetti di forma irregolare occorre una minore precisione - c) La temperatura dell'oggetto può influenzare le caratteristiche del rilevamento (AB).

Gli interruttori di prossimità a ultrasuoni possono essere utilizzati per svariate applicazioni, tra le più comuni è possibile trovare le seguenti:

- controllo della mancanza di oggetti su nastri trasportatori;
- controllo della presenza di nastri continui;
- controllo di contenitori pieni e vuoti;
- controllo di riempimento di silos o serbatoi;
- controllo di riempimento di vasche industriali;
- controllo di getti di liquidi;
- rilevamento di autoveicoli o parti di componenti degli stessi;
- determinazione dell'altezza di impilamento (carta, legno, laterizi, ecc.) per caricatori automatici;
- classificazione di contenitori o oggetti di diversa altezza, controllo e conteggio di oggetti su nastri trasportatori;
- sorveglianza di zone d'accesso;
- controllo anticollisione per gru, carrelli e veicoli su rotaie.

6.21 Interruttori di prossimità fotoelettrici

Nell'automazione industriale, sono molto diffusi, per il rilevamento di oggetti, livelli e fori, gli interruttori di prossimità fotoelettrici (fotocellule). Nella versione base, un interruttore di prossimità fotoelettrico sostituisce, mediante un fascio di luce, la funzione svolta dall'attuatore meccanico o dalla leva.

Con questa radiazione luminosa, il dispositivo può essere impiegato in applicazioni in cui siano richieste distanze di rilevamento, che possono essere inferiori a 2,5 cm e arrivare fino a oltre 100 m.

Il funzionamento di tutti questi interruttori si basa sul rilevamento di una variazione del livello di luce ricevuto da un fotodiodo. Il cambiamento della radiazione luminosa consente all'interruttore di rilevare la presenza o l'assenza dell'oggetto, le sue dimensioni, la sua forma, il fattore di riflessione, l'opacità, la traslucidità e il colore.

Gli interruttori fotoelettrici consentono un rilevamento accurato di oggetti senza contatto fisico e sono disponibili in varie esecuzioni, fornendo un numero elevato di possibilità, a livello di prestazioni di rilevamento, caratteristiche di uscita e opzioni di montaggio.

Molti interruttori presentano, inoltre, funzioni di logica o di collegamento a bus di campo del dispositivo, consentendone l'uso autonomo in applicazioni che, altrimenti, richiederebbero l'uso di un PLC.

Negli interruttori di prossimità fotoelettrici, una sorgente luminosa proietta un fascio di luce su un oggetto e, successivamente, un ricevitore di luce, rivolto verso lo stesso oggetto, rileva la presenza o l'assenza della luce diretta o riflessa generata dalla sorgente. Il rilevamento della luce determina la produzione di un segnale di uscita analogico o digitale da inviare ad un attuatore o ad un PLC.

Un interruttore di questo tipo è formato da cinque parti fondamentali: emettitore o sorgente luminosa, ricevitore o fotorilevatore, circuito di logica, uscita e lenti (v. fig. 6.175a).

Nella maggior parte degli interruttori fotoelettrici (v. fig. 6.175b), la **sorgente luminosa** è costituita da un diodo emettitore di luce (LED). Un LED è un dispositivo semiconduttore allo stato solido in grado, se alimentato, di emettere luce. I LED sono costruiti per emettere specifiche lunghezze d'onda o colori della luce. Nella maggioranza degli interruttori fotoelettrici, i LED emettono una radiazione luminosa appartenente allo spettro

dell'infrarosso, oppure della luce visibile rossa, verde o blu. I LED e i circuiti ad essi correlati compongono l'emettitore.



Fig. 6.174 - Interruttori di prossimit  fotoelettrici (Banner).

I vari LED presentano caratteristiche diverse in base al colore. Rispetto a qualunque LED emettitore di una lunghezza d'onda, o colore della luce, quelli agli infrarossi sono i pi  efficaci, poich  generano una maggior radiazione luminosa e una minor quantit  di calore. I LED agli infrarossi sono utilizzati, quindi, nei casi in cui sia richiesta la massima produzione di luce per un intervallo di rilevamento esteso.

In alcune applicazioni,   preferibile un raggio di luce visibile in modo da facilitare l'impostazione dell'interruttore o confermare il funzionamento. Per questo tipo di esigenze, il tipo di LED pi  efficace   quello a luce visibile rossa. I LED a luce visibile rossa, blu e gialla sono utilizzati in applicazioni in cui occorre rilevare colori o contrasti specifici. Inoltre, essi sono impiegati come indicatori di stato dell'interruttore.

Da poco tempo, come emettitori di luce, sono utilizzati anche i diodi al laser, nei quali la luce emessa ha una lunghezza d'onda (colore) costante, mentre il fascio di luce ha un piccolo diametro e una maggiore distanza di emissione.

Gli emettitori a diodo laser sono, generalmente, pi  costosi di quelli composti da diodi LED normali. Inoltre, pur raggiungendo la distanza massima di rilevamento, in realt , il raggio laser   di piccole dimensioni e, per questo motivo, pu  essere facilmente interrotto dal particolato presente nell'aria. Inoltre, gli installatori devono cautelarsi contro le esposizioni non corrette al raggio laser, secondo quanto descritto nelle normali procedure di sicurezza.

Uno dei maggiori vantaggi di un diodo LED   rappresentato dalla possibilit  di essere attivato e disattivato molto rapidamente. Tale caratteristica consente di ottenere la produzione di impulsi luminosi (v. fig. 6.175c).

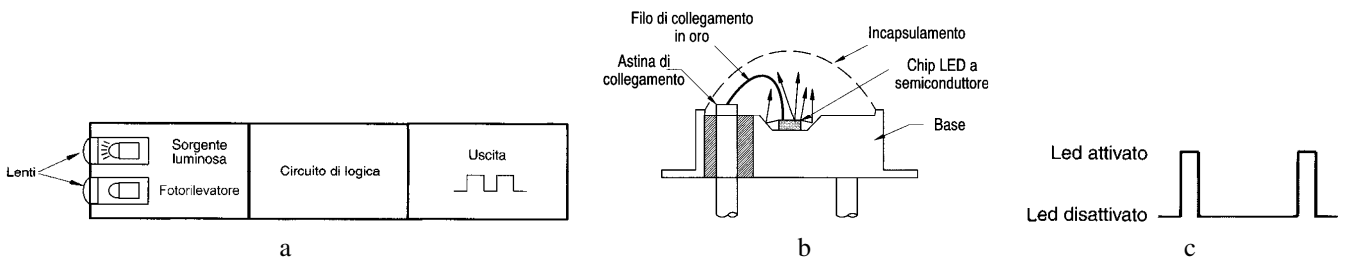


Fig. 6.175 - a) Parti fondamentali di un interruttore di posizione fotoelettrico - b) Struttura di un diodo LED - c) Modulazione della luce prodotta da un diodo LED; il ciclo di utilizzazione  , normalmente, inferiore al 5% (AB).

La quantit  di luce generata da un LED   determinata dal livello di corrente che lo attraversa. Per accrescere l'intervallo di funzionamento di un interruttore fotoelettrico, occorre aumentare l'intensit  di corrente. Tuttavia, in questo modo, si genera anche calore, che pu  diventare eccessivo e danneggiare il LED stesso.

I LED utilizzati negli interruttori fotoelettrici si attivano e si disattivano rapidamente, cioè modulano la corrente che li attraversa. Un basso ciclo di utilizzazione (normalmente inferiore a 5%) consente all'intensità di corrente (e, quindi, alla quantità di luce emessa) di superare di gran lunga i valori che sarebbero consentiti con un funzionamento in servizio continuo.

La frequenza di modulazione è spesso superiore a 5 kHz e, quindi, sensibilmente più elevata rispetto ai valori rilevabili dall'occhio umano.

Il **fotorilevatore** è un dispositivo allo stato solido utilizzato per captare la luce emessa dalla sorgente (diodo LED o diodo laser).

Il rilevatore, costituito da un fotodiodo o un fototransistor, è un componente che determina una variazione della corrente che lo attraversa, in funzione della quantità di luce ricevuta.

I fotorilevatori sono più sensibili a certe lunghezze d'onda della luce e lo spettro di risposta determina la loro sensibilità alle differenti lunghezze d'onda della luce.

Al fine di migliorare l'efficacia del rilevamento, il diodo LED e il fotorilevatore sono abbinati, spesso, in base alle loro caratteristiche di spettro. Il fotorilevatore e i circuiti relativi costituiscono il ricevitore.

La superficie della maggior parte degli oggetti ha almeno un piccolo fattore di riflessione ottica. Le superfici opache tendono a riflettere la luce in molte direzioni, mentre quelle lisce e lucide indirizzano in modo costante la luce nella stessa direzione, producendo gli effetti visivi della riflessione e dell'abbagliamento (conosciuti come riflessione speculare: la luce è riflessa con lo stesso angolo con cui è stata emessa).

L'entità e il tipo di riflessione degli oggetti da rilevare costituiscono un elemento importante per la scelta e l'uso degli interruttori di prossimità fotoelettrici. Infatti, come si vedrà in seguito, il fotorilevatore può ricevere la luce sia direttamente dalla sorgente, sia in forma riflessa.

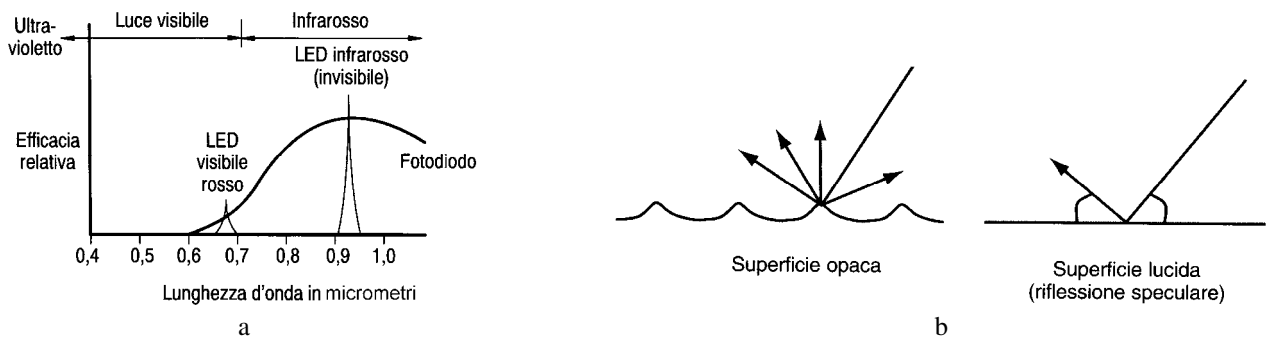


Fig. 6.176 - a) Risposta in frequenza di un fotorilevatore - b) Luce riflessa da una superficie opaca (ruvida) e da una lucida (liscia).

Il **circuito di logica**, inserito nell'interruttore, comprende i componenti elettronici necessari per modulare il LED, amplificare il segnale proveniente dal rilevatore e determinare se l'uscita deve essere attivata.

Quando è rilevata una sufficiente variazione del livello di luce, l'interruttore fotoelettrico commuta un dispositivo di uscita, che può essere analogico o digitale (allo stato solido o a relè), come descritto precedentemente.

Gli interruttori fotoelettrici possono essere alloggiati in custodie separate per l'emettitore e per il ricevitore, oppure in un'unità singola.

Nella fig. 6.177a, il fotodiodo attiva l'uscita al rilevamento della luce; quando un oggetto interrompe il fascio di luce tra la sorgente e il ricevitore, l'uscita è disattivata.

Nella fig. 6.177b, l'emettitore, il ricevitore e la logica sono alloggiati nella stessa custodia. L'uscita si attiva quando un oggetto riflette la luce verso il ricevitore; l'uscita si attiva, così, in presenza dell'oggetto.

Questa soluzione facilita la progettazione di un controllo, limitando le interferenze che possono derivare da altre sorgenti modulate.

Come si è detto in precedenza, il ricevitore è destinato a rilevare la luce opportunamente modulata. Per aumentare ulteriormente l'affidabilità di rilevamento, si provvede alla sincronizzazione della sorgente e del ricevitore, in modo che quest'ultimo riconosca unicamente gli impulsi luminosi identici a quelli generati dall'emettitore.

Il rilevamento sincrono consente di ignorare gli impulsi luminosi provenienti da altri dispositivi fotoelettrici vicini o da sorgenti luminose (come le lampade a fluorescenza, in particolare se alimentate mediante regolatori elettronici).

Il rilevamento sincrono è comunemente adottato in quei casi in cui l'emettitore e il ricevitore sono ubicati nella stessa custodia, per tutti i modi di rilevamento, ad eccezione di quello a barriera o sbarramento. I dispositivi di controllo separati non sono in grado, infatti, di fornire un rilevamento sincrono.

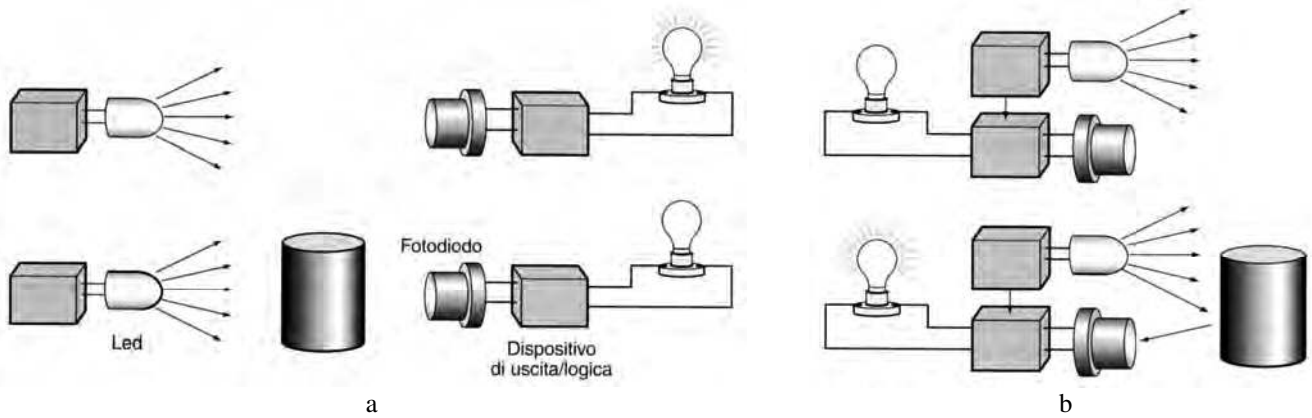


Fig. 6.177 - Circuito base degli interruttori di prossimità fotoelettrici: a) Emettitore e ricevitore separati - b) Emettitore e ricevitore in un'unità singola (AB).

Normalmente, i LED emettono luce e i fotorilevatori la rilevano su un'ampia area. Al fine di restringere o modificare la forma di tale area, sono utilizzate delle **lenti**. A tale restringimento dell'area corrisponde un aumento della distanza di rilevamento.

Il fascio di luce emesso da una combinazione di LED e di lenti è, generalmente, di forma conica; nella maggior parte degli interruttori, l'area del cono aumenta con la distanza.

Le sorgenti a diodo laser generano un fascio stretto e contenuto entro confini paralleli; tale fascio tende, infatti, a divergere solo leggermente, in prossimità della distanza massima di rilevamento.

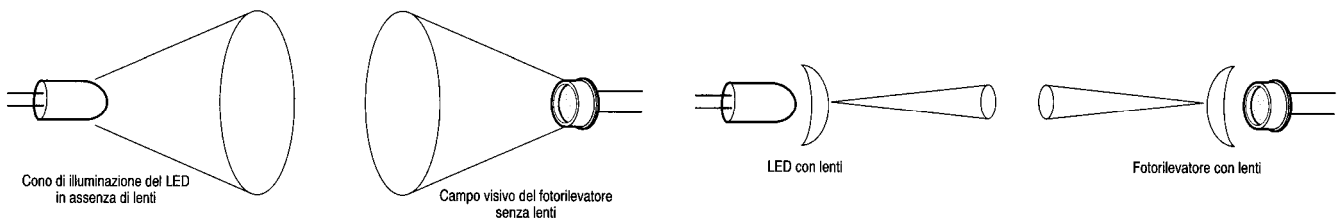


Fig. 6.178 - Diodi LED e fotorilevatori con o senza lenti (AB).

Alcuni interruttori fotoelettrici sono ottimizzati per grandi distanze di rilevamento. In questi casi, il campo visivo è abbastanza stretto e, qualora lo fosse in misura eccessiva, potrebbero presentarsi difficoltà di allineamento.

Altri tipi di interruttori fotoelettrici sono realizzati per il rilevamento di oggetti entro un'ampia area e, per tale scopo, presentano un cono largo, ma con una minore distanza di rilevamento.

Il campo visivo può essere descritto come un tubo flessibile analogo a quello utilizzato per annaffiare il giardino, e provvisto di un ugello all'estremità: per aumentare la distanza del getto, occorre restringere il profilo dello spruzzo/raggio; per ridurre la distanza massima, occorre, invece, allargare tale profilo.

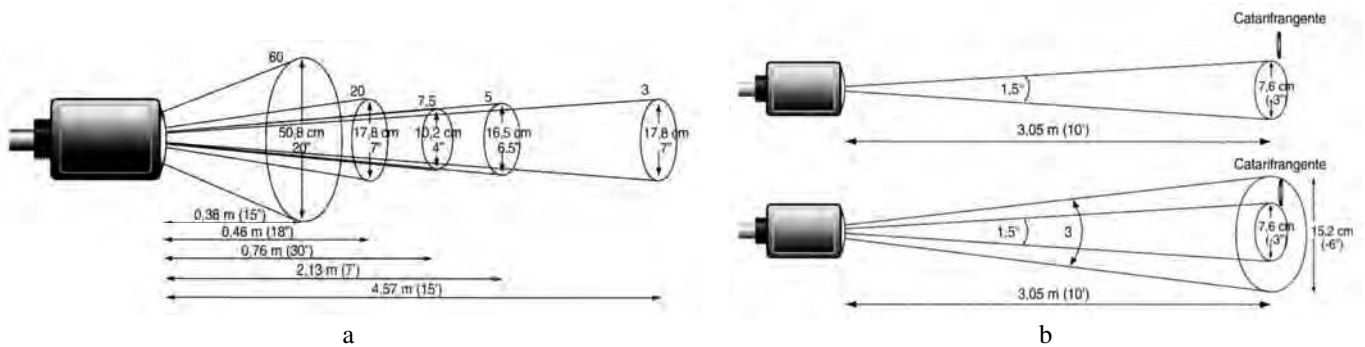


Fig. 6.179 - a) Campo visivo rispetto alla distanza relativa di rilevamento - b) Rapporto fra campo visivo e facilità di allineamento (AB).

Un normale campo visivo va da 1,5° a 7° per la massima distanza e facilità di allineamento. Gli interruttori con ampiezza di fascio superiore a 40° sono chiamati, generalmente, a *grandangolo*; i tipi con fascio convergente sono definiti, invece, a *fuoco fisso*.

Un interruttore con un campo visivo di $1,5^\circ$ ha un'area di illuminamento da 7,6 cm a 3,05 m, con un allineamento abbastanza difficoltoso.

Un interruttore con un campo visivo di 3° , invece, ha un'area di illuminamento di 15,2 cm a 3,05 m, con un allineamento abbastanza semplice (v. fig. 6.179b).

In relazione alle caratteristiche ottiche, che possono essere alquanto variabili, la maggior parte di questi interruttori non ha un campo visivo dalla forma perfetta.

Di conseguenza, il funzionamento generale può essere determinato con maggiore accuratezza da certe caratteristiche geometriche del fascio, la cui forma indica se un oggetto riflettente può essere rilevato all'interno dell'area mostrata nei cataloghi (v. fig. 6.180). Si presume che tale area sia di forma conica per ogni tipo di interruttore. Un oggetto all'esterno di questa area non è invece rilevato. Si noti che gli assi orizzontale e verticale possono avere una scala diversa.

Per la scelta di un interruttore, quindi, le specifiche del campo visivo possono essere utilizzate proficuamente, ma si consiglia di impiegare la forma del fascio, in quanto è notevolmente più precisa.

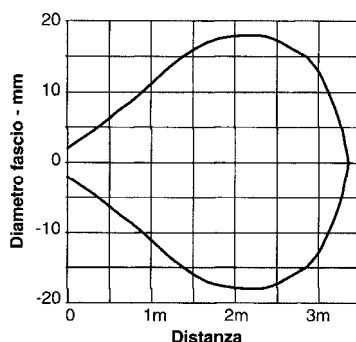


Fig. 6.180 - Esempio della forma del fascio del campo visivo di un interruttore fotoelettrico.

Tutte le forme del fascio, naturalmente, si riferiscono al rilevamento in condizioni di pulizia e con l'ottimale allineamento dell'interruttore.

Se la forma del fascio rappresenta la massima area di rilevamento, occorre sottolineare che la polvere, gli agenti contaminanti e la nebbia la diminuiscono, riducendo il range operativo dell'interruttore. Nella maggior parte degli ambienti industriali, sono prodotti agenti contaminanti, che si depositano sulle lenti degli interruttori fotoelettrici, sui catarifrangenti (per i tipi a riflessione con catarifrangente) e sugli oggetti. In tali ambienti, inoltre, possono essere rilasciati vapore, sostanze volatili e nebulizzate. Di conseguenza, questi dispositivi dovrebbero essere installati a distanze minori di quelle massime, al fine di aumentare il margine operativo ad un valore accettabile e, quindi, incrementare l'affidabilità dell'impianto o della macchina.

La distanza di rilevamento è garantita dal fabbricante, indicando valori nominali inferiori a quelli effettivi. Questo significa che l'effettiva distanza di rilevamento è superiore a quella dichiarata nelle specifiche del prodotto.

Gli interruttori fotoelettrici a riflessione con catarifrangente o a riflessione diretta presentano una piccola zona cieca, in prossimità del dispositivo. Al fine di assicurare un funzionamento affidabile, occorre posizionare i catarifrangenti o l'oggetto da rilevare all'esterno della distanza minima di rilevamento.

Il margine operativo è un concetto importante da tenere in considerazione quando si impiegano interruttori fotoelettrici. L'entità della manutenzione richiesta per questi dispositivi può essere ridotta al minimo, identificando i migliori livelli di margine per una data applicazione.

Il margine corrisponde alla misura della quantità di luce emessa dalla sorgente e rilevata dal ricevitore. Di seguito sono riportati alcuni esempi per chiarire il concetto espresso.

Il margine zero è ottenuto quando la luce emessa dalla sorgente non è rilevata nemmeno in parte dal ricevitore. Il margine uno è raggiunto quando è rilevata una quantità di luce appena sufficiente per commutare l'uscita. Infine, il margine venti è ottenuto quando è rilevata una quantità di luce 20 volte superiore a quella minima necessaria per far commutare l'uscita.

Il margine è definito come il rapporto tra l'effettiva quantità di luce rilevata e la quantità minima richiesta per commutare il dispositivo di uscita ed è espresso, solitamente, sotto forma di rapporto o come numero intero seguito da una "X". In altre parole, un margine 6 può essere espresso come 6:1, oppure come 6X.

Nelle pagine dei cataloghi è riportata una curva che dimostra in che misura il margine tipico sia influenzato dalla distanza di rilevamento (v. fig. 6.181a).

Per gli ambienti industriali, è generalmente raccomandato un margine di 2X. Margini operativi di 10X o superiori sono auspicabili, invece, in ambienti altamente contaminanti.

Per un oggetto standard, la distanza massima di rilevamento dell'interruttore, come rappresentato nel grafico di fig. 6.181a, è pari a 1 m (margine 1X); un margine di 4X può essere raggiunto approssimativamente a metà di tale distanza, cioè a 500 mm.

Anche negli interruttori fotoelettrici si verifica il fenomeno dell'isteresi. In questo caso, tale parametro è pari alla distanza fra il punto nel quale è rilevato un oggetto in avvicinamento all'interruttore e il punto che deve raggiungere, allontanandosi, per non essere più rilevato.

Quando un oggetto si avvicina all'interruttore, esso è rilevato alla distanza X; quando poi si allontana, continua ad essere rilevato fino alla distanza Y (v. fig. 6.181b).

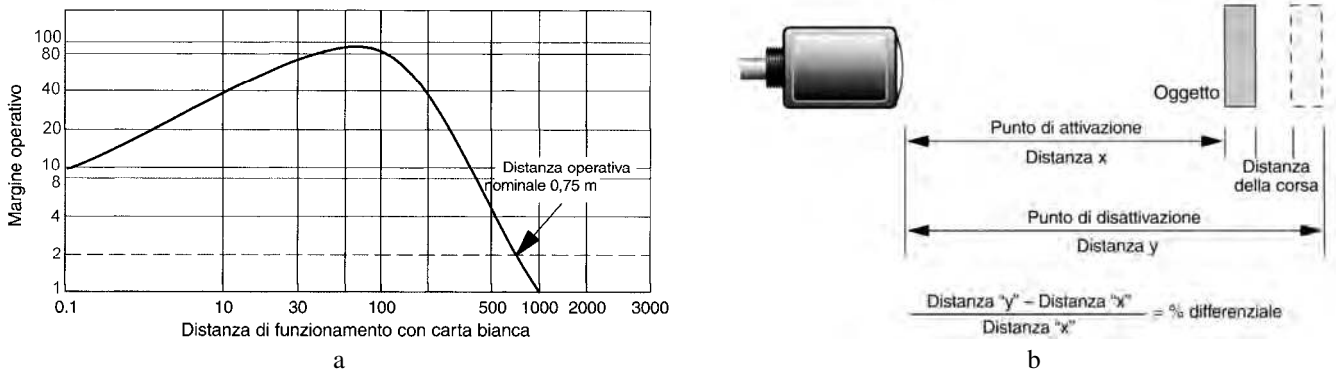


Fig. 6.181 - a) Curva di risposta tipica di un interruttore di prossimità fotoelettrico di tipo a riflessione diretta (taster) dove la distanza di funzionamento è espressa in millimetri - b) Isteresi (AB).

Nelle applicazioni a riflessione e a barriera, un alto valore di isteresi si rivela utile per il rilevamento di oggetti opachi di grandi dimensioni. L'isteresi elevata non è influenzata, generalmente, dalla posizione non costante degli oggetti entro l'area del fascio efficace.

Nelle applicazioni a riflessione diretta, l'impiego di interruttori ad alta isteresi è consentito anche nei casi in cui vi sia una grande differenza tra la luce riflessa dall'oggetto e quella riflessa dallo sfondo.

Bassi valori di isteresi richiedono minori variazioni del livello di luce. Alcuni interruttori fotoelettrici sono costruiti per consentire la selezione di un'isteresi bassa per questi tipi di applicazioni.

I dispositivi a bassa isteresi sono comunemente utilizzati per rilevare oggetti trasparenti, segni a basso contrasto e oggetti che non interrompano completamente il fascio efficace.

Il tempo di risposta di un interruttore fotoelettrico è l'intervallo di tempo che intercorre fra il rilevamento di un oggetto e la commutazione del dispositivo di uscita da ON a OFF o viceversa, nonché l'intervallo di tempo che occorre al dispositivo di uscita per commutare, quando l'oggetto non è più rilevato dall'interruttore.

In genere, il tempo di risposta è un parametro unico per entrambi i tempi di ON e di OFF. Tali tempi dipendono dalle caratteristiche progettuali dell'interruttore e dal tipo di uscita: gli interruttori fotoelettrici lenti consentono normalmente distanze di rilevamento maggiori rispetto a quelli veloci; i tempi, normalmente, variano tra 30 μs e 30 ms. Il tempo di risposta di un interruttore deve essere considerato in rapporto alla velocità di passaggio dell'oggetto attraverso il fascio di luce.

Una velocità di funzionamento molto elevata della macchina o il movimento rapidissimo dell'oggetto può impedire che l'interruttore fornisca una risposta sufficientemente veloce per l'attivazione della sua uscita.

Con i termini di funzionamento in chiaro (impulso luce) e di funzionamento in scuro (impulso buio) si descrive l'operatività dell'uscita di un interruttore, in presenza o in assenza dell'oggetto (v. fig. 6.182).

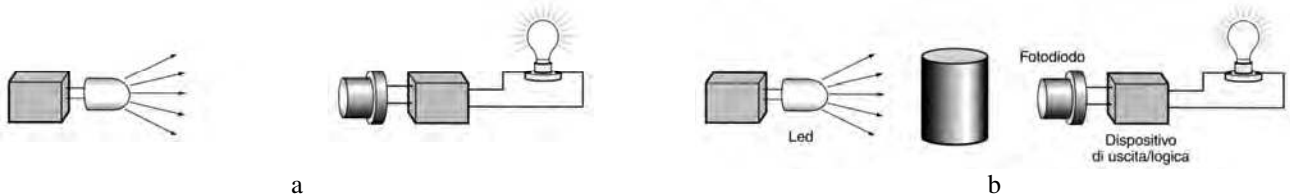


Fig. 6.182 - a) Funzionamento in chiaro o impulso luce - b) Funzionamento in scuro o impulso buio.

Un'uscita funzionante in chiaro è attivata quando il ricevitore è in grado di vedere una sufficiente quantità di luce proveniente dall'emettitore.

Per il rilevamento a barriera (altrimenti chiamato a sbarramento e a riflessione), un'uscita in chiaro è attivata in assenza dell'oggetto, quando la luce può passare dall'emettitore al ricevitore.

Per il rilevamento taster (altrimenti chiamato reflex o a riflessione diretta), l'uscita è attivata in presenza dell'oggetto, quando la luce dell'emettitore è riflessa sul ricevitore.

Un'uscita in scuro è attivata quando il ricevitore non può vedere la luce proveniente dalla sorgente.

Per il rilevamento a barriera, l'uscita in scuro è attivata in presenza dell'oggetto, quando la luce emessa dalla sorgente è interrotta e non può raggiungere il ricevitore.

Nel caso di rilevamento taster, un'uscita in scuro è attivata in assenza dell'oggetto.

Qualora l'interruttore sia alimentato in DC, è, a volte, possibile, invertendo le polarità dell'alimentazione dell'interruttore, modificarne il funzionamento.

Riassumendo, si parla di:

- “**impulso buio**”, se il segnale di uscita è dato quando il fascio luminoso è interrotto;
- “**impulso luce**”, se il segnale di uscita è dato quando il fascio luminoso è incidente sul ricevitore.

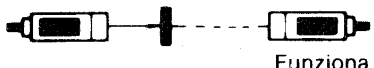
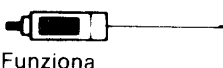

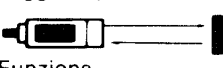
	Tipi a sbarramento e a riflessione	Tipi reflex
Funziona quando la luce è interrotta (Impulso-buio)	Oggetto presente  Funziona	Oggetto assente  Funziona
Funziona quando la luce è incidente (Impulso-luce)	Oggetto assente  Funziona	Oggetto presente  Funziona

Fig. 6.183 - Interruttori di prossimità fotoelettrici funzionanti a impulso buio o a impulso luce. Gli interruttori che hanno un funzionamento “impulso-buio” danno il segnale in uscita quando il fascio luminoso è interrotto o oscurato, mentre gli interruttori con funzionamento “impulso-luce” danno il segnale in uscita quando il fascio è incidente sul ricevitore (Omron).

In qualsiasi applicazione di questi interruttori, un fattore molto importante consiste nella selezione del migliore modo di rilevamento. Per gli interruttori di prossimità fotoelettrici, esistono tre tipi fondamentali di rilevamento: **a barriera**, altrimenti chiamati a sbarramento, **a riflessione**, altrimenti chiamati a riflessione con catarifrangente, e **taster**, altrimenti chiamati reflex o a riflessione diretta. Sono in commercio, inoltre, modelli a fibre ottiche, che si prestano per determinate applicazioni in spazi ristretti ed elevate temperature di funzionamento.

Ciascuno dei suddetti modi di rilevamento, che verranno descritti in dettaglio nelle pagine seguenti, è contraddistinto da punti forti e deboli peculiari, come riportato nella tab. 6.29, che devono essere tenuti in grande considerazione. Scegliere il miglior modo di rilevazione significa optare per quello che assicura il livello più alto di affidabilità per ogni applicazione specifica.

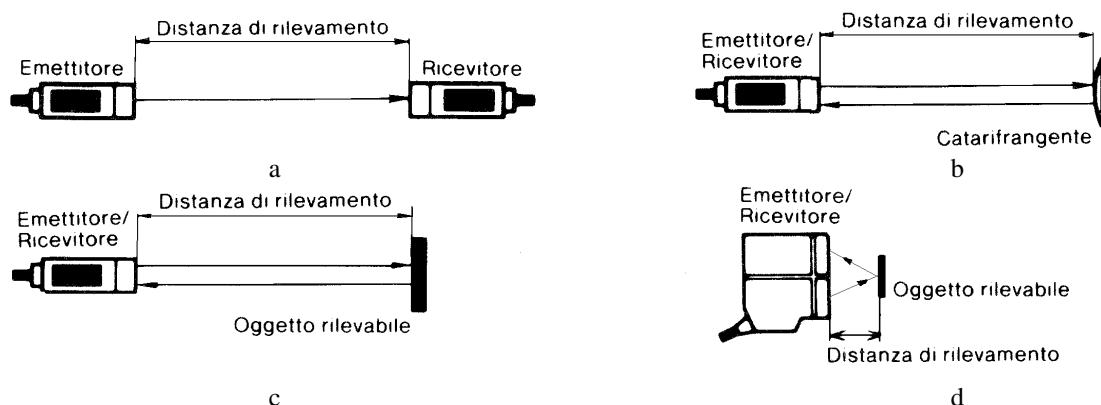


Fig. 6.184 - Principali sistemi di rilevamento degli interruttori di prossimità fotoelettrici: a) A barriera o a sbarramento - b) A riflessione o a riflessione con catarifrangente - c) Taster o reflex o riflessione diretta - d) Reflex focalizzato (Omron).

Il grado di protezione di queste apparecchiature è in genere elevato (IP67), in particolare per i tipi che devono essere installati all'aperto, come nel caso dei cancelli automatici, e per i modelli da utilizzare negli ambienti industriali.

Alcuni modelli di interruttori reflex, ad uscita analogica, sono in grado di modificare la tensione (0÷10 V) o la corrente in uscita (0÷20 mA), sulla base della distanza a cui si trova l'oggetto da rilevare.

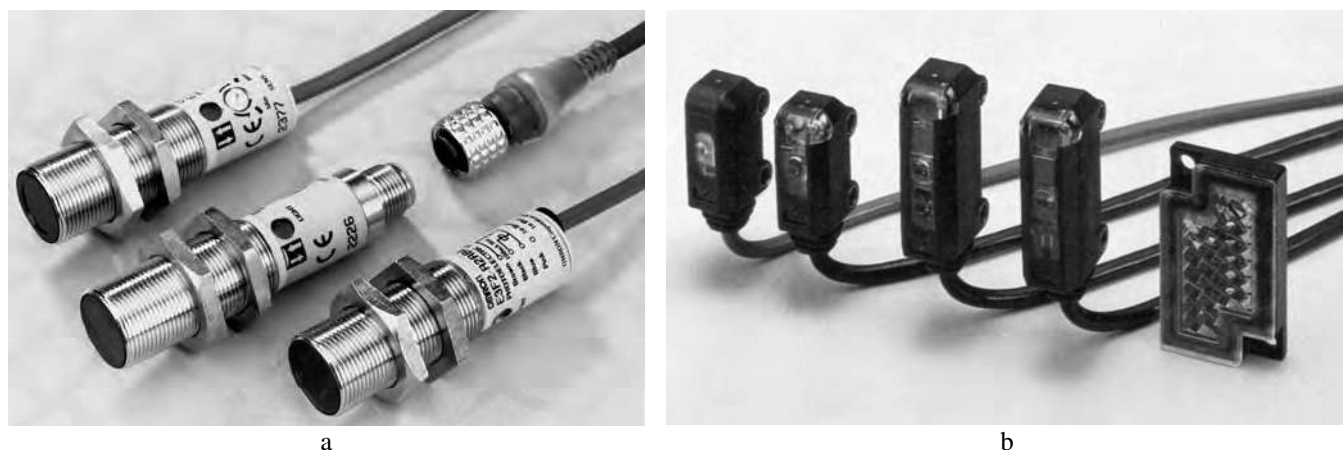


Fig. 6.185 - Interruttori di prossimità fotoelettrici: a) Tipo E3F cilindrico M18, custodia in materiale plastico, ottone nichelato o in acciaio inox, modelli a riflessione (2 m), modelli a barriera (7 m), modelli taster (30 cm) con regolazione della sensibilità, funzionamento impulso luce/buio selezionabile, campo di tensione di alimentazione 10... 30 V DC, oppure 24 ... 240 V AC - b) Tipo E3T, dimensioni miniaturizzate (per esempio, 7,7x18,5x7 mm), ma con amplificatore incorporato con uscita allo stato solido fino a 50 mA a 24 V DC, allineamento mediante spot luminoso, modelli a barriera (1 m), modelli a riflessione con apposito catarifrangente e taster (Omron).

Modi di rilevamento	Applicazioni	Vantaggi	Limiti
A barriera (sbarramento)	Rilevamento di tipo generale, conteggio pezzi.	Margine elevato in caso di ambienti contaminanti. Maggiori distanze di rilevamento. Non influenzato dai riflessi della seconda superficie. Generalmente più affidabile quando si hanno oggetti con alto fattore di riflessione.	Più costoso perché richiede un emettitore e un ricevitore separati; cablaggio più costoso. L'allineamento è molto importante. Non adatto per il rilevamento di oggetti di materiale trasparente.
A riflessione	Rilevamento di tipo generale.	Distanze di rilevamento modeste. Meno costoso di quello a barriera grazie a un cablaggio più semplice. Allineamento facile.	Distanza di rilevamento inferiore rispetto al rilevamento a barriera. Può rilevare riflessi da oggetti lucidi (utilizzare il modo polarizzato).
A riflessione polarizzata	Rilevamento generale di oggetti lucidi.	Ignora i riflessi della prima superficie. Utilizza un fascio visibile rosso per una maggiore facilità di allineamento.	Distanza di rilevamento inferiore al rilevamento a riflessione standard. Può rilevare riflessi dalla seconda superficie.
Taster standard	Applicazioni in cui non è possibile accedere a entrambi i lati dell'oggetto.	Non occorre installare un dispositivo su entrambi i lati dell'oggetto. Non occorre un catarifrangente. Facilità di allineamento.	Possibile difficoltà di applicazione qualora lo sfondo dietro l'oggetto sia abbastanza riflettente e vicino all'oggetto.
Taster con taglio netto	Rilevamento a distanze brevi con la necessità di ignorare sfondi vicini.	Non occorre installare un dispositivo su entrambi i lati dell'oggetto. Fornisce protezione contro il rilevamento di sfondi vicini. Rileva oggetti indipendentemente dal colore entro una distanza specifica.	Utile solamente per brevi distanze di rilevamento.
Taster con soppressione dello sfondo	Rilevamento di tipo generale. Aree in cui occorre ignorare gli sfondi vicini all'oggetto.	Non occorre installare un dispositivo su entrambi i lati dell'oggetto. Ignora gli sfondi oltre la distanza di rilevamento nominale, indipendentemente dalla capacità riflettente. Rileva oggetti indipendentemente dal colore, entro una distanza specifica.	Più costoso di altri tipi di interruttori fotoelettrici taster. Massima distanza di rilevamento limitata.
Taster focalizzato	Rilevamento di piccoli oggetti. Rilevamento di oggetti a una distanza specifica dall'interruttore. Rilevamento di segni colorati.	Rilevamento preciso di oggetti piccoli in una posizione specifica.	Rilevamento a brevissima distanza. Non adatto per il rilevamento di tipo generale. L'oggetto deve essere posizionato in modo preciso.
Taster a grandangolo	Rilevamento di oggetti posizionati in modo non preciso. Rilevamento di fili molto sottili su un'area ampia.	Efficace nell'ignorare i riflessi dello sfondo. Rilevamento di oggetti non posizionati in modo preciso. Non occorre un catarifrangente.	Rilevamento a brevi distanze.
A fibre ottiche	Consente il rilevamento fotoelettrico in aree in cui un interruttore non può essere installato per ragioni di spazio o ambientali.	Disponibili cavi a fibre ottiche di vetro per applicazioni con elevate temperature ambiente. Resistente a urti e a vibrazioni. Possibilità di utilizzare cavi a fibre ottiche di plastica in aree ove sia richiesto un movimento continuo. Inserimento in spazi ristretti. Immunità ai disturbi. Posizionamento in aree corrosive.	Più costoso rispetto agli interruttori provvisti di lenti. Rilevamento a brevi distanze.

Tab. 6.29 - Applicazioni, vantaggi e limiti degli interruttori di prossimità fotoelettrici.

Gli interruttori sopra elencati possono, in genere, essere alimentati in DC o in AC; l'uscita può essere, a seconda dei tipi, statica (a transistor: DC; a tiristore: AC) a due o tre fili, oppure a relè.

Nel caso di uscite statiche a due conduttori, i fili devono essere collegati come i fincorsa elettromeccanici, cioè in serie al carico; contrariamente, si avrebbe la distruzione immediata dell'interruttore per cortocircuito nel caso di uscita NC, oppure alla chiusura nel caso di uscita NO. Nei modelli in DC, inoltre, occorre rispettare le polarità dell'alimentazione, legate al tipo di transistor posto in uscita.

Nel caso, invece, dei tipi a tre fili in DC a collettore aperto, con uscita PNP o NPN (a seconda del tipo di transistor usato dal dispositivo come interruttore in uscita), due conduttori servono per l'alimentazione del dispositivo (attenzione alle polarità), mentre il terzo serve per la trasmissione del segnale di uscita (load), in grado di comandare un carico con una corrente massima di alcune centinaia di milliampere (per esempio, 200 mA).

Gli interruttori fotoelettrici con uscite allo stato solido possono essere trasformati, in caso di necessità, in modelli con uscita a relè, collegando tale dispositivo elettromeccanico all'uscita dell'interruttore.

Alcuni tipi di interruttori fotoelettrici sono dotati di una segnalazione di allarme che indica alcuni stati di necessità. Per esempio, l'indicatore di alimentazione lampeggia quando è rilevata una situazione di sovraccarico, oppure a causa di un eccesso di sporcizia accumulata sulla lente dell'interruttore.

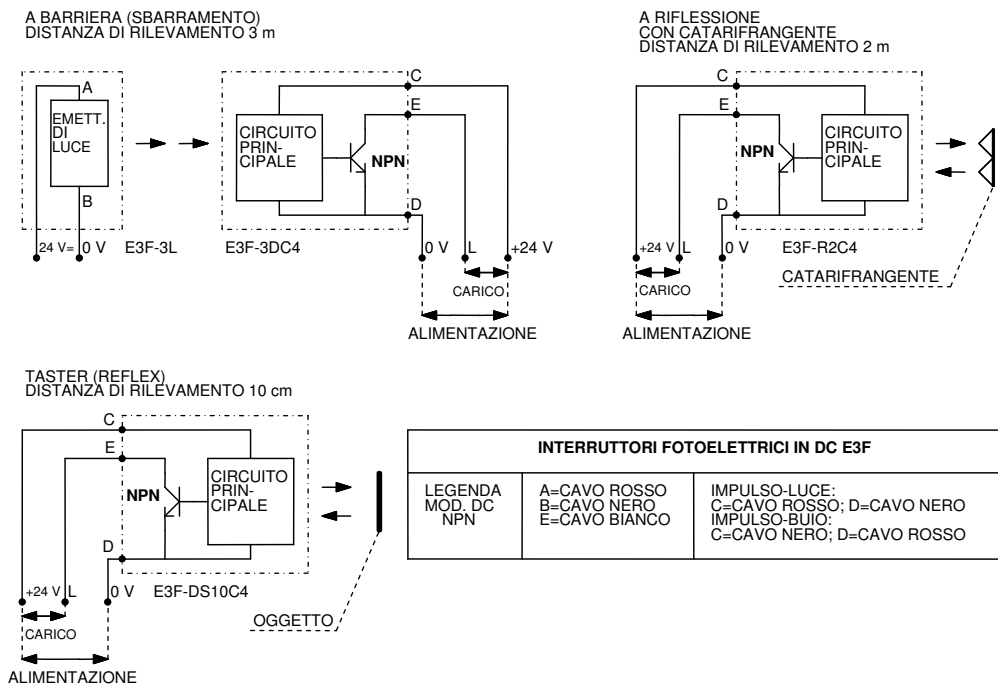


Fig. 6.186 - Schema di collegamento degli interruttori fotoelettrici a barriera, a riflessione con catarifrangente, taster, in DC con circuito di uscita a collettore aperto, tipo NPN, modello E3F (Omron).

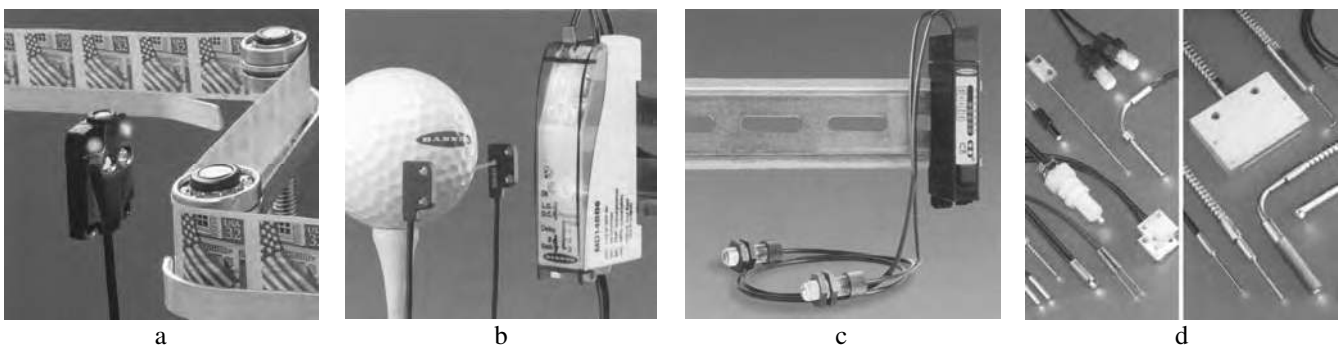


Fig. 6.187 - Esempi di interruttori fotoelettrici: a) Tipo miniatura, modelli a barriera (1,8 m) e taster (0,5 m) - b) Tipo "micro" con custodia 3x8x15 mm, con amplificatore separato per montaggio su guida DIN, frequenza di commutazione fino a 2 kHz. Esempi di interruttori fotoelettrici a fibra ottica: c) Amplificatore per fibre ottiche di vetro o in plastica, versioni ad autoapprendimento e con LED a luce rossa, verde o blu - d) Esempi di fibre ottiche in vetro e in plastica per spazi ristretti ed ambienti industriali difficili (Banner).

L'allarme si attiva quando è raggiunta la soglia critica prevista dal costruttore. Normalmente è sufficiente collegare tutte le uscite di allarme, o alcune di queste, ad un unico indicatore, dato che, se un interruttore necessita,

per esempio, di pulizia, anche gli altri probabilmente ne avranno bisogno. Questi interruttori possono avere la funzione di allarme realizzata con un contatto NO o NC, oppure NO o NC in scambio.

Qualora l'interruttore funzioni in DC a tre fili, ma con il collettore incorporato, si possono ottenere due uscite: la prima fornisce un segnale del tutto simile a quello dato dai modelli con collettore aperto, in grado cioè di comandare un carico (load); la seconda offre un'uscita di tensione logica, utile per pilotare transistor o altri circuiti elettronici, opposta, dal punto di vista logico, all'altra uscita (load).

Anche questi interruttori possono avere un'uscita di tipo PNP o NPN, caratteristica di cui occorre tenere conto quando si effettuano i collegamenti, poiché la posizione del carico è scambiata rispetto all'uscita logica.

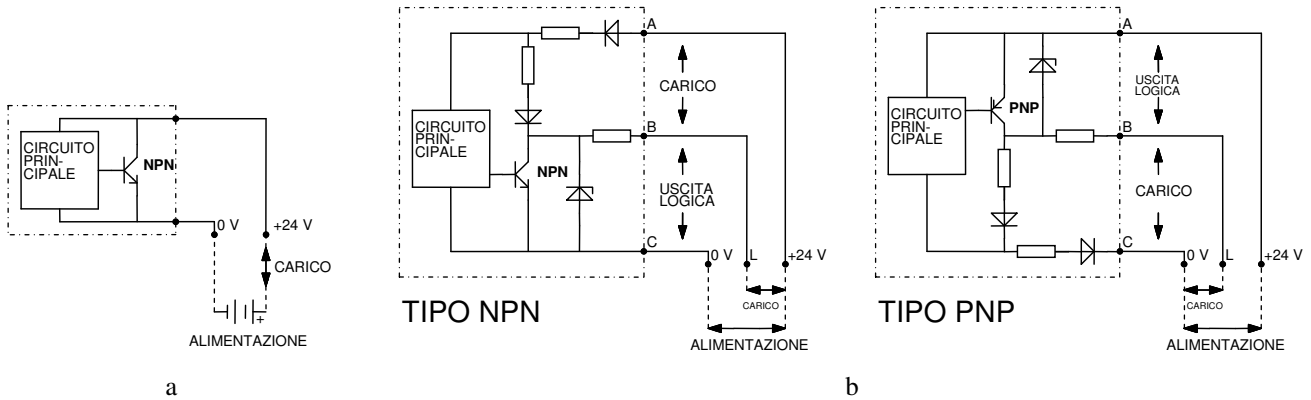


Fig. 6.188 - a) Esempio di uscita in DC tipo NPN a due fili di un interruttore di prossimità fotoelettrico - b) Esempio di interruttore fotoelettrico con uscita in corrente continua tipo NPN e PNP, a tre fili con collettore incorporato.

Rilevamento a barriera (o a sbarramento). Con il rilevamento a barriera, la sorgente di luce e il ricevitore sono contenuti in custodie separate e sono collocati l'una di fronte all'altro, in modo che la luce generata dalla prima illumini direttamente il secondo. Il rilevamento dell'oggetto avviene mediante l'interruzione del fascio fra sorgente e ricevitore da parte dell'oggetto stesso (v. fig. 6.189a). Gli interruttori a barriera assicurano le maggiori distanze di rilevamento e il più alto livello di margine operativo.

Per esempio, alcuni tipi presentano portate di rilevamento fino a circa 280 m e i margini delle applicazioni a barriera possono superare 10000X a distanze inferiori a 10 m. Per queste ragioni, la tecnologia a barriera costituisce il migliore modo di rilevamento per ambienti industriali molto polverosi o sporchi.

Alcuni interruttori fotoelettrici assicurano un margine di 300X a una distanza di rilevamento di 3 m.

Alla suddetta distanza, questi dispositivi continuano a funzionare, anche se una percentuale massima pari a 99% della superficie combinata delle lenti dell'emettitore e del ricevitore è coperta da agenti contaminanti.

Il fascio efficace di un interruttore a barriera corrisponde al diametro delle lenti sull'emettitore e sul ricevitore. Il rilevamento è affidabile quando l'oggetto è opaco e interrompe almeno il 50% del fascio efficace.

Il rilevamento di oggetti più piccoli del 50% del fascio è ottenuto riducendo il diametro del fascio, per mezzo di otturatori montati davanti all'emettitore, al ricevitore o ad entrambi.

Le applicazioni a barriera più efficaci presentano un margine molto elevato, in assenza dell'oggetto, e pari a zero (o vicino a zero), quando l'oggetto è presente.

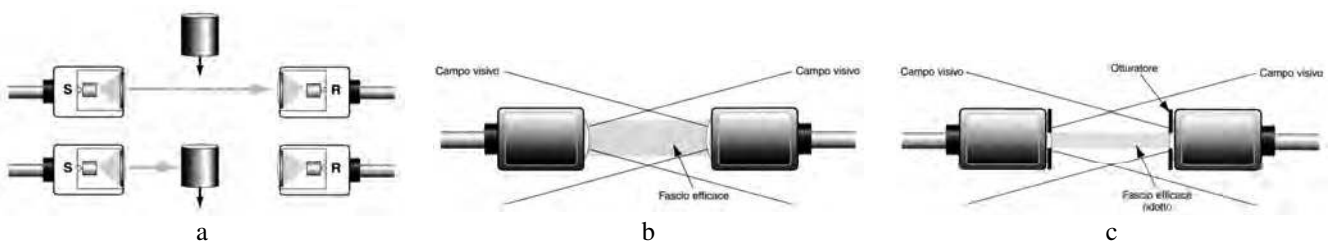


Fig. 6.189 - a) Principio di funzionamento degli interruttori di prossimità fotoelettrici con rilevamento a barriera o a sbarramento - b) Fascio efficace - c) Fascio con otturatori.

Per una corretta installazione, è necessario prestare attenzione all'allineamento dell'interruttore come descritto nelle righe seguenti:

- 1) puntare il ricevitore sull'emettitore;
- 2) ruotare lentamente il ricevitore a sinistra, finché non rileva più l'emettitore;

- 3) annotare la posizione ottenuta, quindi spostare il ricevitore a destra e prendere nota del punto in cui il fascio luminoso non è più ricevuto;
- 4) centrare il ricevitore fra le due suddette posizioni, poi spostarlo verso l'alto o il basso per ripetere l'operazione anche sull'asse verticale.

La forma del fascio di un interruttore fotoelettrico a barriera rappresenta il limite entro il quale il segnale dell'emettitore arriva in modo efficace al ricevitore, ponendo che non vi sia disallineamento angolare, condizione questa che causerebbe una diminuzione dell'area di rilevamento.

Le forme del fascio di questi dispositivi si rivelano utili per determinare la distanza minima fra coppie adiacenti di interruttori di questo tipo e, quindi, per impedire che le due coppie si influenzino a vicenda (crosstalk).

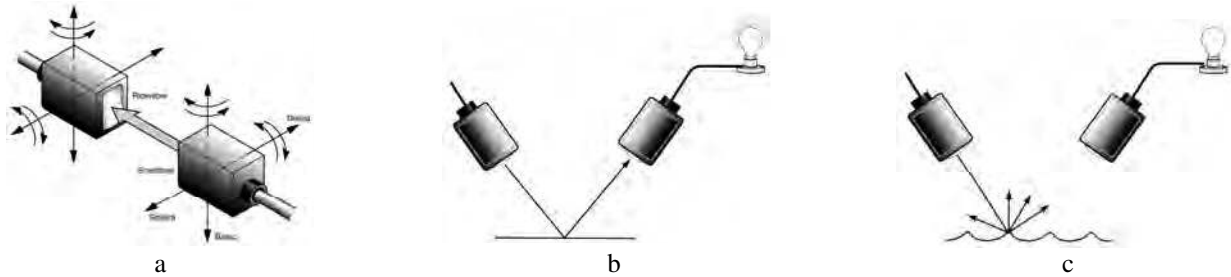


Fig. 6.190 - a) Procedura per l'allineamento di un interruttore fotoelettrico a barriera - Principio di funzionamento della riflessione speculare: b) Superficie lucida - c) Superficie opaca.

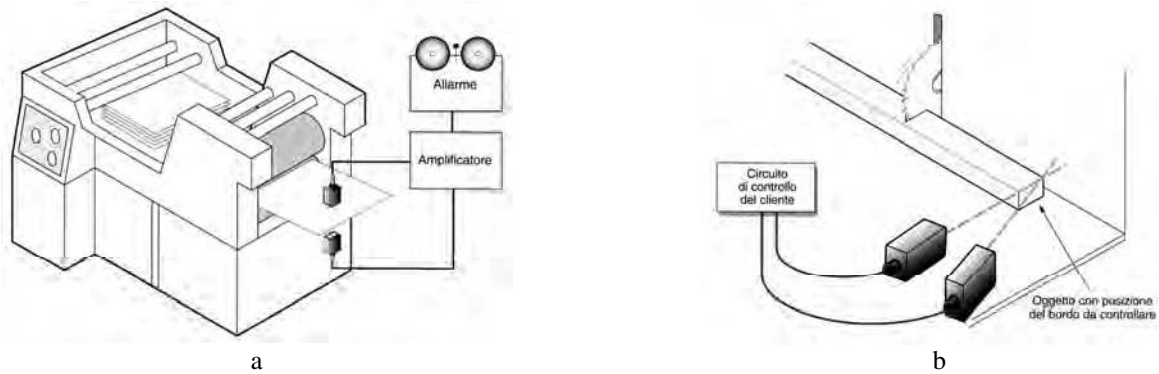


Fig. 6.191 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità fotoelettrici di tipo a sbarramento: a) Rilevamento di due fogli sovrapposti - b) Rilevamento del bordo a convergenza meccanica.

Un particolare tipo di interruttore fotoelettrico con sistema a sbarramento sono le barriere di sicurezza, nelle quali l'emissione del fascio luminoso tra l'emettitore e il ricevitore definisce una zona protetta. La penetrazione all'interno di questa zona è rilevata dall'interruzione di uno o più fasci luminosi, che provoca l'apertura dei contatti di sicurezza.

Questo tipo di barriere di sicurezza funziona in base al principio della sicurezza positiva autocontrollata. Il rilevamento di un difetto interno provoca la messa in sicurezza della barriera. I fasci luminosi sono ad infrarossi; non creano alcun fastidio all'operatore e possiedono una capacità di penetrazione elevata.

Le barriere fotoelettriche di sicurezza consentono di rilevare l'avvicinamento di un operatore a un'area pericolosa per la presenza di macchine in movimento e di arrestare le stesse prima che si verifichino infortuni. Sono l'ideale per garantire la protezione di mani, arti e corpo (v. fig. 6.192a).

Sono utilizzate nelle applicazioni in cui non è possibile predisporre ripari meccanici, in quanto è richiesto un accesso frequente all'area durante il normale funzionamento della macchina. Grazie alla loro sezione ridotta, queste barriere rappresentano la soluzione ottimale in caso di installazione in spazi limitati.

Le altezze dell'area protetta variano, a seconda dei modelli, da un minimo, per esempio, di 0,2 mm ad un massimo di 2 m circa, con distanze di rilevamento comprese tra pochi centimetri e 15 m in funzione del modello.

Il tipo di rilevamento fornito da una barriera fotoelettrica è determinato dalla distanza tra i raggi ottici. Questa caratteristica è definita, generalmente, risoluzione o capacità di rilevamento e indica l'oggetto minimo, a livello di dimensioni, in grado di attivare la barriera.

Tale valore può variare da 14 mm (dita), 25, 40, 30 mm (mani), 55, 70, 80 (arti), oppure essere di 300 mm per il rilevamento del corpo.

Tutte le funzioni possono essere configurate mediante delle console di programmazione oppure mediante appositi software per PC.



Fig. 6.192 - a) Esempio di barriera fotoelettrica (Omron) - b) Esempio di una pressa meccanica con innesto a frizione dotata di un dispositivo di protezione fotoelettronico (barriera fotoelettrica).

Di seguito sono mostrati alcuni esempi di applicazione delle barriere di sicurezza fotoelettriche.

Nella fig. 6.193a, la barriera a cortina fotoelettrica è posizionata in prossimità del punto di manovra in modo che l'unica via di accesso all'area pericolosa sia in direzione frontale rispetto alla macchina (avvicinamento perpendicolare). Di conseguenza, l'accesso al di sopra, al di sotto o lateralmente alla barriera deve essere impedito.

Se si utilizza una barriera fotoelettrica adatta al rilevamento della mano, installata secondo le norme, l'intrusione della mano è rilevata immediatamente dalla barriera e la macchina è arrestata prima che l'operatore raggiunga l'area pericolosa. Quando l'ostruzione sarà stata rimossa, la macchina potrà essere riavviata manualmente, premendo il pulsante posto a sinistra, per continuare la produzione (v. fig. 6.193b).

Nel secondo esempio, l'impiego della funzione **muting** consente il trasporto automatico di un prodotto attraverso la barriera fotoelettrica, senza provocare l'arresto della macchina, ma è in grado di rilevare, allo stesso tempo, l'entrata di una persona nell'area pericolosa, come mostrato nella fig. 6.193c.

Due/quattro sensori di muting esterni forniscono i segnali di sequenza in ingresso alla centralina di controllo. Solo una specifica sequenza di attivazione dei sensori di muting consente di attivare la funzione di muting. L'attivazione in sequenza dei primi due sensori attiva la funzione di muting, indicata dall'accensione della lampada di muting gialla. Il prodotto oltrepassa, quindi, tutti i sensori e attraversa la barriera fotoelettrica.

La funzione di muting resta attiva fino alla disattivazione degli ultimi due sensori e, a quel punto, il funzionamento normale della barriera fotoelettrica è ripristinato. I sensori di muting sono fisicamente collocati in modo che una persona che tenti di accedere all'area non possa attivare i sensori in modo sequenziale e permanente (v. fig. 6.193d). In questo modo, la sequenza di muting non è attivata e l'interruzione della barriera fotoelettrica provoca l'arresto della macchina.



Fig. 6.193 - Impiego delle barriere fotoelettriche di sicurezza: a) Protezione dell'accesso frontale di una macchina - b) Esempio di intervento della barriera - c) Utilizzo della funzione muting - d) Non attivazione della funzione muting nel caso in cui una persona tenti di accedere all'area protetta (Omron).

Nel caso di un robot per l'accatastamento di scatole, la barriera fotoelettrica è posizionata in modo tale che l'unica via di accesso all'area pericolosa sia in direzione frontale rispetto alla zona di lavorazione del robot (v. fig. 6.194a). L'ingresso dell'operatore in tale area interrompe i raggi della barriera fotoelettrica, configurata per il rilevamento di un corpo. Il sistema di controllo di sicurezza interviene, quindi, arrestando la macchina (v. fig. 6.194b). La barriera deve essere installata in conformità con la direttiva EN 999, per garantire che il robot passi in posizione di riposo prima che l'operatore possa raggiungere la zona di pericolo. Per riavviare la macchina, l'operatore deve eseguire il reset del circuito di controllo di sicurezza, situato esternamente all'area di lavoro pericolosa (v. fig. 6.194c).

Inoltre, l'operatore deve accertarsi che l'area di lavoro pericolosa sia sgombra da altro personale.

Altre funzioni, come quella di blanking fisso o flottante, consentono di disabilitare, mediante apposita impostazione, il rilevamento rispettivamente di 1, 2 o 3 raggi, in modo definito oppure non definito, consentendo di

realizzare automazioni in cui il pezzo lavorato debba attraversare (per esempio, mediante un nastro trasportatore) spesso il campo di rilevamento di sicurezza.

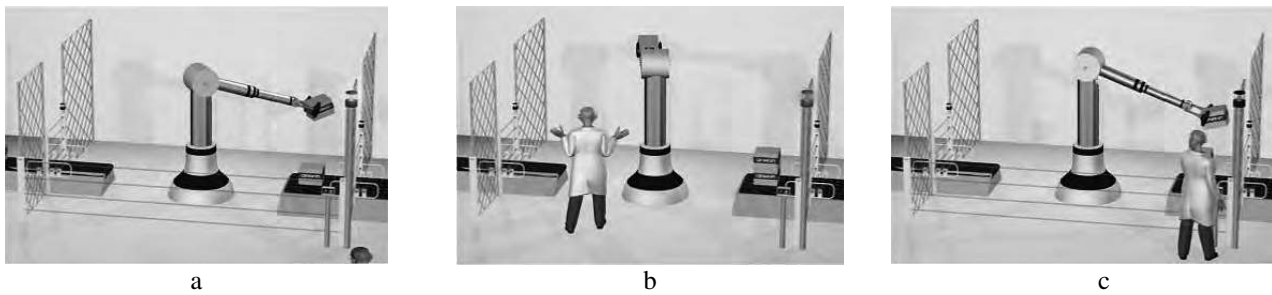
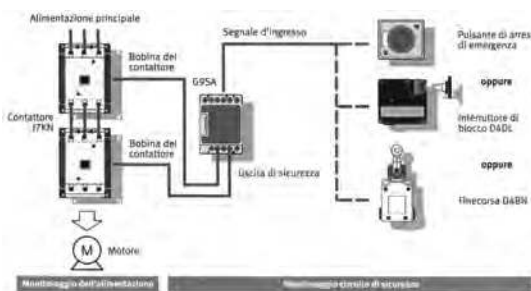


Fig. 6.194 - Impiego delle barriere fotoelettriche di sicurezza: a) Protezione della via di accesso di un robot - b) Esempio di intervento della barriera - c) Reset del circuito di controllo di sicurezza (Omron).

Per una corretta installazione delle barriere fotoelettriche di sicurezza, occorre considerare la distanza di sicurezza, vale a dire la distanza minima da mantenere tra la barriera e la zona di pericolo per garantire che la macchina con l'organo in movimento sia ferma prima che possa essere raggiunta dall'operatore. La distanza di sicurezza può essere calcolata utilizzando apposite equazioni definite dalle norme.

Le barriere fotoelettriche di sicurezza sono normalmente collegate ai relè di sicurezza, per esempio del tipo G9SA riportato nella fig. 6.195. Ricevendo segnali da dispositivi quali barriere fotoelettriche, finecorsa per porte e pulsanti di arresto di emergenza, i relè di sicurezza garantiscono il funzionamento di una macchina solo se è mantenuta l'integrità del sistema di sicurezza.



I moduli a relè di sicurezza sono utilizzati per realizzare circuiti di sicurezza secondo le definizioni dello standard EN 954, insieme a componenti di interfaccia per il segnale in ingresso, quali pulsanti di arresto di emergenza, finecorsa e barriere fotoelettriche. L'uscita del modulo a relè è normalmente utilizzata per commutare la bobina dei contattori dove i contatti principali dei contattori trasportano il carico effettivo degli attuatori della macchina.

La progettazione del modulo a relè di sicurezza prevede funzioni di controllo automatico. Ciò consente di monitorare continuamente il circuito di sicurezza durante il normale funzionamento e, nel caso in cui il modulo a relè rilevi un guasto nel sistema, il circuito interrompe l'alimentazione alla macchina finché il problema non è stato risolto. Le funzioni di controllo automatico monitorano i relè interni, verificando la presenza di eventuali guasti, quali la saldatura di un contatto.

I moduli a relè di sicurezza forniscono le necessarie caratteristiche di ridondanza e funzioni di autodiagnostica, per il circuito sia di ingresso sia di uscita, conformi ai requisiti delle categorie di sicurezza 3 e 4 dello standard EN 954-1.

Fig. 6.195 - Esempio di applicazione di un modulo a relè di sicurezza da utilizzare con le barriere fotoelettriche (Omron).

Rilevamento a riflessione (riflessione con catarifrangente) e a riflessione polarizzata. La riflessione e la riflessione polarizzata sono i metodi di rilevamento più comunemente utilizzati.

Un interruttore a riflessione contiene l'emettitore e il ricevitore nella stessa custodia.

Il fascio di luce proiettato dall'emettitore è riflesso da un catarifrangente (o da un materiale riflettente speciale) e rilevato, quindi, dal ricevitore. L'oggetto è rilevato quando provoca l'interruzione del fascio di luce.

Per il rilevamento a riflessione sono impiegati riflettori speciali (catarifrangenti) o nastri riflettenti.

A differenza degli specchi o di altre superfici riflettenti piatte, tali dispositivi non richiedono di essere allineati in modo perfettamente perpendicolare all'interruttore. Un disallineamento fino a 15° del catarifrangente o del nastro riflettente non riduce in modo significativo il margine di un interruttore.

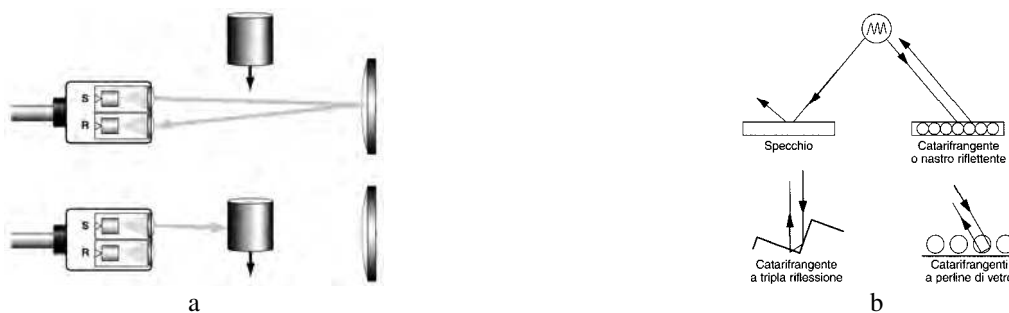
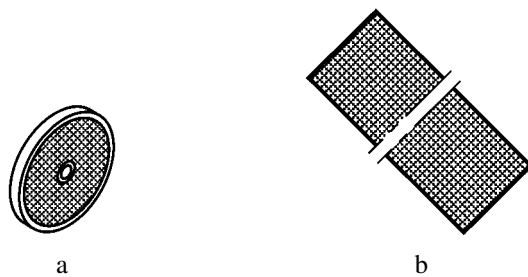


Fig. 6.196 - a) Principio di funzionamento degli interruttori di prossimità fotoelettrici con rilevamento a riflessione (a riflessione con catarifrangente) e a riflessione polarizzata - b) Caratteristiche dei materiali riflettenti.

Sul mercato sono disponibili numerosi tipi di catarifrangenti e di nastri riflettenti. La distanza massima di rilevamento di un interruttore fotoelettrico a riflessione dipende, in parte, dalle dimensioni e dall'efficacia del catarifrangente o del nastro riflettente (è comunque compresa tra 0,5 e 4,5 m). Questi materiali sono contraddistinti, infatti, da un proprio indice di riflessione come indicato nei cataloghi.



- a) Tali dispositivi sono progettati per riflettere la luce direttamente verso l'interruttore, purché la luce incidente si trovi entro alcuni gradi dalla perpendicolare (per esempio, $\pm 15\%$ per i riflettori in plastica). L'efficienza di un catarifrangente dipende dalla sua costruzione, la maggior parte dei tipi in plastica è costituita da piccoli prismi ad alta riflettività.
- b) I nastri riflettenti ad alta qualità usano riflettori a prisma più piccoli e meno efficaci. Alcuni tipi di nastro sono composti da piccole perle in vetro e raggiungono solo il 20% del potere riflettente di quelli in plastica.

c

Fig. 6.197 - a) Esempio di catarifrangente - b) Esempio di nastro riflettente - c) Legenda.

Per ottenere la massima affidabilità di rilevamento, si raccomanda di utilizzare catarifrangenti o nastri riflettenti aventi dimensioni maggiori.

Gli interruttori fotoelettrici a riflessione sono più facili da installare di quelli a barriera, in quanto occorre montare e cablare un'unica custodia. Tuttavia, in assenza dell'oggetto, i margini sono normalmente da 10 a 1000 volte inferiori rispetto al rilevamento a barriera e questo rende il rilevamento a riflessione meno adatto ad ambienti molto sporchi.

Quando si utilizzano interruttori fotoelettrici a riflessione standard in applicazioni in cui debbano essere rilevati oggetti lucidi o altamente riflettenti, occorre usare molta cautela, in quanto i riflessi provenienti dall'oggetto possono essere interpretati come riflessi rinviati dal catarifrangente.

Una soluzione può essere quella di orientare l'interruttore e il catarifrangente o nastro riflettente in modo che la luce venga riflessa dagli oggetti lucidi lontano dal ricevitore.

Tuttavia, per la maggior parte delle applicazioni con oggetti lucidi, il rilevamento polarizzato rappresenta la soluzione migliore.

Gli interruttori a riflessione polarizzata presentano dei filtri polarizzanti, situati di fronte all'emettitore e al ricevitore e destinati a orientare la luce su un unico piano. Tali filtri sono montati in posizione perpendicolare o sfasati di 90° tra loro.

Al passaggio attraverso il filtro, il fascio di luce è polarizzato. Quando la luce polarizzata è riflessa da un oggetto, essa rimane polarizzata, mentre quando la riflessione avviene su un catarifrangente depolarizzante, la luce è depolarizzata.

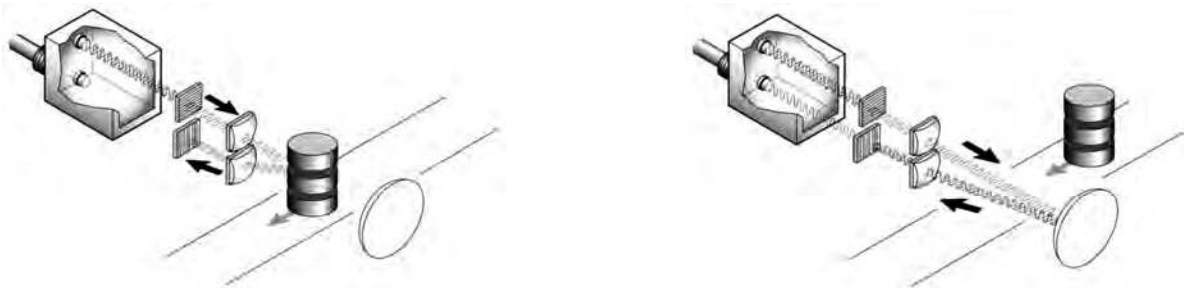


Fig. 6.198 - Principio di funzionamento degli interruttori di prossimità fotoelettrici con rilevamento a riflessione polarizzata. Si notino i filtri montati in posizione perpendicolare o sfasati di 90° fra di loro.

Il ricevitore è in grado di rilevare solamente la luce riflessa depolarizzata e, quindi, non può vedere (ricevere) quella rinviata da oggetti riflettenti che non l'hanno depolarizzata. L'interruttore può vedere i riflessi provenienti da un catarifrangente, ma non quelli rinviati dalla maggior parte degli oggetti lucidi (v. fig. 6.198).

Tutti i catarifrangenti standard depolarizzano la luce e sono adatti per il rilevamento a riflessione polarizzata. Tuttavia, la maggior parte dei nastri riflettenti non assicura tale depolarizzazione ed è, quindi, destinata a un utilizzo in abbinamento ad interruttori fotoelettrici a riflessione standard. Esistono comunque nastri riflettenti speciali per il rilevamento a riflessione polarizzata.

Qualora si opti per tali nastri, è opportuno scegliere quelli specificatamente identificati per l'utilizzo con interruttori a riflessione polarizzata.

Quando si adotta il rilevamento a riflessione polarizzata in applicazioni in cui si utilizza pellicola da imballo estensibile o retraibile, occorre prestare molta attenzione, in quanto gli interruttori polarizzati ignorano

esclusivamente i riflessi provenienti dalla “prima superficie” riflettente esposta. Poiché la luce polarizzata è depolarizzata al passaggio attraverso la maggior parte delle pellicole di plastica o dei nastri da imballo estensibili, un oggetto lucido che sia avvolto in pellicola di plastica trasparente può creare riflessi che sono rilevati dal ricevitore. In tale caso, l’oggetto diventa la “seconda superficie” dietro l’imballo di plastica. Di conseguenza, per queste applicazioni, occorre prendere in considerazione altri modi di rilevamento. Per una corretta installazione, è necessario prestare attenzione all’allineamento dell’interruttore, come descritto nelle righe che seguono:

- 1) puntare l’interruttore sul catarifrangente (o sul nastro riflettente);
- 2) ruotare lentamente l’interruttore verso sinistra, finché il catarifrangente non è più rilevato;
- 3) annotare la posizione ottenuta, quindi spostare lentamente l’interruttore a destra e prendere nota del punto in cui il catarifrangente non è più ricevuto (con l’aiuto dei diodi LED);
- 4) centrare l’interruttore fra le due suddette posizioni, poi spostarlo verso l’alto o il basso per ripetere l’operazione anche sull’asse verticale.

Per quanto riguarda la forma del fascio, è opportuno ricordare che, per un funzionamento affidabile di questo tipo di interruttori fotoelettrici, l’oggetto da rilevare deve avere dimensioni pari o maggiori del diametro del fascio indicato nella forma del fascio stesso. Inoltre, per un rilevamento preciso di piccoli oggetti, occorre impiegare un catarifrangente di dimensioni minori.

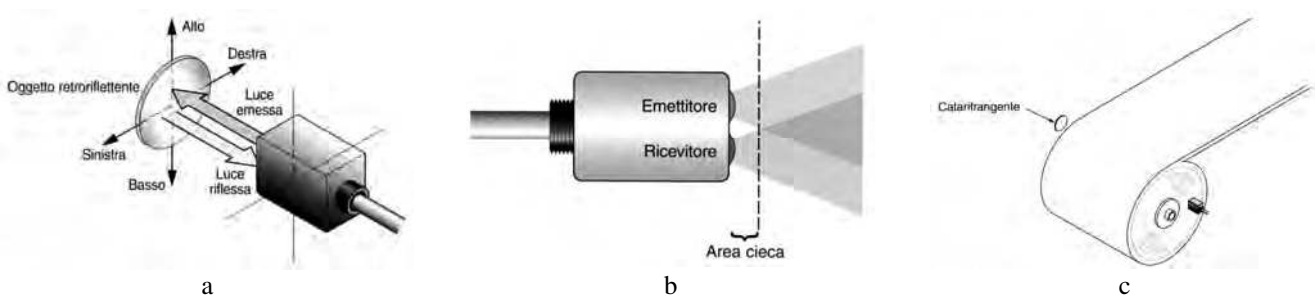


Fig. 6.199 - a) Procedura per l’allineamento di un interruttore fotoelettrico a riflessione o a riflessione polarizzata - b) Area cieca di un interruttore fotoelettrico a riflessione - c) Esempio di applicazione degli interruttori di prossimità fotoelettrici di tipo a riflessione: rilevamento della quantità rimanente in una bobina.

Rilevamento taster (o a riflessione diretta o reflex). I rilevamenti a barriera e a riflessione generano un fascio di luce fra l’emettitore e il ricevitore, oppure fra l’interruttore e il catarifrangente; di conseguenza, richiedono l’installazione di un componente su entrambi i lati dell’oggetto.

In alcune applicazioni, risulta tuttavia difficile o impossibile soddisfare questo requisito. In tali casi, è pertanto necessario rilevare un riflesso direttamente dall’oggetto.

La luce è diffusa in tutte le direzioni dalla superficie dell’oggetto e solo una piccola parte è riflessa verso il ricevitore. Tale modo di funzionamento è chiamato rilevamento taster (riflessione diretta o reflex).

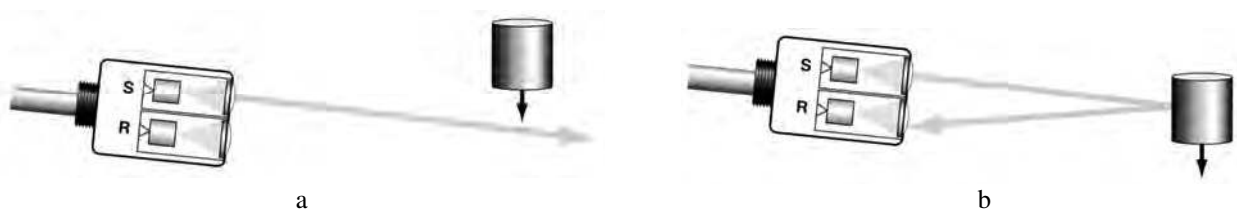


Fig. 6.200 - Rilevamento taster o a riflessione diretta: a) Oggetto non rilevato - b) Oggetto rilevato.

L’obiettivo del rilevamento taster standard è di ottenere un margine relativamente alto in fase di individuazione dell’oggetto. In assenza dell’oggetto, i riflessi provenienti da qualsiasi sfondo devono fornire un margine il più vicino possibile allo zero.

Il potere riflettente dell’oggetto e dello sfondo possono variare in modo consistente. Questo aspetto assume un’importanza rilevante quando si utilizza il rilevamento taster.

- Le superfici relativamente lucide possono riflettere la maggior parte della luce lontano dal ricevitore, rendendo il rilevamento molto difficile. In questi casi, la faccia dell’interruttore deve essere posizionata perpendicolare alla superficie dell’oggetto.
- Gli oggetti molto scuri e opachi possono assorbire la maggior parte della luce e rifletterne in quantità minima per il rilevamento. Tali oggetti possono risultare difficili da rilevare, a meno che l’interruttore non sia posizionato a brevissima distanza.

La distanza massima di rilevamento specifica di un interruttore fotoelettrico è determinata usando un oggetto standard. Molti costruttori impiegano un foglio di carta bianca di 216x292 mm con una composizione speciale che lo rende riflettente al 90%, cioè in grado di rinviare il 90% dell'energia luminosa emessa dalla sorgente. Gli oggetti reali da rilevare con un interruttore fotoelettrico taster spesso sono decisamente meno riflettenti, come mostrato nella tab. 6.30.

Oggetto	Riflettività relativa tipica	Oggetto	Riflettività relativa tipica
Nastro riflettente	2000	Legno tagliato	20
Alluminio lucidato (perpendicolare)	500	Carta nera	10
Carta bianca (riferimento)	100	Neoprene	5
Carta bianca per stampa	90	Gomma per pneumatici	4
Cartone	40	Feltro nero	2
Scatola confezionata (di cereali)	30	---	--

Tab. 6.30 - Riflettività relativa tipica di alcuni oggetti campione.

Il rilevamento di oggetti situati vicino a sfondi riflettenti può presentare condizioni operative particolarmente problematiche. Infatti, potrebbe risultare impossibile regolare un interruttore taster standard, con l'intenzione di ottenere un margine sufficiente dall'oggetto, senza rilevare o avvicinarsi al rilevamento dello sfondo. È per questo motivo che, oltre al rilevamento standard, è possibile trovare in commercio il rilevamento con taglio netto, con soppressione dello sfondo, focalizzato e a grandangolo.

Gli **interruttori taster con taglio netto** sono progettati in modo che il fascio di luce proiettato dall'emettitore e l'area di rilevamento del ricevitore siano angolati l'uno rispetto all'altra. Tale caratteristica rende questi interruttori più sensibili a breve distanza e meno efficaci da lontano e, quindi, assicura un rilevamento più affidabile in caso di oggetti posti vicino a sfondi riflettenti.

In presenza di uno sfondo riflettente, questo metodo di rilevamento risulta in un certa misura migliore di quello taster standard. Tuttavia, se lo sfondo è molto riflettente, è possibile che l'oggetto sia ancora rilevato.

Per le applicazioni più difficili, gli **interruttori taster con soppressione dello sfondo** possono costituire una soluzione ancora migliore rispetto alla tecnologia taster standard o con taglio netto.

Il rilevamento con la soppressione dello sfondo consente all'interruttore di ignorare la presenza di uno sfondo molto riflettente, che si trovi quasi direttamente dietro un oggetto scuro meno riflettente. Per molte applicazioni, questa soluzione costituisce il tipo ideale di rilevamento, sebbene gli interruttori taster con soppressione dello sfondo siano più complessi e, quindi, più costosi rispetto alle versioni standard.

Gli interruttori taster con soppressione dello sfondo sono formati da componenti ottici ed elettronici sofisticati, che consentono di rilevare attivamente sia l'oggetto sia lo sfondo, invece di tentare di ignorare quest'ultimo dietro all'oggetto. I due segnali sono confrontati e l'uscita cambia stato dopo il rilevamento attivo dell'oggetto o dello sfondo. Se l'oggetto si trova fra il piano focale e il ricevitore, il fascio va a cadere sul ricevitore R1, mentre se è spostato da detto piano, il fascio è riflesso sul ricevitore R2. Il segnale emesso da R2 è quindi soppresso elettronicamente.



Fig. 6.201 - Profilo del fascio efficace nel rilevamento taster con soppressione dello sfondo.

Negli **interruttori taster focalizzati**, il fascio emesso dalla sorgente e l'area di rilevamento del ricevitore sono focalizzati in un punto molto definito (punto focale), a una certa distanza di fronte all'interruttore. In corrispondenza di tale punto, l'interruttore è molto sensibile, mentre lo è in misura notevolmente inferiore nell'area precedente e successiva al punto focale.

Gli interruttori focalizzati hanno principalmente tre applicazioni:

- 1) rilevamento affidabile di oggetti piccoli - poiché l'interruttore è molto sensibile nel punto focale, un oggetto piccolo può essere rilevato immediatamente;
- 2) rilevamento di oggetti a una data distanza - poiché un interruttore focalizzato è molto più sensibile sul punto focale, esso può essere impiegato in alcune applicazioni per rilevare un oggetto situato in tale punto e per ignorarlo, qualora si trovi davanti o dietro a questa posizione;
- 3) rilevamento di segni colorati stampati (rilevamento di tacche colorate) - poiché, in alcune applicazioni, è importante rilevare la presenza di un segno stampato su un nastro continuo di carta o di materiale da imballo. In

tali casi, si può optare per un interruttore focalizzato con emettitore di luce visibile di colore specifico (normalmente rosso, verde o blu), in modo da garantire la massima sensibilità al segno colorato.



Fig. 6.202 - Profilo del fascio efficace nel rilevamento taster focalizzato.

Gli **interruttori taster a grandangolo** proiettano la radiazione luminosa e il campo di rilevamento del ricevitore su un'area ampia. Questi interruttori sono impiegati, normalmente, per:

- rilevare fili - un interruttore taster a grandangolo può rilevare la presenza di fili estremamente sottili o di altri materiali situati vicino al sensore. La presenza o l'assenza (per rottura) del filo può essere rilevata in modo affidabile, anche quando questo si sposta da un lato all'altro di fronte all'interruttore;
- ignorare fori e imperfezioni nell'oggetto - poiché gli interruttori taster a grandangolo presentano un raggio di azione molto ampio, essi sono in grado di ignorare piccoli fori o imperfezioni negli oggetti, rilevando al contempo i prodotti non correttamente posizionati.

Per una corretta installazione, è necessario prestare attenzione all'allineamento dell'interruttore come descritto nelle righe che seguono:

- puntare l'interruttore sull'oggetto;
- ruotare l'interruttore verso l'alto o il basso, a sinistra o a destra, fino a centrare il fascio sull'oggetto;
- ridurre la sensibilità finché solo l'oggetto non è più rilevato; quindi, annotare la posizione in cui è stata regolata la sensibilità (con l'aiuto dei diodi LED);
- rimuovere l'oggetto e aumentare la sensibilità finché non è rilevato lo sfondo;
- regolare la sensibilità nel punto centrale fra il rilevamento dell'oggetto e il rilevamento dello sfondo.

Il profilo del fascio di un interruttore taster rappresenta il limite entro il quale il bordo di un oggetto riflettente bianco è rilevato al suo passaggio di fronte all'interruttore. L'entità dell'area di rilevamento è direttamente proporzionale al potere riflettente dell'oggetto. Oggetti più piccoli possono ridurre le dimensioni della forma del fascio su lunghe distanze per alcuni interruttori taster.

La risposta di questo tipo di dispositivi diminuisce in modo significativo, anche nel caso di oggetti con superfici non perpendicolari all'asse ottico dell'interruttore.

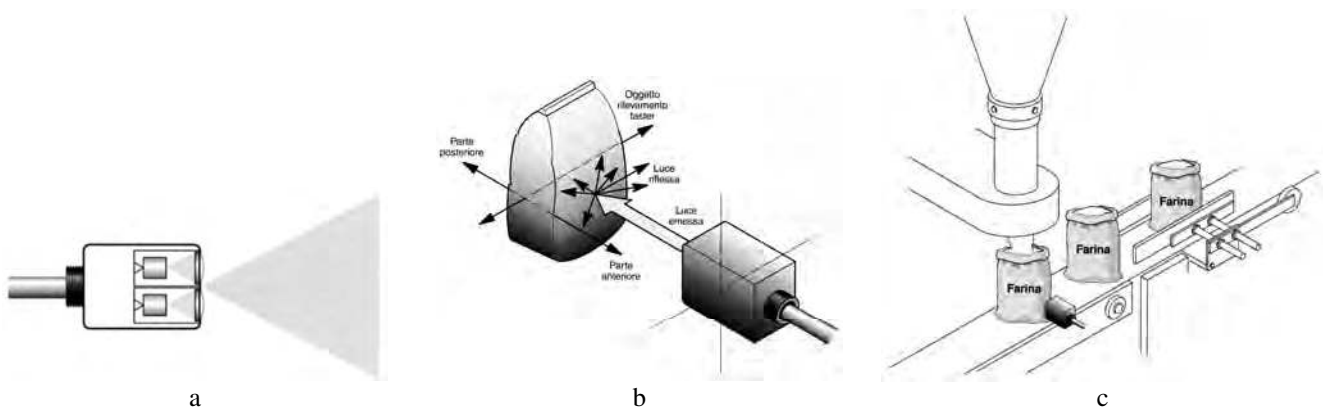


Fig. 6.203 - a) Profilo del fascio efficace nel rilevamento taster a grandangolo - b) Procedura per l'allineamento di un interruttore fotoelettrico taster - c) Esempio di applicazione degli interruttori di prossimità fotoelettrici di tipo taster: rilevamento della confezione di un prodotto, nell'esempio la farina.

Rilevamento a fibre ottiche. Gli interruttori a fibra ottica consentono il collegamento di “conduttori di luce” chiamati cavi a fibra ottica. La luce emessa dalla sorgente è trasmessa attraverso fibre trasparenti contenute in cavi, per poi ripresentarsi all'altra estremità della fibra. Successivamente, il fascio trasmesso o riflesso è riportato al ricevitore attraverso altre fibre.

I cavi a fibre ottiche possono essere sia inseriti in posizioni in cui non sarebbe altrimenti possibile collocare un interruttore fotoelettrico, sia utilizzati in condizioni di elevata temperatura ambiente e in applicazioni caratterizzate da urti e vibrazioni molto forti o da spostamenti continui del punto di rilevamento. Un altro campo di impiego dei cavi a fibre ottiche è rappresentato dal rilevamento di oggetti di piccole dimensioni.

Possono funzionare in ambienti con forti campi magnetici, con atmosfere corrosive e aree esplosive. Gli interruttori a fibre ottiche possono avere tempi di risposta più brevi degli altri interruttori.

Di conseguenza, le fibre ottiche, essendo totalmente esenti da qualsiasi tipo di disturbo elettromagnetico, possono essere usate per isolare i componenti elettronici del sistema di rilevamento da tali forme di interferenza.

I cavi a fibre ottiche possono essere configurati per operare in tutti i modi di rilevamento: a barriera, a riflessione e in tutti i modi taster.

Per il rilevamento a barriera, che si dimostra il più affidabile, sono impiegati due cavi singoli.

Per i modi di rilevamento taster o a riflessione, sono usati i cavi a fibre ottiche a configurazione biforcata.



Fig. 6.204 - a) Cavi a fibra ottica a configurazione singola - b) Cavi a fibra ottica a configurazione biforcata.

La tecnologia a fibre ottiche può essere abbinata al rilevamento a riflessione standard, ma non a quello a riflessione polarizzata. In alcune applicazioni, occorre ridurre la sensibilità dell'interruttore al fine di impedire il rilevamento taster dell'oggetto. Il rilevamento taster standard a fibre ottiche è simile a quello con interruttori fotoelettrici provvisto di lenti. Utilizzando cavi a fibra ottica biforcati, questi interruttori, alla massima sensibilità di rilevamento, sono in grado di individuare la stragrande maggioranza degli oggetti di piccole dimensioni.

Un altro metodo di rilevamento taster a fibre ottiche è rappresentato dall'uso di cavi a fibra ottica singoli. I modi di rilevamento con taglio netto, focalizzato e a convergenza meccanica possono essere ottenuti puntando le testine di rilevamento dei cavi sull'oggetto.

Per le applicazioni più difficili, è utile fissare lenti opzionali alle varie configurazioni di testine di rilevamento.

Le lenti hanno, infatti, la funzione di "restringere" il fascio di luce emesso o riflesso, rendendo, così, possibili maggiori range o il rilevamento di oggetti di dimensioni inferiori.

Per la fabbricazione di cavi a fibre ottiche, sono utilizzati sia il vetro sia la plastica. Le fibre ottiche di vetro possono essere impiegate con diodi LED a infrarossi o a luce visibile. Le fibre di plastica assorbono la luce infrarossa e, quindi, si rivelano più efficaci se utilizzate con diodi LED a luce visibile rossa.

Una fibra ottica comprende una parte centrale di vetro o di plastica, circondata da uno strato di rivestimento. Il materiale di rivestimento è meno denso del nucleo e, conseguentemente, possiede un indice di rifrazione più basso. Il principio ottico di completa riflessione interna stabilisce che ogni raggio di luce che colpisce due materiali di intensità diversa (in questo caso, il nucleo e il rivestimento) è riflesso completamente, purché l'angolo di incidenza sia inferiore al valore critico $[\theta]$.

La fig. 6.205c mostra due raggi di luce (entro l'angolo di immissione) che sono ripetutamente riflessi lungo la lunghezza della fibra. I raggi di luce escono dalla parte opposta, con circa lo stesso angolo di ingresso, mentre un altro raggio (al di fuori dell'angolo di immissione) si perde nel rivestimento.

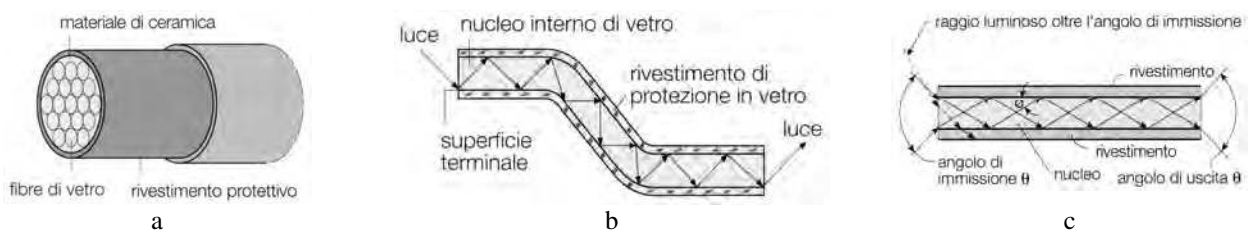


Fig. 6.205 - a) Parti fondamentali di un cavo a fibra ottica - b) Principio di funzionamento delle fibre ottiche. Si noti come la luce sia incanalata all'interno del cavo a fibra ottica - c) Modo di propagazione della luce in una fibra ottica. Si noti come due raggi di luce siano ripetutamente riflessi lungo la lunghezza della fibra.

L'angolo di immissione θ della luce è leggermente maggiore di due volte il diametro $[\varnothing]$. I raggi, infatti, sono piegati leggermente nel passaggio dall'aria al materiale di cui sono costituite le fibre, che è più denso. Il principio di completa riflessione interna funziona sia se la fibra è diritta sia se la fibra è piegata (entro un raggio minimo di curvatura specifico per ogni tipo di fibra ottica). La maggior parte degli insiemi di fibre ottiche è flessibile e, quindi, facilmente inseribile entro spazi ristretti.

Le fibre ottiche di vetro sono costituite da un fascio di filamenti molto piccoli di vetro, tipicamente da $50 \mu\text{m}$ di diametro. La tipica fibra ottica di vetro è costituita da molte migliaia di fibre di vetro rivestite e protette da un materiale speciale di copertura. La fibra ottica termina con una punta che è parzialmente riempita di resina epossidica (epoxy), chiara e rigida.

Il terminale di rilevamento è smerigliato otticamente, in modo che la parte terminale della fibra sia perfettamente piana. La qualità di questa smerigliatura influenza in maniera determinante l'efficienza dell'accoppiamento ottico delle fibre. È relativamente facile, veloce ed economico creare delle fibre ottiche di vetro adatte ad uno spazio o ad un ambiente di rilevamento specifico, comprese temperature fino a 480 °C.

Il fascio di fibre ottiche può persino essere modellato, nella sua parte terminale di rilevamento, per adeguarsi al profilo dell'oggetto da rilevare.

I cavi con fibre di vetro sono realizzati per lo più con un rivestimento di acciaio inossidabile flessibile o di PVC. Quelli realizzati in PVC sono generalmente meno costosi. Il rivestimento in acciaio inossidabile aumenta, però, la durata dei cavi e ne consente l'uso a temperature più elevate.

Anche quando è usato un rivestimento esterno non rinforzato, una spirale protettiva di acciaio è normalmente mantenuta sotto il rivestimento per proteggere il fascio di fibre. La maggior parte delle fibre ottiche di vetro è molto robusta e consente prestazioni affidabili in condizioni di temperature estreme.

I problemi più comuni rilevati sono la rottura dei filamenti individuali di vetro, a seguito di piegamenti o di continua flessione, quando sono installati su meccanismi con movimenti alternativi.

Le fibre ottiche di plastica sono realizzate con filamenti singoli di materiale ottico, tipicamente di diametro da 0,25 a 1,5 mm. La maggior parte delle fibre ottiche è dotata, nella parte di rilevamento, di un terminale flessibile o di una punta filettata. L'altra estremità non è rifinita e, quindi, può essere tagliata su misura in loco con lo speciale attrezzo da taglio fornito. Diversamente dalle fibre ottiche di vetro, le fibre di plastica tollerano ripetuti piegamenti. Infatti, il tipo in plastica spiralato è disponibile per applicazioni su meccanismo in movimento.

Per un rilevamento efficace, le fibre ottiche di plastica richiedono una sorgente di luce visibile, dato che assorbono la maggior parte delle lunghezze d'onda infrarosse. Sono anche meno adatte a temperature estreme e sono sensibili a molti prodotti chimici e solventi.

Le fibre ottiche individuali di plastica, per il rilevamento a barriera, sono normalmente vendute in coppia.

Vantaggi	Limiti
Resistono in condizioni ambiente estreme con componenti elettronici installati a distanza. Eccellenti per applicazioni con rilevamento di piccoli oggetti. Facilità di installazione in aree con limitato spazio di accesso. Le testine di rilevamento delle fibre possono essere disposte o focalizzate per l'emulazione della maggior parte dei modi di rilevamento.	Le fibre ottiche di plastica assicurano il funzionamento migliore se abbinare ad interruttori con luce visibile rossa. Le fibre ottiche di vetro possono essere danneggiate da un frequente o estremo movimento del cavo. Hanno un range di rilevamento molto limitato. La contaminazione dell'ambiente operativo può causare seri problemi di affidabilità di rilevamento.

Tab. 6.31 - Vantaggi e limiti degli interruttori di prossimità fotoelettrici con rilevamento a fibre ottiche.

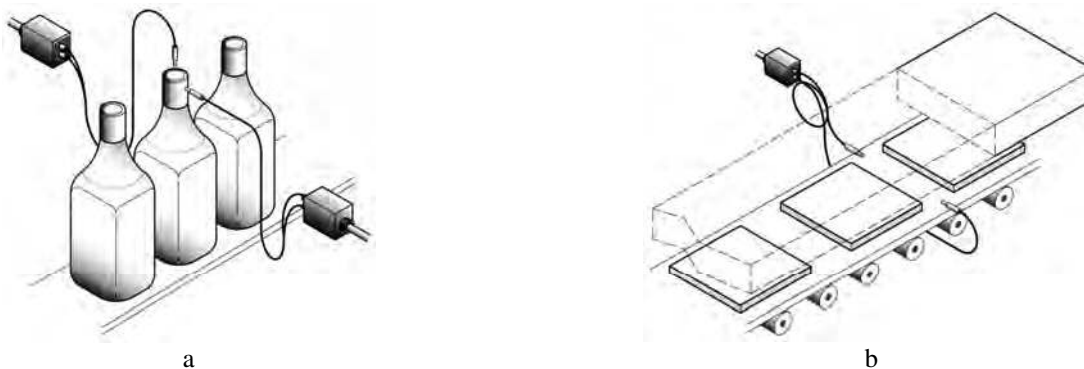


Fig. 6.206 - Esempi di applicazione degli interruttori di prossimità fotoelettrici di tipo taster: a) Rilevamento della presenza del tappo mediante cavo a fibra ottica biforcuto - b) Rilevamento del pezzo mediante cavi a fibra ottica singoli.

Un'applicazione in cui è possibile utilizzare gli interruttori fotoelettrici è quella che consente di misurare, senza contatto fisico, movimenti, spessori, profili, vibrazioni ed angoli di un pezzo meccanico, con risoluzioni dell'ordine del micrometro [μm]. Questi interruttori utilizzano un captatore a riflessione, realizzato mediante l'uso di un diodo laser emettitore di luce ad infrarosso e da un fotorilevatore, racchiusi in un unico apparecchio.

L'oggetto su cui si vuole effettuare la misura riflette la luce. Infatti, la luce prodotta dal diodo laser è proiettata, mediante un particolare sistema ottico, sulla superficie dell'oggetto, che provvede a rifletterla. La luce riflessa è focalizzata, mediante un secondo sistema ottico, sul fotorilevatore.

Il movimento dell'oggetto provoca uno spostamento del punto in cui arriva la luce sul fotorilevatore, che emette, a sua volta, un valore di corrente diverso. In questo modo, è possibile conoscere con precisione i movimenti dell'oggetto.

Un'apparecchiatura di controllo provvederà a rendere insensibile questo tipo d'interruttore, sia dalla luce ambiente sia da eventuali cambiamenti dello stato della superficie dell'oggetto (dal colore o dalla temperatura).

I raggi laser sono potenzialmente pericolosi se non utilizzati correttamente; di conseguenza, è necessario seguire le indicazioni fornite dal costruttore per il loro uso, oltre a rispettare le norme di sicurezza in vigore nello Stato in cui il dispositivo è installato.



Fig. 6.207 - a) Principio di funzionamento di un interruttore fotoelettrico con diodo laser - b) Sensore di spostamento laser Z4W-A29 (Omron).

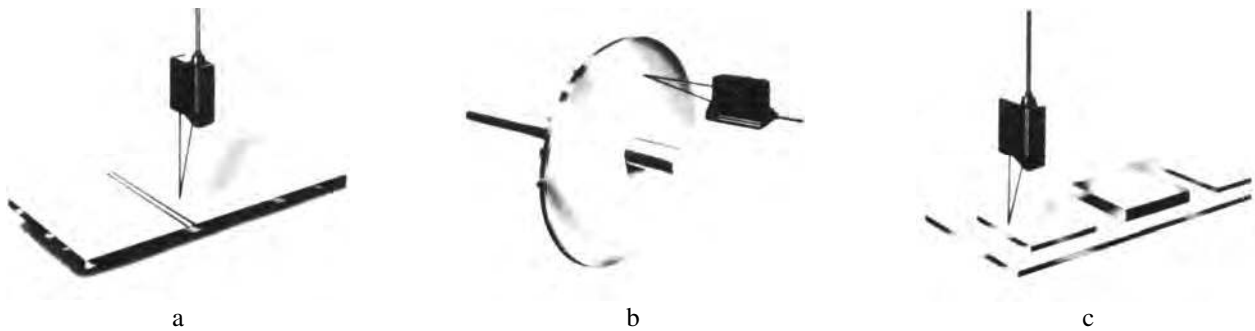


Fig. 6.208 - Interruttore di spostamento a diodo laser: a) Rilevamento di oggetti minuti: rileva con sicurezza graffi, ammaccature, rigonfiamenti, ecc. sulla superficie di un oggetto - b) Misura delle vibrazioni di dischi: misura positivamente l'oscillazione verticale della superficie del disco - c) Identificazione di un oggetto mediante misure di altezza: un oggetto può essere identificato misurandone l'altezza per mezzo di un'uscita di controllo (Omron).

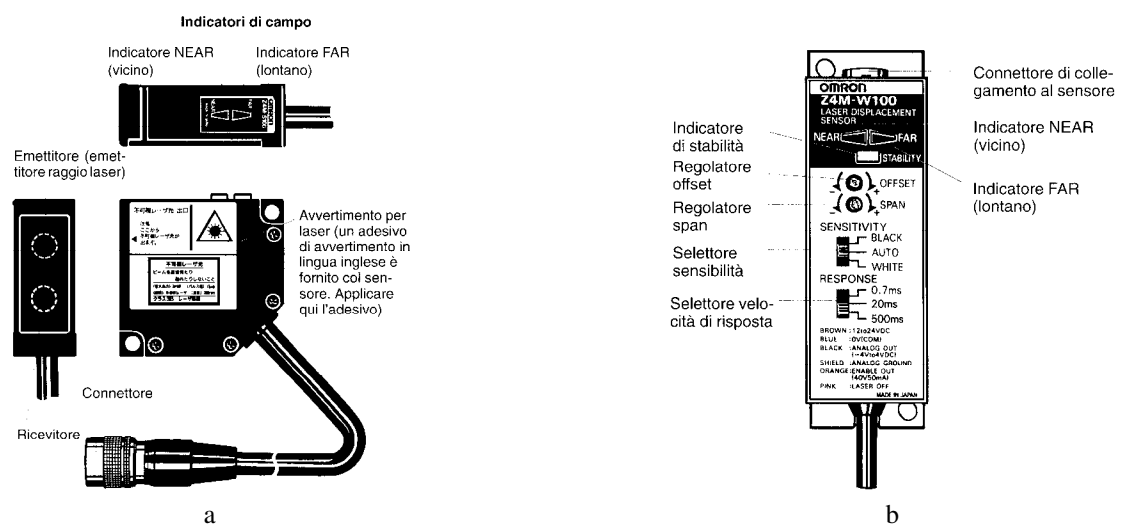


Fig. 6.209 - Interruttore di spostamento laser con amplificatore separato, risoluzione di 1,5 μ m e tempo di risposta di 0,15 ms: a) Sensore con campo di funzionamento 100 \pm 40 mm con cavo di collegamento di 3 o 8 m. Si noti la presenza dell'adesivo di avvertimento sull'uso dei diodi laser - b) Amplificatore con selettore per selezionare la sensibilità e la velocità di risposta e indicatori di campo a LED per facilitare l'installazione. Uscita analogica -4 \div +4 V oppure 4 \div 20 mA e digitale tipo NPN a collettore aperto. Possibilità di montaggio su guida DIN (Omron).

Nelle figure che seguono (da fig. 6.210 a fig. 6.219) sono presentate una serie di possibili applicazioni degli interruttori di prossimità fotoelettrici.

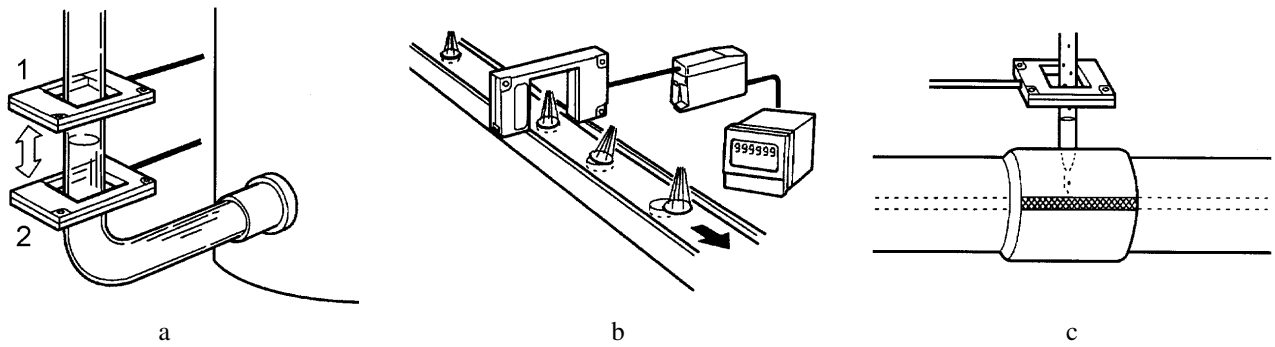


Fig. 6.210 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici per il rilevamento del passaggio di oggetti o di liquidi: a) Controllo del livello di un liquido trasparente: 1-Sensore superiore, 2-Sensore inferiore - b) Conteggio di componenti su di una linea di trasporto - c) Controllo lubrificazione.

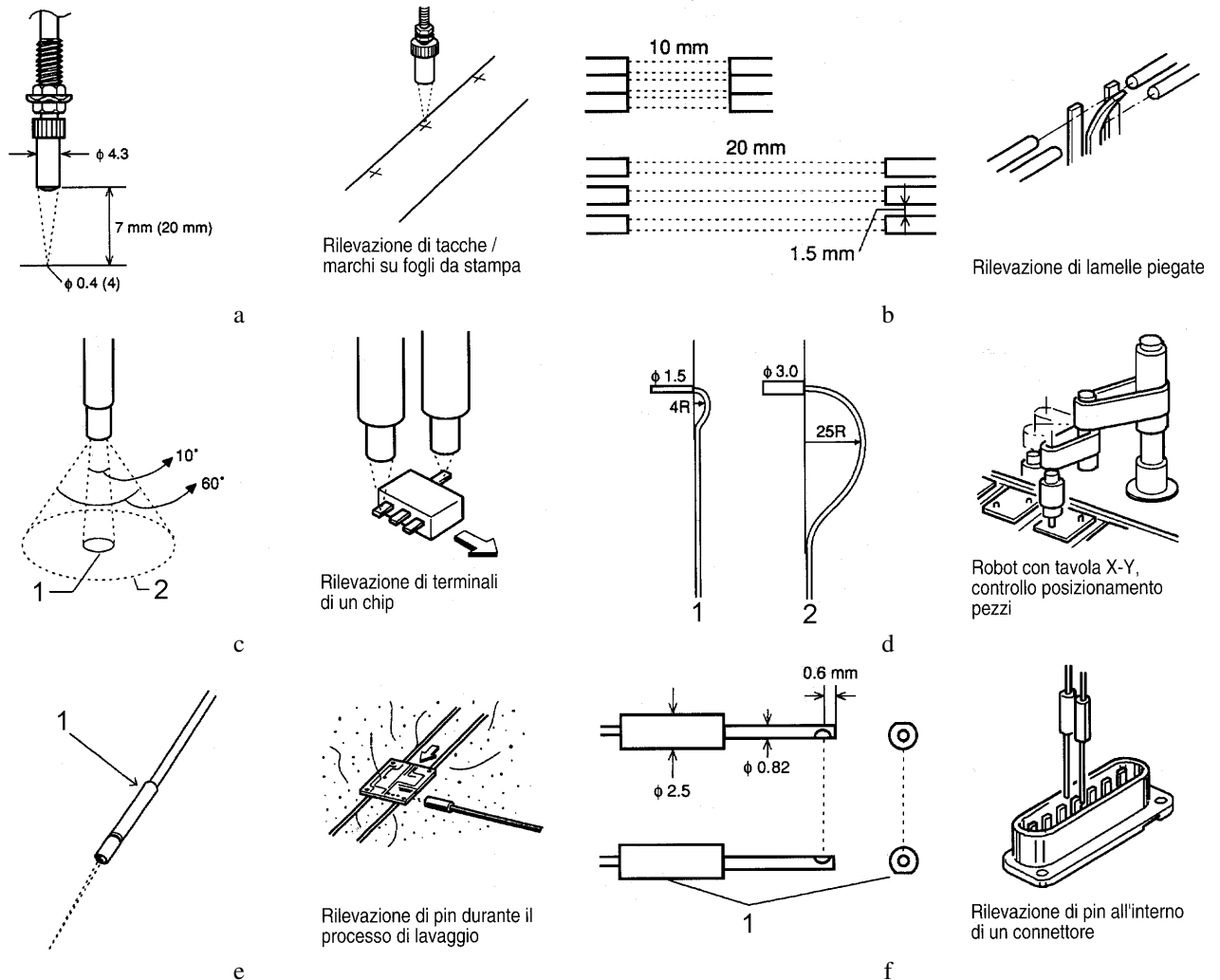


Fig. 6.211 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici con fibre ottiche: a) Fibra ottica con lente focalizzata per la rilevazione di piccoli pezzi - b) Tipo a raggi paralleli per montaggio a barriera - c) Tipo per distanza ravvicinata per la rilevazione di piccoli pezzi. 1-Fascio di luce con diametro ristretto, 2-Fascio di luce con diametro normale - d) Testine tipo miniatura con raggio minimo di piegatura uguale a 4 mm (1). Versione superflessibile per l'impiego in parti mobili (2) - e) Testina in teflon per ambienti in presenza di sostanze chimiche, olio, acqua. 1-Tubo di Teflon conforme alle norme IEC con grado di protezione IP67 - f) Testine con la parte laterale per il rilevamento in spazi ridottissimi. 1-Particolare conformazione per favorire l'uso delle fibre ottiche.

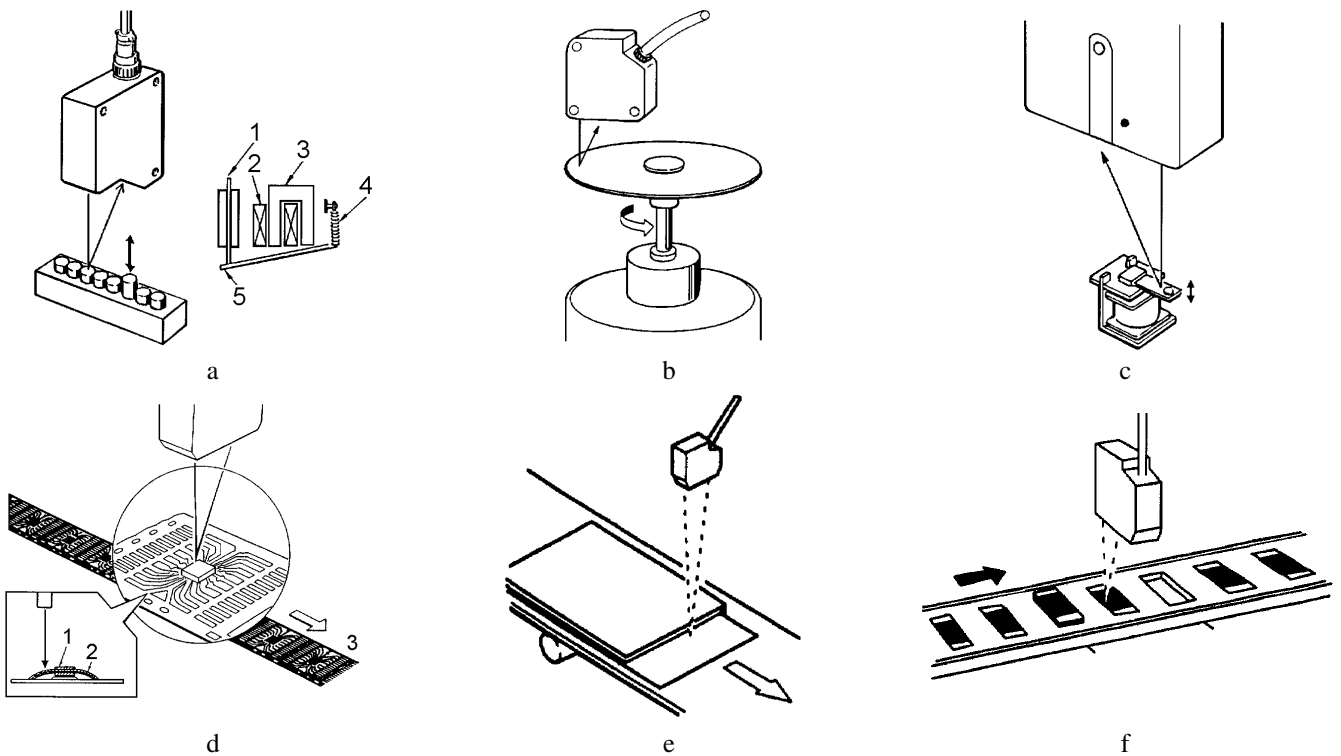


Fig. 6.212 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici laser con funzione taster per la misura di distanze, spessori, planarità: a) Misura e controllo dello spostamento di un ago di una testina di una stampante ad aghi. 1-Ago, 2-Bobina, 3-Nucleo, 4-Molla di richiamo, 5-Armatura - b) Misura e controllo della deformazione e della planarità di un disco - c) Misura della posizione della lamella di contatto di un relè elettromeccanico - d) Controllo della presenza della pasta di saldatura prima del processo di formatura (molding). 1-Microchip, 2-Collegamento elettrico, 3-Direzione verso il processo di formatura - e) Rilevazione/controllo presenza di un doppio foglio - f) Rilevazione presenza chip su un nastro.

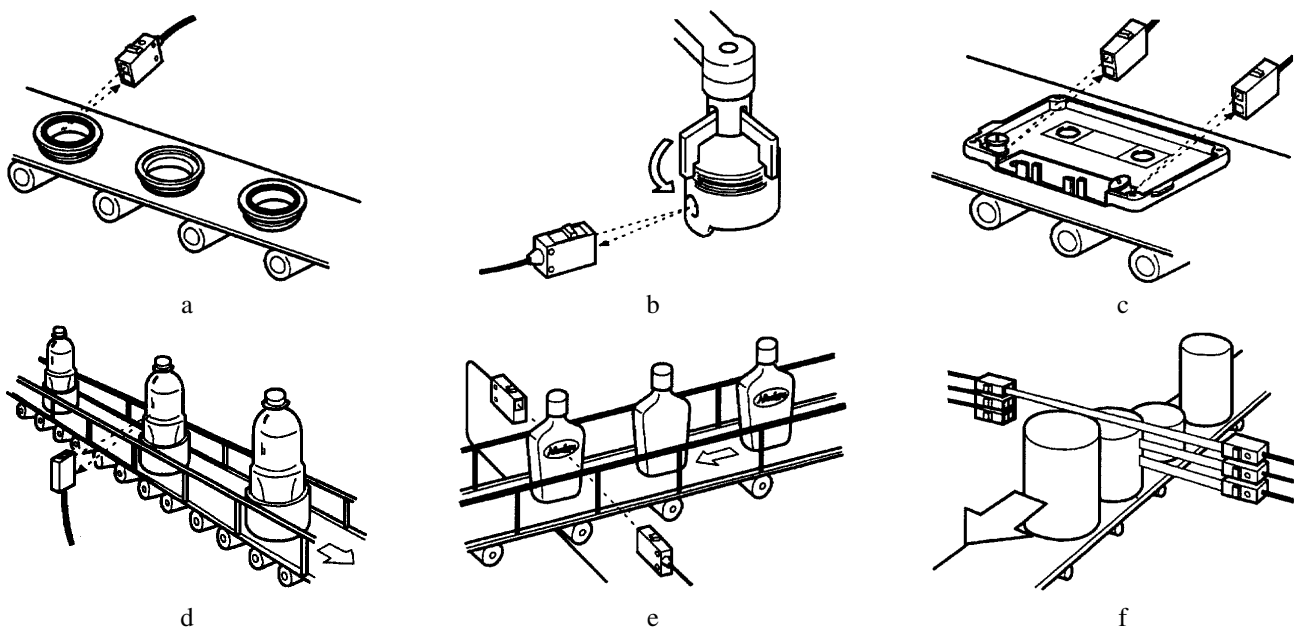


Fig. 6.213 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici con fascio a diodi laser focalizzato o parallelo: a) Controllo di presenza guarnizioni in un tappo - b) Posizionamento di pistoni - c) Controllo del corretto assemblaggio delle bobine in una cassetta per registratori - d) Controllo presenza bottiglie trasparenti in una linea di riempimento - e) Controllo presenza etichetta in bottiglie trasparenti - f) Discriminazione di oggetti di diversa altezza.

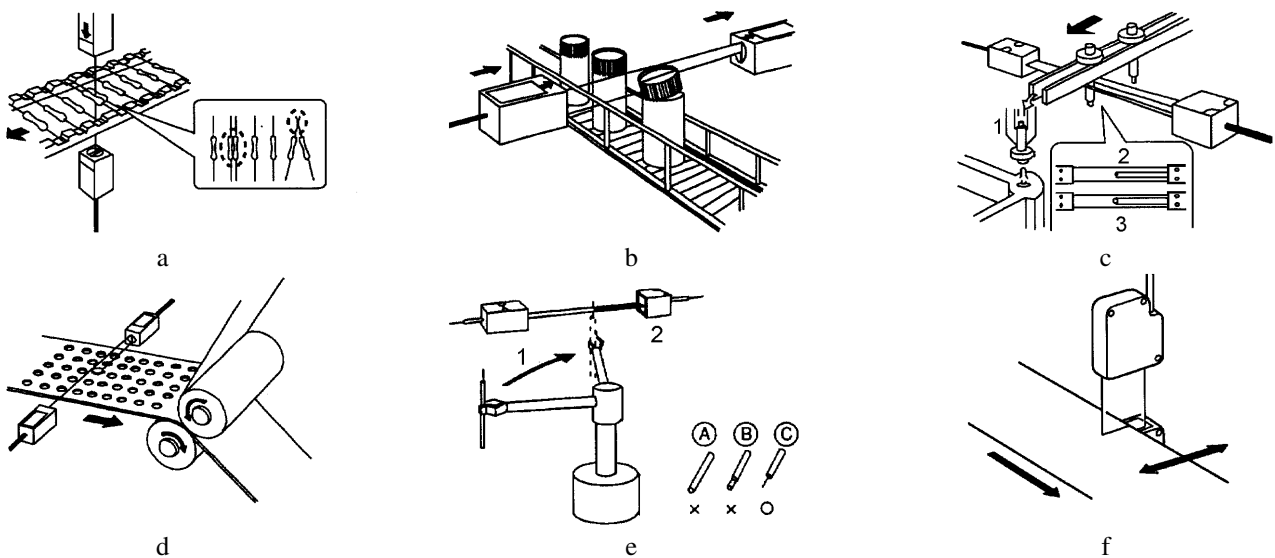


Fig. 6.214 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici con fascio a diodi laser a barriera con fascio parallelo: a) Rilevazione di resistenze sovrapposte o fuori posto - b) Rilevazione/controllo di tappi non perfettamente inseriti - c) Rilevazione/controllo di viti con diametro diverso. 1-Avvitatore, 2-Viti di piccolo diametro, 3-Viti di grande diametro - d) Rilevazione di pillole fuori dall'alveolo blister - e) Rilevazione di cavi spellati e non. 1-Movimento del braccio del manipolatore, 2-Sensori per il riconoscimento del cavo, A-Cavo non spellato, B-Cavo con l'isolante non rimosso, C-Cavo spellato correttamente - f) Controllo di bordo nastro.

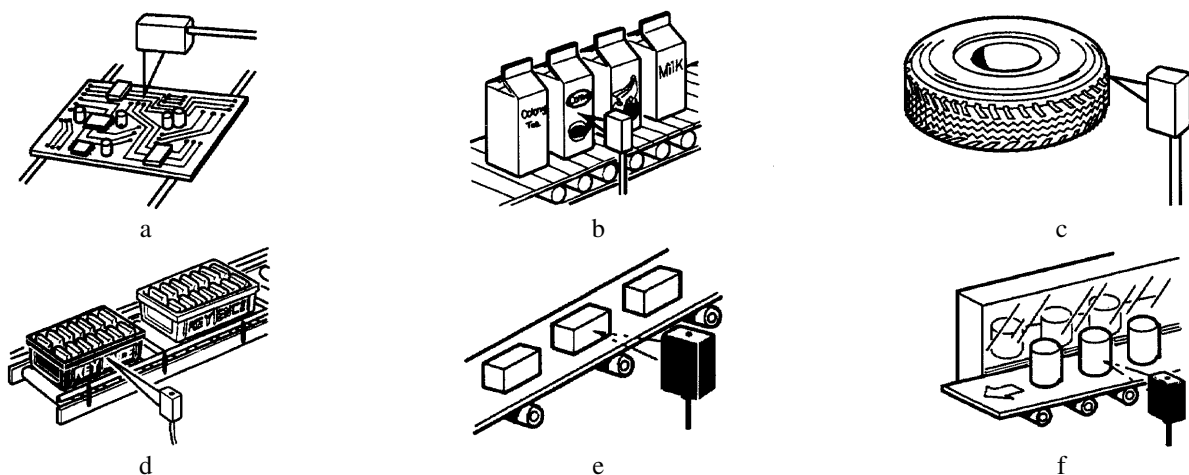


Fig. 6.215 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici speciali per il controllo a distanza: a) Controllo presenza/assenza di un circuito stampato - b) Rilevazione di prodotti (scatole, ecc.) indipendentemente dalla forma e dal colore - c) Rilevazione di presenza profilo su un pneumatico - d) Rilevazione di pallets con diversi colori - e) Rilevazione di oggetti su di un nastro trasportatore - f) Rilevazione di oggetti su di un nastro con soppressione dello sfondo.

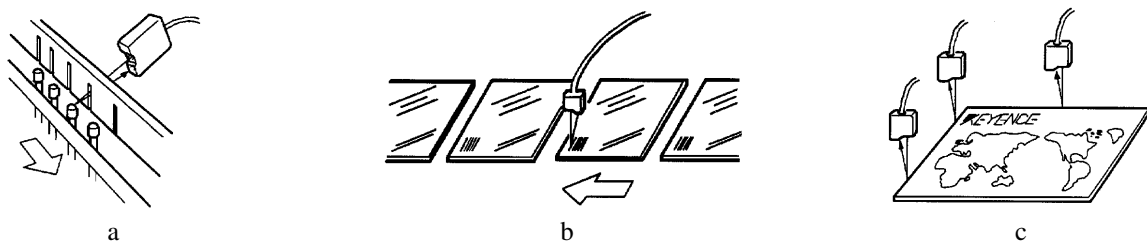


Fig. 6.216 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici con fascio a diodi laser focalizzato: a) Controllo di piccoli pezzi attraverso una fessura - b) Controllo/rilevazione di codici a barre (bar code) - c) Controllo di registro in un impianto di stampa.

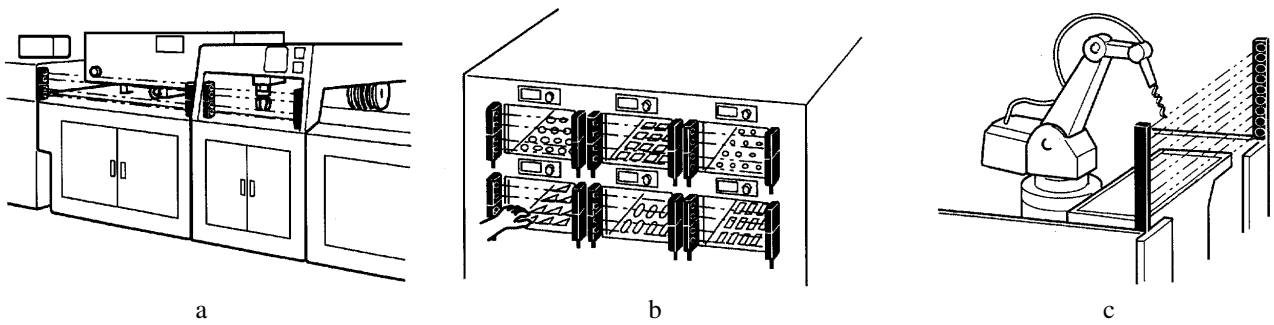


Fig. 6.217 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici nelle barriere di protezione area a raggi infrarossi: a) Controllo di sicurezza sulla porta di accesso in una linea di montaggio automatico di chip - b) Conferma di parti asportate dal forno - c) Controllo area in un impianto robotizzato.

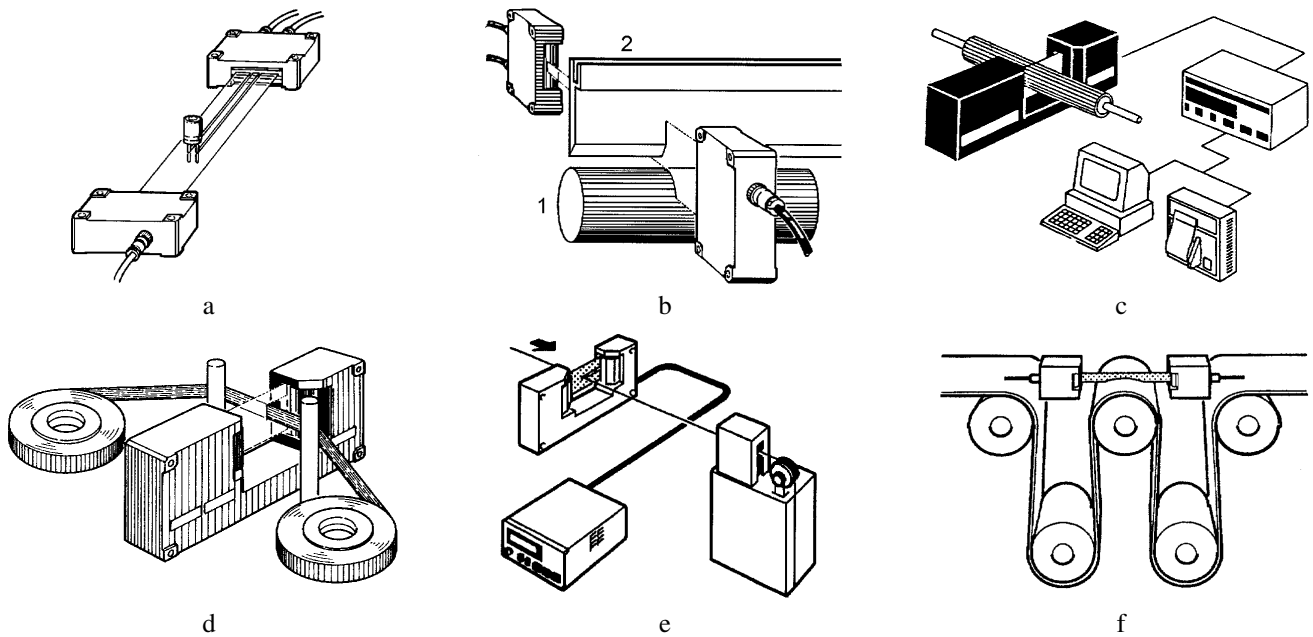


Fig. 6.218 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici di misura laser a barriera (micrometro laser): a) Misura della distanza tra i piedini di componenti elettronici - b) Misura della distanza tra lama e rullo da stampa. 1-Rullo, 2-Lama - c) Misura del diametro e della eccentricità di alberi rotanti - d) Controllo/misura della larghezza di un nastro - e) Controllo/misura diametro filo - f) Controllo/misura spessore.

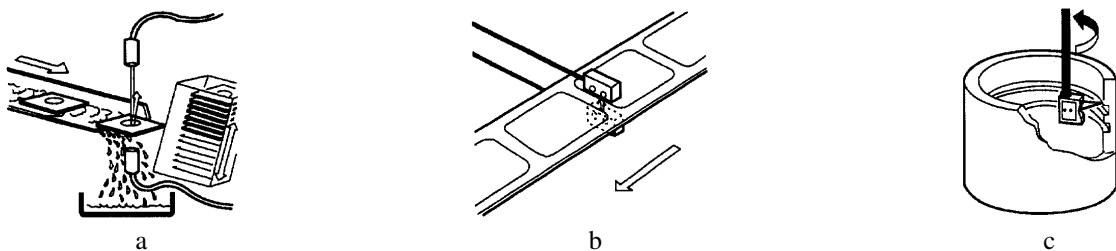


Fig. 6.219 - Applicazioni degli interruttori fotoelettrici miniatura: a) Controllo passaggio dischetto o wafer - b) Controllo conferma di etichette in una linea di etichettatura - c) Controllo presenza cave in un cilindro.

6.22 Relè ausiliari, relè a tempo (temporizzatori), contaimpulsi

Nei circuiti ausiliari di comando degli impianti industriali, non esistono solo le apparecchiature viste precedentemente (pulsanti, selettori, interruttori di posizione, ecc.). Esistono, infatti, anche dispositivi elettromagnetici di comando, denominati genericamente relè.

Il relè è un'apparecchiatura elettromeccanica molto diffusa. Comandata da una grandezza elettrica, consente l'azionamento di contatti, che, a loro volta, determinano l'apertura o la chiusura di determinati circuiti.

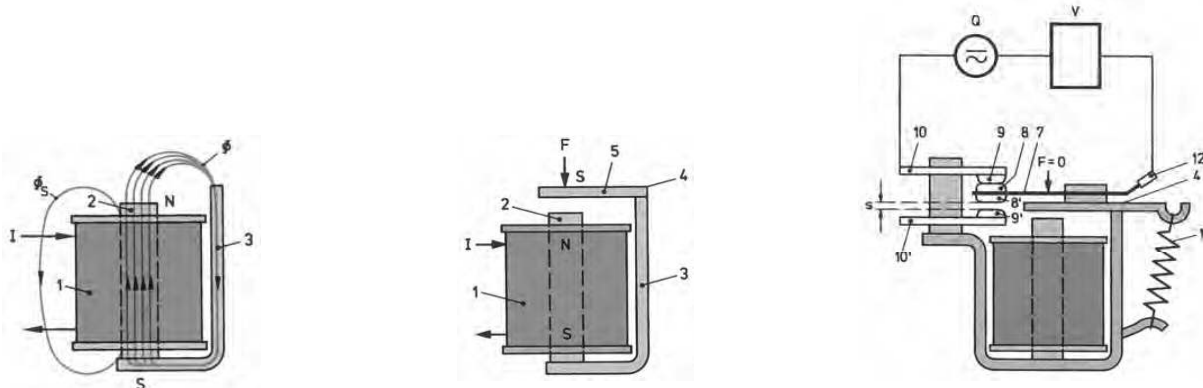
Mediante l'appropriato utilizzo di questi contatti, è possibile realizzare la logica di comando di semplici automatismi, nei quali il costo di un PLC non risulta giustificato.

In realtà, l'avvento delle apparecchiature elettroniche di controllo ha ridotto drasticamente l'uso dei relè, che tuttavia sono importanti per la realizzazione di circuiti di sicurezza e come interfaccia tra le logiche di controllo elettroniche (PLC) e le apparecchiature di potenza (contattori).

Nelle righe che seguono sono descritti i tipi di relè elettromagnetici maggiormente utilizzati.

Il primo tipo preso in esame è il *relè monostabile o a rilascio*, nel quale trova posto una bobina con un nucleo ferromagnetico. Se la bobina è percorsa da una corrente elettrica, si crea una forza che attrae un'ancora mobile. Questa agisce su dei contatti che consentono di inserire o disinserire il carico.

Quando la bobina non è più alimentata, una molla di richiamo e, in alcuni casi, l'elasticità dei contatti stessi, riportano il tutto nella posizione di riposo. I contatti consentono di inserire o disinserire il carico.



Quando una bobina (1) è attraversata da una corrente elettrica I , nasce nel suo nucleo ferromagnetico (2) un flusso Φ che attraversa il giogo (3). L'estremità dell'elettromagnete da cui esce il flusso si chiama polo nord, mentre l'altro si chiama polo sud. $\Phi_s = \text{flusso disperso}$.

L'elettromagnete è ora completato con un'ancora mobile (5), che è attratta con una forza F attraverso la spalla del giogo (4). È la forza F di attrazione che determina il movimento dei contatti. Cambiando la direzione della corrente, varia anche la polarità dell'elettromagnete.

Le precedenti rappresentazioni sono ora completate con i contatti (8, 8', 9, 9'), la molla (7), i contatti mobili, i bracci dei contatti fissi 10 e 10' e la molla di richiamo (11) nonché con il contatto fisso comune (12). Il carico (V) verrà alimentato dalla sorgente (Q) mediante la chiusura e l'apertura del contatto (8, 9).

Fig. 6.220 - Principio di funzionamento dei relè elettromeccanici monostabili.

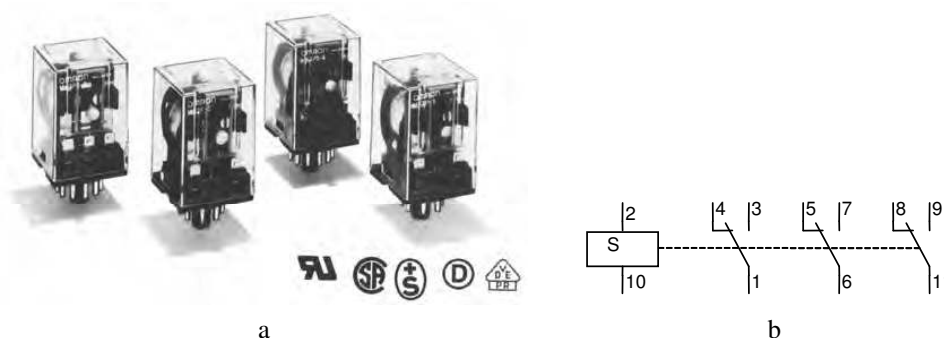


Fig. 6.221 - Relè monostabile MK3P: a) Alcuni modelli disponibili - b) Collegamenti - c) Caratteristiche tecniche (Omron).

Per facilitare le operazioni di manutenzione, questi relè possono essere dotati di una levetta/pulsante esterna per l'azionamento dei contatti, nonché di un indicatore meccanico o elettronico LED (per esempio, LED rosso per i modelli in AC e LED verde per quelli in DC), che indica la posizione dei contatti (relè eccitato o diseccitato).

Per facilitare il riconoscimento del tipo di alimentazione del relè, il pulsante di prova può essere colorato (per esempio, blu per i modelli in DC e rosso per i modelli in AC).

Sono disponibili modelli con integrati, collegati in parallelo alla bobina, un diodo (DC) e un gruppo RC (AC/DC) per la limitazione dei disturbi elettrici.

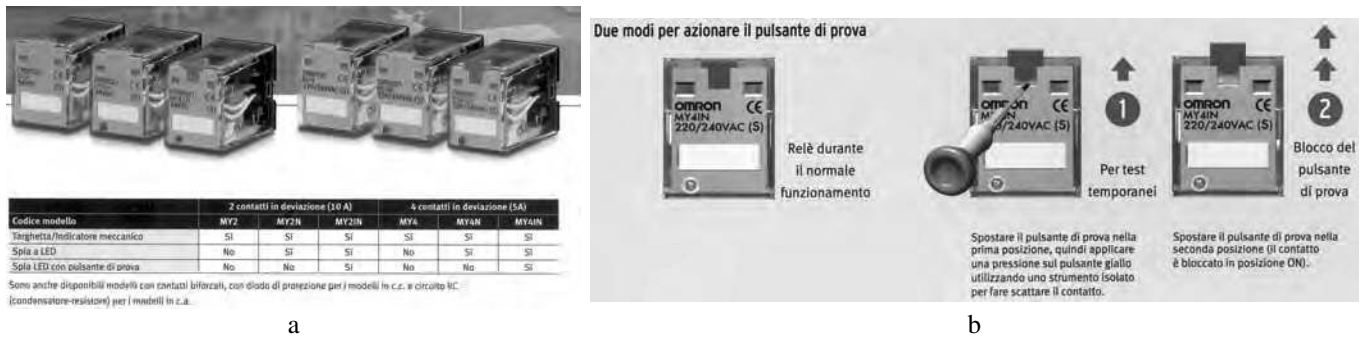


Fig. 6.222 - a) Esempi di relè elettromeccanici monostabili serie MY - b) Due modi per azionare il pulsante di prova: 1) per test temporanei, 2) blocco del pulsante di prova (il contatto è bloccato in posizione ON) (Omron).

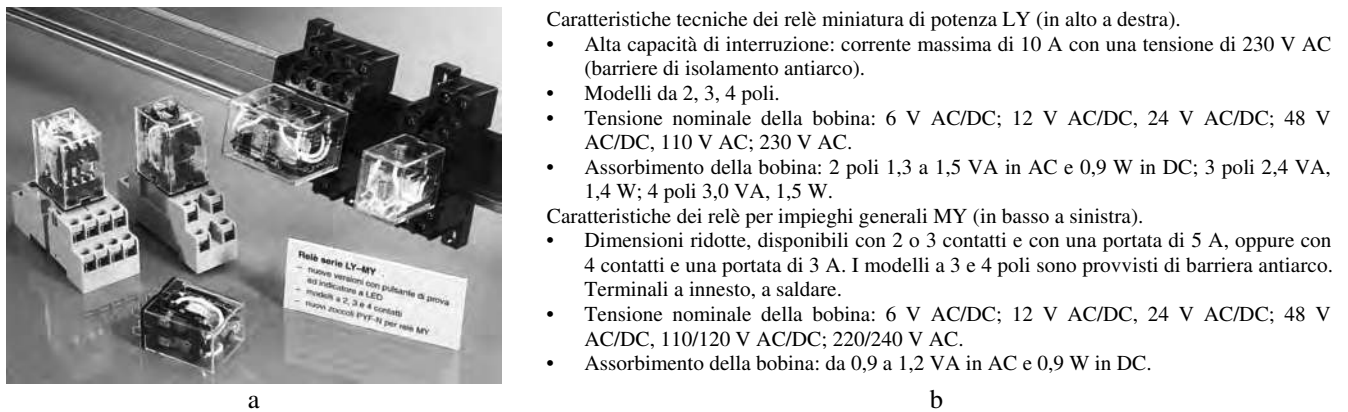


Fig. 6.223 - a) Esempi di relè elettromeccanici serie LY-MY - b) Caratteristiche tecniche (Omron).

I relè a ritenuta magnetica o meccanica, invece, hanno un comportamento bistabile. Mediante un impulso elettrico inviato ad una bobina, il relè assume la posizione di funzionamento, mentre, con un secondo impulso ad un'altra bobina, si ripristinano le condizioni di partenza con i contatti nella posizione di riposo.

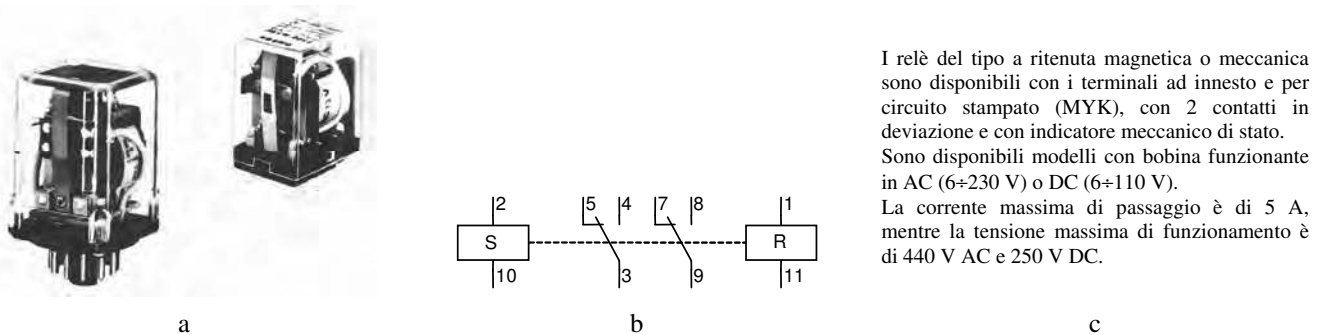


Fig. 6.224 - Esempio di relè bistabile tipo MK2K e MYK: a) Modelli disponibili - b) Collegamenti - c) Caratteristiche tecniche (Omron).

Il funzionamento è basato su di un'azione magnetica, oppure su un dispositivo meccanico. Per il corretto funzionamento, gli impulsi devono avere una durata di almeno 20÷50 ms.

La ritenuta di tipo meccanico permette anche un interblocco, in modo tale che ognuna delle due bobine possa far assumere al relè la posizione di funzionamento solo se l'altra è diseccitata.

Come i relè monostabili, anche questi tipi di relè, per facilitare le operazioni di manutenzione, possono essere dotati di una levetta esterna per l'azionamento dei contatti e/o di un indicatore meccanico o elettronico LED che ne indichi la posizione.

I relè passo-passo dispongono di un meccanismo dotato di una rotella a denti di sega e di un eccentrico che agisce sui contatti, chiudendoli e aprendoli alternativamente ad ogni eccitazione della bobina, come mostrato nella fig. 6.225a.

Un esempio tipico è il relè commutatore/interruttore utilizzato negli impianti civili per il comando di apparecchi di illuminazione (v. fig. 6.225b).

Nella fig. 6.226 sono presentati tre schemi elettrici che mostrano come è possibile comandare un relè monostabile (a), bistabile (b) e passo-passo (c).

Nel primo caso (fig. 6.226a), mediante il pulsante S1, si chiude il circuito attraverso il pulsante normalmente chiuso S2 e il relè K1 è eccitato (set), determinando, così, la chiusura dei contatti 13-14 e 23-24. Il primo contatto (contatto di autoalimentazione) provvede ad alimentare la bobina di K1, anche quando il pulsante S1 è rilasciato, mentre il secondo contatto alimenta il carico, rappresentato, in questo caso, dalla lampada P1.

Il segnale proveniente dal pulsante S1 è così memorizzato; per diseccitare il relè, è sufficiente premere il pulsante S2 (reset), che consente di riportare i contatti nella condizione di riposo. Si noti che, senza l'uso del contatto di autoalimentazione, il relè monostabile K1 si diseccita ogni qualvolta si rilascia il pulsante S1.

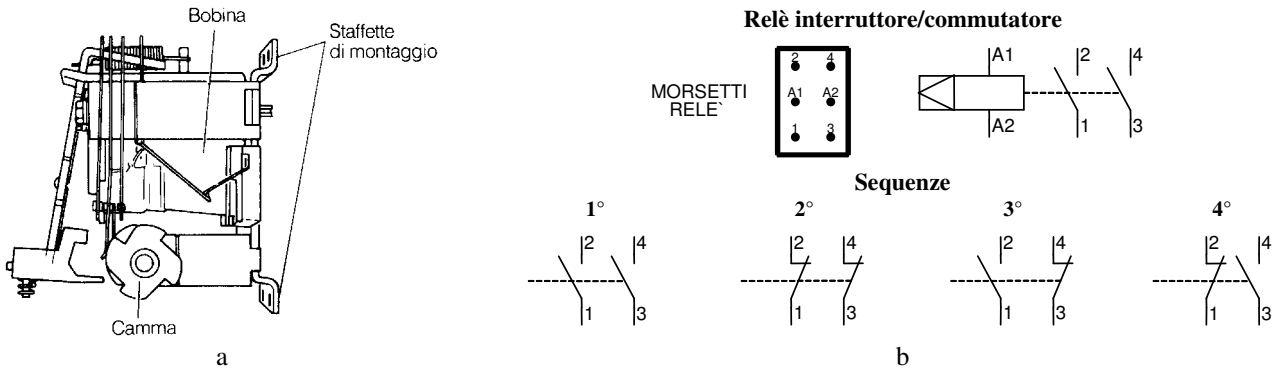


Fig. 6.225 - a) Meccanismo interno di un relè passo-passo elettromeccanico (Omron) - b) Sequenze del relè modulare passo-passo interruttore/commutatore art. 5313N. Si noti che, per utilizzarlo come relè interruttore, è necessario usare il contatto 1-2 (bucino).

Il secondo schema presenta, invece, il comando di un relè bistabile (fig. 6.226b). In questo caso, premendo il pulsante S3 (set), si alimenta la bobina A1-A2, che provvede ad eccitare il relè K2. Si determina, così, la chiusura del contatto 13-14, che, conseguentemente, alimenta il carico (P2). Il relè, date le sue caratteristiche costruttive, rimane eccitato, anche se si rilascia il pulsante S3, consentendo, così, la memorizzazione del segnale.

Per ripristinare le condizioni di partenza, e cioè per riaprire il contatto 13-14 di K2, è necessario premere il pulsante S4 (reset), determinando lo spegnimento della lampada P2. In questo caso, entrambi i segnali provenienti dai due pulsanti sono memorizzati mediante il meccanismo interno del relè.

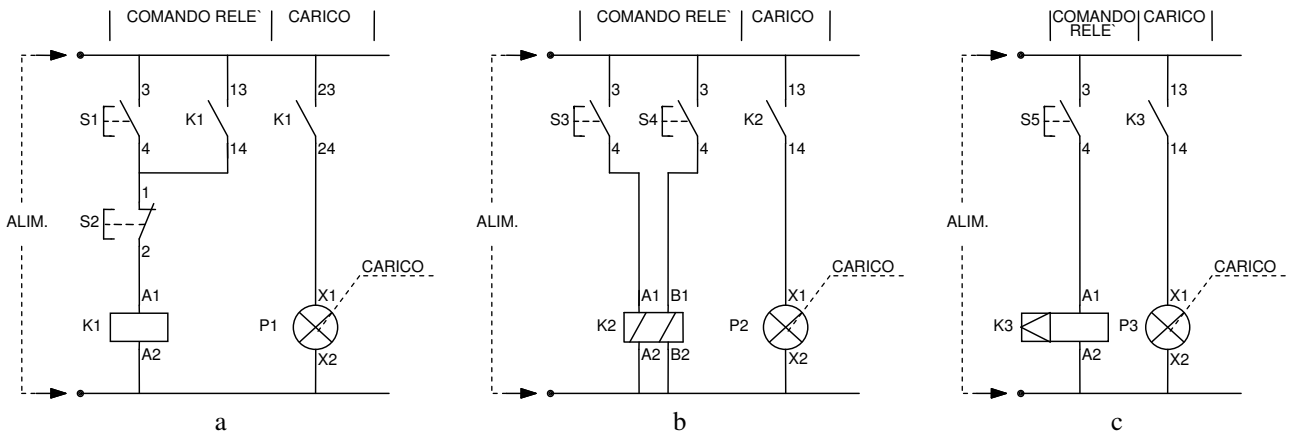


Fig. 6.226 - Tipi di comando di un relè: a) Monostabile - b) Bistabile - c) Passo-passo.

L'ultimo schema propone il comando di un relè passo-passo (fig. 6.226c), che può essere considerato come un relè bistabile, dotato, però, di una sola bobina. In questo caso, infatti, è sufficiente premere il pulsante S5 per eccitare la bobina del relè K3 e per ottenere la corrispondente chiusura del contatto 13-14 e la contemporanea alimentazione del carico P3. Un successivo azionamento del pulsante S5 determina una nuova eccitazione della bobina del relè e la corrispondente apertura del contatto che alimenta il carico.

Questo funzionamento è reso possibile dal meccanismo interno (passo-passo), che, ogni qualvolta la bobina è eccitata mediante l'azionamento di un unico pulsante, consente la chiusura e la successiva apertura dei contatti.

I relè sono caratterizzati dal numero dei contatti in commutazione (1+4), dal collegamento esterno (terminali ad innesto su zoccolo o a saldare per circuiti stampati) e dall'esecuzione (a giorno o protetta con calotta trasparente).

I relè possono essere del tipo modulare, da montare direttamente su guida DIN, oppure nella versione a zoccolo per il montaggio su guida DIN o il fissaggio in un quadro elettrico.

L'innesto a zoccolo può essere di tipo rettangolare oppure circolare (octal=8 fori o undecal=11 fori); sulle macchine industriali, per evitare che il relè si possa disinserire dal proprio zoccolo a causa delle vibrazioni della macchina, può essere applicata un'apposita molletta (o meccanismo di ritegno/rilascio) impernata sui bordi dello zoccolo, che consente di bloccare e liberare dallo zoccolo il componente installato, rendendo, così, la sostituzione più semplice e sicura (v. fig. 6.227b).

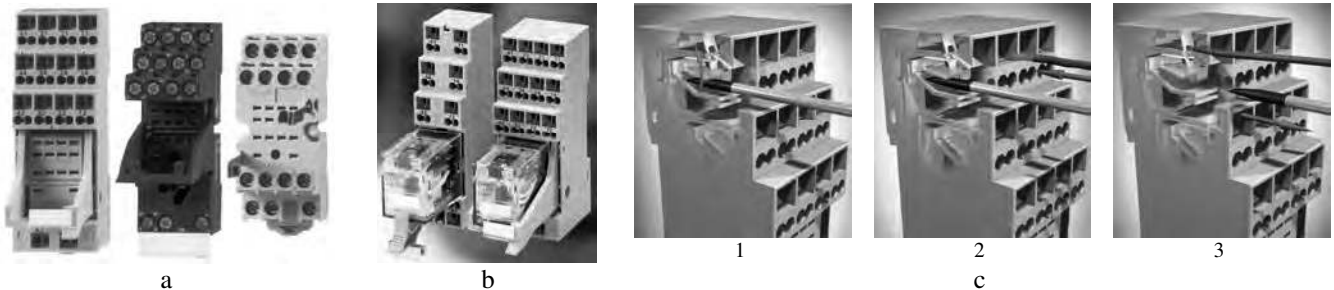


Fig. 6.227 - a) Esempi di zocchi con terminali a molla (a sinistra) e con terminali a vite (al centro e a destra). Si noti il meccanismo di ritegno/rilascio o la molletta per bloccare/sbloccare il relè - b) Esempi di relè installati mediante zocchi con terminali a molla - c) Funzionamento degli zocchi con terminali a molla: 1) inserire il cacciavite: le molle sono compresse e il morsetto è spinto verso l'alto, 2) inserire il filo conduttore (la sezione può variare da 0,2 a 1,5 mm²), 3) rimuovere il cacciavite: le molle sono rilasciate e il morsetto è spinto verso il basso, fissando saldamente il filo (Omron).

Il collegamento dei conduttori può essere eseguito mediante attacchi a vite, a molla, terminali tipo faston, oppure a saldare.

La tecnologia che prevede i terminali a molla (v. fig. 6.227c) non impiega alcun tipo di vite, consentendo, così, di risparmiare il tempo normalmente dedicato al serraggio delle viti. Essa consente comunque un collegamento affidabile e duraturo (per esempio, in presenza di urti o vibrazioni sono superflui gli interventi di manutenzione periodica), in quanto è eliminato il problema di una coppia di serraggio eccessiva o insufficiente applicata alle viti durante il collegamento dei cavi. Ciascun terminale è dotato di due morsetti, ognuno dei quali consente di fissare un filo dello stesso diametro o di diametro differente.

Sullo zoccolo è presente, normalmente, la numerazione per l'identificazione dei terminali dei contatti e della bobina (v. fig. 6.228). Questa soluzione ne consente la facile individuazione e agevola la fase di montaggio o di manutenzione del quadro elettrico.

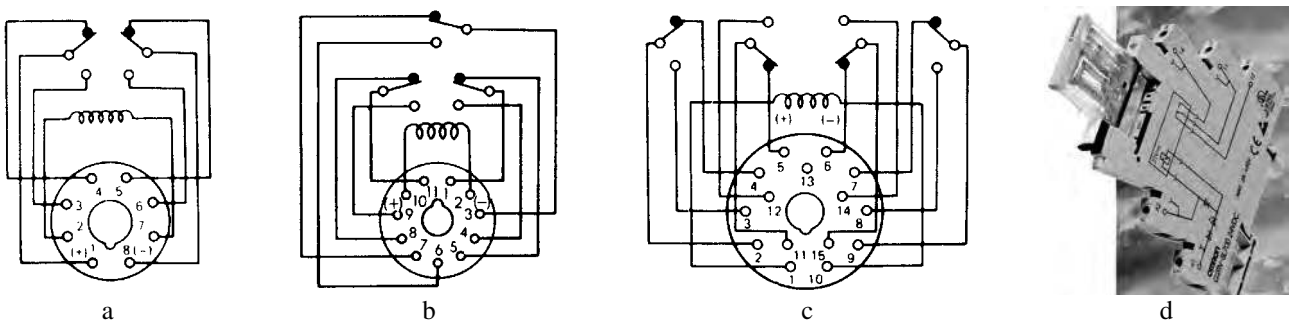


Fig. 6.228 - Esempi di zocchi per relè elettromeccanici e relativi collegamenti interni: a) MM2P (octal) - b) MM3P (undecal) - c) MM4P - d) Schema di collegamento del relè ultrasottile (5 mm) ad innesto G2RV riportato sullo zoccolo (6 mm). I relè G2RV sono caratterizzati dalla presenza di un indicatore meccanico o a LED, tensione di comando da 12 V DC a 230 V AC, corrente nominale di 6 A, tensione massima si commutazione di 440 V AC/125 V DC, adatti per realizzare interfacce per PLC per ridurre/semplificare il cablaggio (Omron).

Esistono dei modelli con attacchi a saldare (v. fig. 6.229a), dalle ridotte dimensioni per il fissaggio su circuito stampato. Questi relè sono utilizzati, per esempio, nei circuiti di uscita delle schede elettroniche e dei controllori logici programmabili. Oltre ai modelli con esecuzione verticale, si hanno anche i modelli piatti, con asse della bobina e dei contatti paralleli al piano del circuito stampato.

Per queste applicazioni sono disponibili anche i cosiddetti relè reed (v. fig. 6.230), nei quali i contatti sono contenuti in un'ampolla di vetro riempita di gas inerte. Questi contatti, simili a quelli utilizzati nei sensori magnetici, sono azionati da un campo magnetico, generato da una bobina che li avvolge completamente.

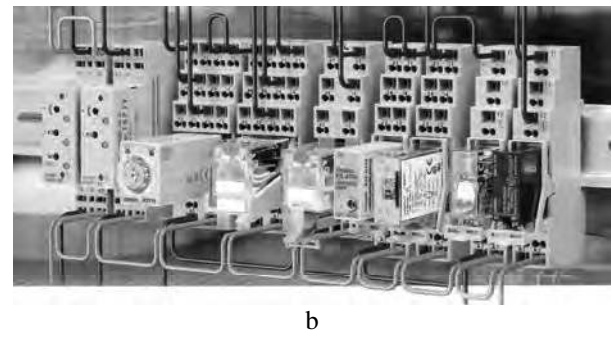
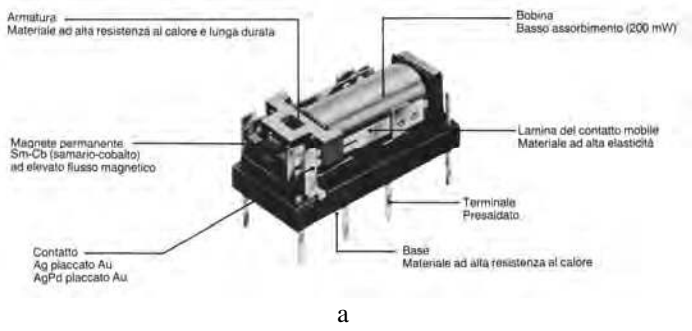


Fig. 6.229 - a) Esempio di relè miniaturizzato per circuiti stampati - b) Esempi di apparecchiature come relè, relè temporizzatori, relè di controllo, relè allo stato solido montati su zoccolo con terminali a molla. Sulla sinistra sono visibili relè temporizzatori dotati di terminali a molla che non necessitano di zoccolo (Omron).

I contatti sono ricoperti in superficie da un piccolo strato di rodio, che consente di sopportare carichi con un'elevata corrente di spunto, senza subire microfusioni. Si noti, inoltre, che i contatti funzionano in un'atmosfera protetta, essendo racchiusi in un'ampolla di vetro contenente un gas inerte e sigillata alle estremità.

La bobina e l'ampolla reed sono incapsulate in resina epossidica e sono racchiuse in un unico contenitore, che ne garantisce la robustezza meccanica e un'elevata protezione contro gli agenti atmosferici.

Questi relè consentono un elevato numero di commutazioni (circa 100 milioni) anche a velocità di lavoro particolarmente alte (500 Hz); hanno tempi di chiusura che variano da 0,5 a 3 ms a seconda dei tipi.

Esistono modelli che, con una singola bobina, riescono a comandare più contatti.

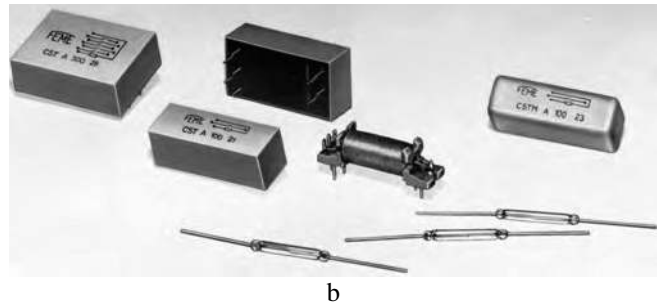
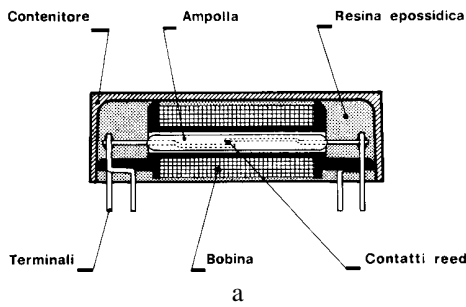


Fig. 6.230 - a) Esempio della sezione interna di un relè reed - b) Esempi di relè reed (a sinistra) e ampolle reed (a destra) per circuiti stampati (FEME).

La parte più delicata dei relè ausiliari sono i contatti. Nella fig. 6.231 sono riportati due grafici: il primo rappresenta la curva di vita elettrica in funzione della potenza commutata; al valore così ricavato si deve applicare un coefficiente di riduzione, dovuto al fattore di potenza del carico, ricavabile dal secondo grafico.

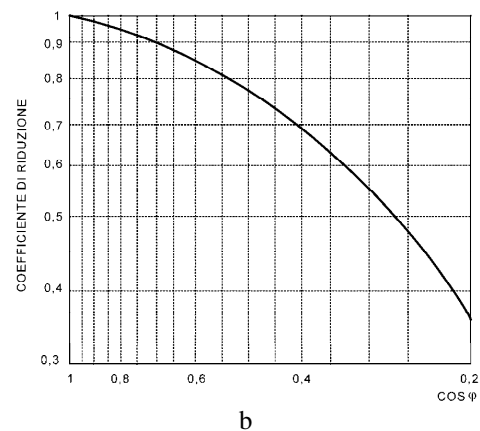
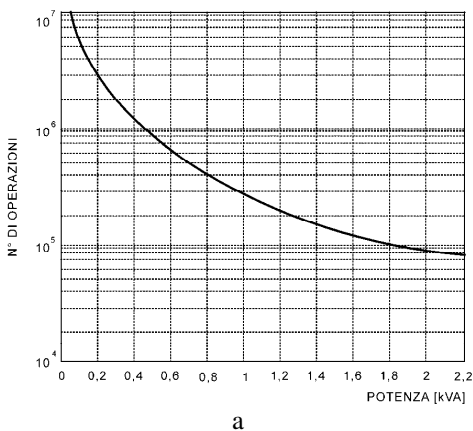


Fig. 6.231 - Curve caratteristiche dei relè ausiliari: a) Vita elettrica: numero delle operazioni in funzione della potenza commutata - b) Determinazione del coefficiente di riduzione da applicare alla vita elettrica di un relè in base al fattore di potenza del carico.

I carichi fortemente induttivi riducono notevolmente la vita dei contatti, a causa delle elevate sovratensioni che, durante la fase di apertura, si manifestano proprio sui contatti.

In modo analogo a quanto previsto per i contattori, se il circuito funziona in corrente alternata, si può ovviare al fenomeno utilizzando un gruppo RC o un variatore, inserito in parallelo al carico (contattore, elettrovalvola, elettromagnete, ecc.). Se, invece, il circuito funziona in corrente continua, è possibile collegare, sempre in parallelo al carico, un diodo (è necessario collegare il catodo al polo positivo), anche se questa soluzione può determinare un aumento del tempo di sgancio nell'ordine dei 30÷40 ms.

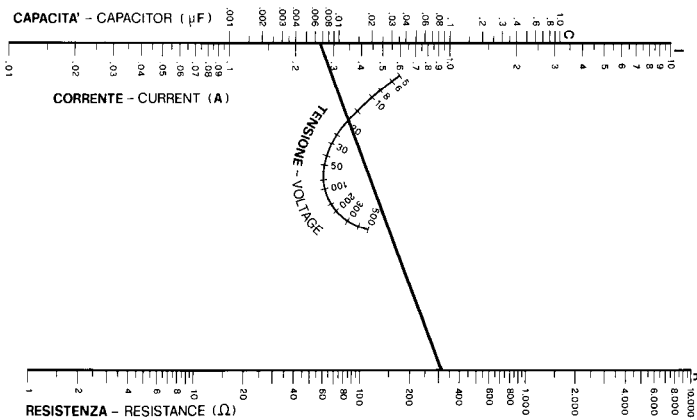


Fig. 6.232 - Nomogramma per determinare i valori di R e C per la protezione dei contatti (FEME).

I valori riportati nei cataloghi relativi alla vita elettrica dei contatti reed sono normalmente forniti per carichi resistivi.

Per carichi capacitivi e lampade, sia in DC sia in AC, si può utilizzare un resistore in serie al carico di valore conveniente per proteggere il contatto dal picco di corrente di inserzione.

Per carichi induttivi, sia in DC sia in AC, la protezione più comune è ottenuta tramite un gruppo RC, collegato in parallelo al contatto o al carico.

Il nomogramma a fianco consente una rapida determinazione dei valori di R e di C (gruppo antidisturbo RC).

Per carichi induttivi in DC, si può anche utilizzare un diodo collegato in parallelo al carico (collegato con il catodo al polo positivo).

Per esempio, con una tensione di alimentazione del carico (prima della chiusura del contatto) $U = 20 \text{ V}$ e una corrente del carico (prima dell'apertura del contatto) $I = 0,25 \text{ A}$, il nomogramma fornisce i seguenti valori: $R = 300 \text{ } \Omega$ e $C = 0,006 \text{ } \mu\text{F}$.

I PLC lavorano in collaborazione con apparecchi periferici dai quali ricevono ed ai quali inviano dei segnali elettrici. Questi apparecchi (per esempio interruttori, fincorsa), se collegati agli ingressi dei controllori, inviano dei segnali di comando; apparecchi (per esempio, contattori per il comando di motori) collegati, invece, alle uscite ricevono dei segnali elaborati dal PLC per il comando di utilizzatori. I dispositivi di interfaccia sono utilizzati, in questo caso, per collegare i controllori programmabili e gli apparecchi periferici (v. fig. 6.228d). I morsetti di interfaccia possono avere le dimensioni dei comuni morsetti, che svolgono contemporaneamente diverse funzioni:

- collegamento di apparecchi ed impianti con differenti livelli di segnale (per esempio sistemi elettronici, a potenziale diverso tra di loro, e sistemi elettronici con apparecchi elettromeccanici);
- separazione galvanica tra ingresso e uscita del morsetto di interfaccia e, quindi, tra i diversi circuiti collegati ad esso;
- nessuna trasmissione di sovratensioni causate da manovre di apertura di apparecchi elettromeccanici e da disturbi atmosferici;
- amplificazione di deboli segnali di comando, che permette, per esempio, l'accoppiamento di uscite di sistemi elettronici a bassa caricabilità (per esempio, uscite a transistor) con apparecchi elettromeccanici (un caso tipico sono le bobine dei normali contattori, che, altrimenti, non potrebbero comandare direttamente a causa del loro elevato assorbimento di corrente);
- ridotto assorbimento della bobina, vale a dire 0,5 W a 24 V, 1 W a 115 V e a 230 V (ad eccezione del morsetto con 2 contatti di lavoro, che assorbe 0,8 W a 24 V);
- ingombro ridotto pari a 12,5 mm per l'esecuzione ad un contatto, 17,5 mm per l'esecuzione con due contatti di lavoro e 22,5 mm per l'esecuzione con un contatto in scambio.

Sono disponibili morsetti di interfaccia di ingresso, con tensioni di comando in corrente alternata e continua a 24 V, 115 V e 230 V con un contatto di lavoro, e due esecuzioni di interfaccia di uscita, con tensione di comando di 24 V in corrente sia alternata sia continua, con uno o due contatti di lavoro o con un contatto di scambio. Questi morsetti sono, in genere, disponibili per il fissaggio su guida profilata, per un facile montaggio all'interno dei quadri elettrici.

Un diodo LED indica la presenza della tensione di comando al relè e, quindi, lo stato di funzionamento dell'interfaccia; il ponte raddrizzatore permette il comando della bobina con corrente continua o alternata e, contemporaneamente, limita le sovratensioni generate alla disinserzione della bobina. La durata meccanica degli apparecchi è di 20 milioni di cicli di manovra, mentre la corrente di impiego dei contatti è di 1,5 A in categoria AC15.

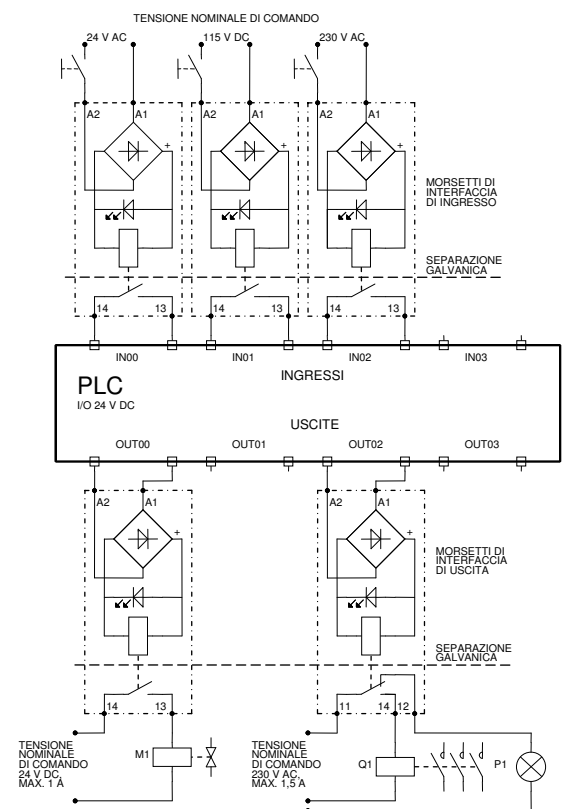


Fig. 6.233 - Morsetti di interfaccia ed esempi di applicazione.

I relè temporizzatori o, più comunemente, i temporizzatori sono apparecchiature elettromeccaniche o elettroniche normalmente utilizzate negli automatismi per determinare le sequenze operative.

Queste apparecchiature, quando comandate, intervengono automaticamente dopo un arco di tempo prefissato, chiudendo o aprendo dei contatti, che comandano, a loro volta, altre apparecchiature elettriche (contattori, relè, elettrovalvole, ecc.). L'applicazione dei temporizzatori negli impianti industriali è molto vasta: dai semplici comandi per motori asincroni, ai cicli automatici per macchine utensili e per la produzione.

Dal punto di vista del funzionamento, il ritardo può essere ottenuto in vari modi, per esempio, per mezzo di azioni meccaniche o elettromeccaniche (con un motorino sincrono che chiude, mediante un'opportuna riduzione

meccanica, dei contatti), pneumatiche (con un sistema di smorzamento ad aria, ottenuto aggiungendo un modulo all'unità base del contattore) o elettroniche (consentono svariate funzioni e dispongono, in genere, di segnalazioni di stato mediante LED o di un display a diodi LED o a cristalli liquidi LCD).

Le funzioni di ritardo possono essere sostanzialmente di tre tipi: all'eccitazione, alla diseccitazione oppure ad entrambe (v. fig. 6.234).

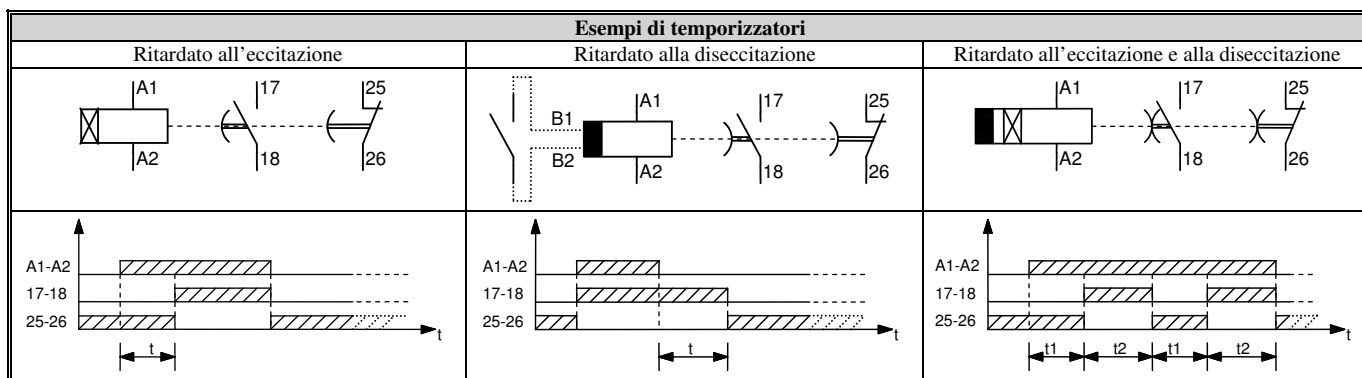


Fig. 6.234 - Schema di collegamento e diagramma di lavoro di temporizzatori elettronici: ritardato all'eccitazione, ritardato alla diseccitazione, ritardato all'eccitazione e alla diseccitazione. Il tipo ritardato alla diseccitazione può presentare in alcuni modelli i morsetti B1 e B2; in questo caso, prevede il seguente funzionamento: in presenza della tensione ai capi dei morsetti A1 e A2, i contatti rimangono nella posizione di riposo (17-18 aperto e 25-26 chiuso). Cortocircuitando i morsetti B1 e B2 mediante un contatto in chiusura a potenziale libero (relè, contattore, ecc.), i contatti sono immediatamente azionati (17-18 chiuso e 25-26 aperto). Interrompendo il collegamento tra i morsetti B1 e B2, i contatti, trascorso il tempo impostato, ritornano nella posizione di riposo (ritardo alla diseccitazione).

Nel primo tipo, quando si alimenta la bobina del temporizzatore, inizia la fase di temporizzazione, al termine della quale si ha la commutazione dei contatti. In pratica, la temporizzazione inizia solo quando si alimenta l'apparecchio e la commutazione dei contatti è ottenuta solo alla fine del ritardo.

Nel secondo tipo, quando si alimenta l'apparecchiatura, si ottiene la commutazione immediata dei contatti, mentre il ripristino delle condizioni iniziali avviene alla fine della temporizzazione, che inizia con l'interruzione dell'alimentazione o mediante un segnale di comando, applicato ad una seconda bobina.

Il terzo tipo comprende entrambe le funzioni.

I temporizzatori elettromeccanici, ormai sostituiti da quelli di tipo elettronico (v. fig. 6.235), basano il loro funzionamento sull'uso di un piccolo motore sincrono, il quale, mediante un meccanismo, comanda i contatti.

Questi temporizzatori hanno la caratteristica di dipendere, per il loro funzionamento, dalla frequenza e dalla tensione di alimentazione.



a

Caratteristiche tecniche.

Temporizzatori elettronici multifunzione, temporizzatori doppi, temporizzatori stella-triangolo e temporizzatori con ritardo alla diseccitazione dell'alimentazione, zoccolabili con attacco octal o undecal, con dimensioni DIN 48x48 mm, per il montaggio a fronte quadro o su guida DIN.

Dimensioni ridotte con una profondità massima di 81 mm e un ampio campo della tensione di alimentazione sia in AC (24 V, 24÷48 V, 100÷240 V, 100÷125 V) sia in DC (24 V, 12÷48 V, 100÷125 V).

Tempo regolabile da 0,05 s a 300 h.

Contatto di uscita: bipolare in deviazione 5 A a 250 V AC, oppure a transistor 100 mA a 30 V DC.

Grado di protezione IP40.

b

Fig. 6.235 - a) Temporizzatori elettronici analogici H3CR - b) Caratteristiche tecniche (Omron).

I temporizzatori elettronici basano il loro funzionamento sull'uso di un circuito RC (resistenza e capacità) con un comparatore, oppure mediante un circuito oscillante (oscillatore RC o al quarzo) con un circuito di conteggio degli impulsi.

Il primo principio di funzionamento si basa sulla carica e sulla scarica di un condensatore, nel quale, durante il funzionamento, il valore di tensione, che varia nel tempo, è confrontato, mediante un circuito comparatore, con quello di riferimento. Quando il valore di tensione prefissato è raggiunto, l'uscita è attivata.

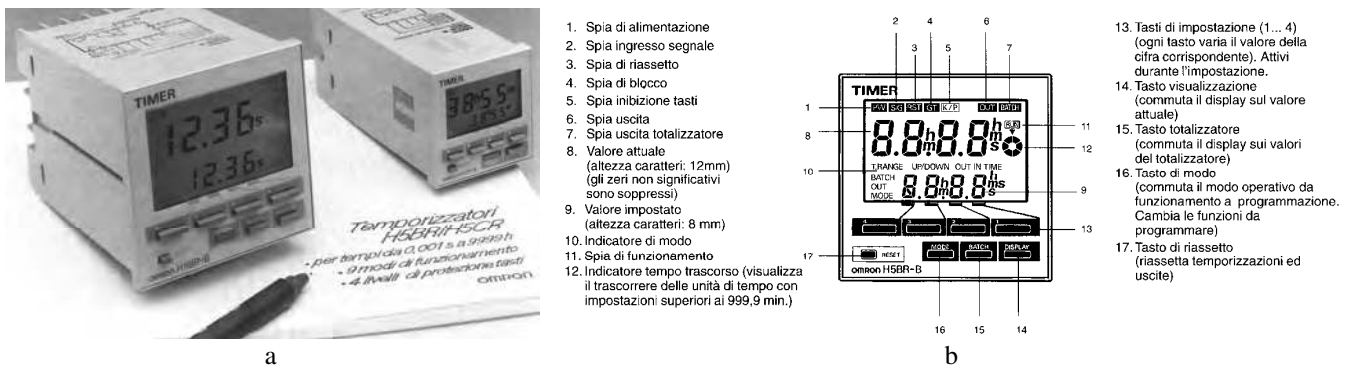


Fig. 6.236 - Esempio di temporizzatore elettronico digitale: a) Modello con dimensioni standard DIN 72x72 mm tipo H5BR - b) Descrizione del pannello frontale (Omron).

Regolando il valore della resistenza, mediante l'uso di una resistenza variabile, risulta possibile variare il tempo di impostazione.

Una buona precisione di funzionamento è ottenuta con i modelli che utilizzano un circuito con oscillatore RC, oppure, per avere una maggiore precisione, al quarzo.

In questi casi, l'oscillatore fornisce una sequenza di impulsi, che sono contati e confrontati con il valore impostato; quando i due valori sono uguali, l'uscita è attivata (relè).

I temporizzatori elettronici hanno caratteristiche più pregiate rispetto ai temporizzatori elettromeccanici. Infatti, hanno una regolazione più ampia dei tempi (campi di regolazione del tempo commutabili da 0,001 s fino a 9999 h), un'elevata ripetibilità del tempo di intervento, un grado di precisione più elevato, che risulta indipendente dalle variazioni della frequenza e della tensione di alimentazione ($0,8 \div 1,1 U_n$), un funzionamento ad elevate temperature (fino a +55 °C), un'elevata resistenza agli urti ed alle vibrazioni. Inoltre, hanno un minor tempo di riassetto. Sono disponibili con uno o due contatti in scambio ritardati e, in alcuni casi, anche con un contatto istantaneo.

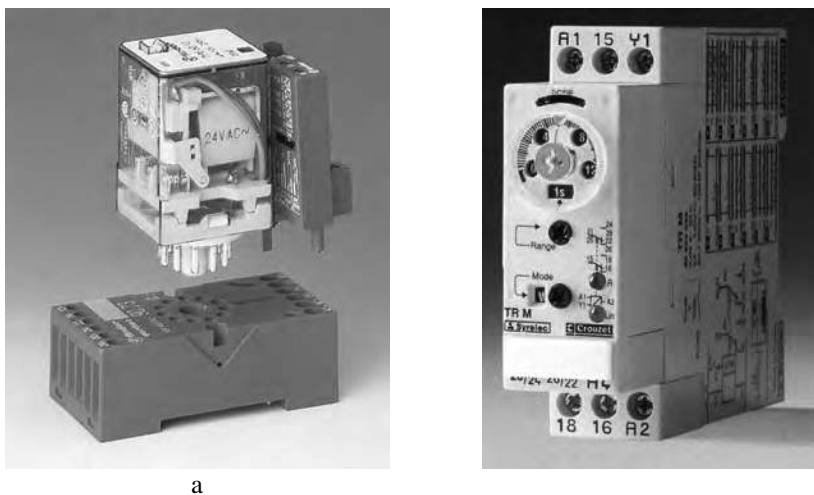
Per i temporizzatori elettronici, sono previste, generalmente, le seguenti tensioni di alimentazione standard: 24 V AC/DC; 110÷127 V AC; 220÷240 V AC; 42÷48 V AC/DC; 60 V AC/DC.

Tramite appositi morsetti, alcuni modelli possono funzionare a differenti tensioni di alimentazione e differenti tipi di corrente. Questa caratteristica permette di coprire, con pochi apparecchi, i più usuali campi di impiego nei quadri elettrici di comando.

Dal punto di vista costruttivo, i temporizzatori possono essere del tipo per il montaggio su zoccolo o per il montaggio diretto su profilato DIN EN 50022-35 (DIN 35), per il fissaggio a vite o per il montaggio incassato in quadri con dimensioni standard DIN 48x48 mm oppure 72x72 mm.

È possibile, mediante l'impiego di accessori di montaggio, elevarne anche il grado di protezione, similmente a quanto visto a proposito dei relè ausiliari.

Un temporizzatore può essere realizzato anche utilizzando, oltre ad un relè ausiliario, un apposito modulo temporizzatore, inserito tra il relè e lo zoccolo o di fianco, come rappresentato nella fig. 6.237a. Mediante lo spostamento di appositi microselettori, è possibile commutare la gamma di taratura del tempo di ritardo.



Temporizzatore elettronico analogico modulare multifunzione e multiscala, con dimensioni standard da 17,5 mm, due contatti in scambio e fissaggio su guida DIN simmetrica (EN 50022). Si noti, sull'apparecchio, il commutatore rotativo per la selezione delle funzioni (mode), il commutatore per selezionare la scala (range, impostata nell'esempio ad 1 s), il trimmer per la regolazione del tempo, tarabile manualmente con un cacciavite, la targhetta bianca a scatto per l'identificazione dell'apparecchio, i due LED che indicano lo stato del temporizzatore e i morsetti per i collegamenti con le altre apparecchiature. Si noti, infine, a lato, lo schema elettrico e il diagramma di lavoro, a seconda della funzione scelta.

Fig. 6.237 - a) Relè monostabile con modulo temporizzatore multiscala con montaggio su zoccolo (Finder) - b) Temporizzatore elettronico analogico modulare multifunzione e multiscala (Crouzet).

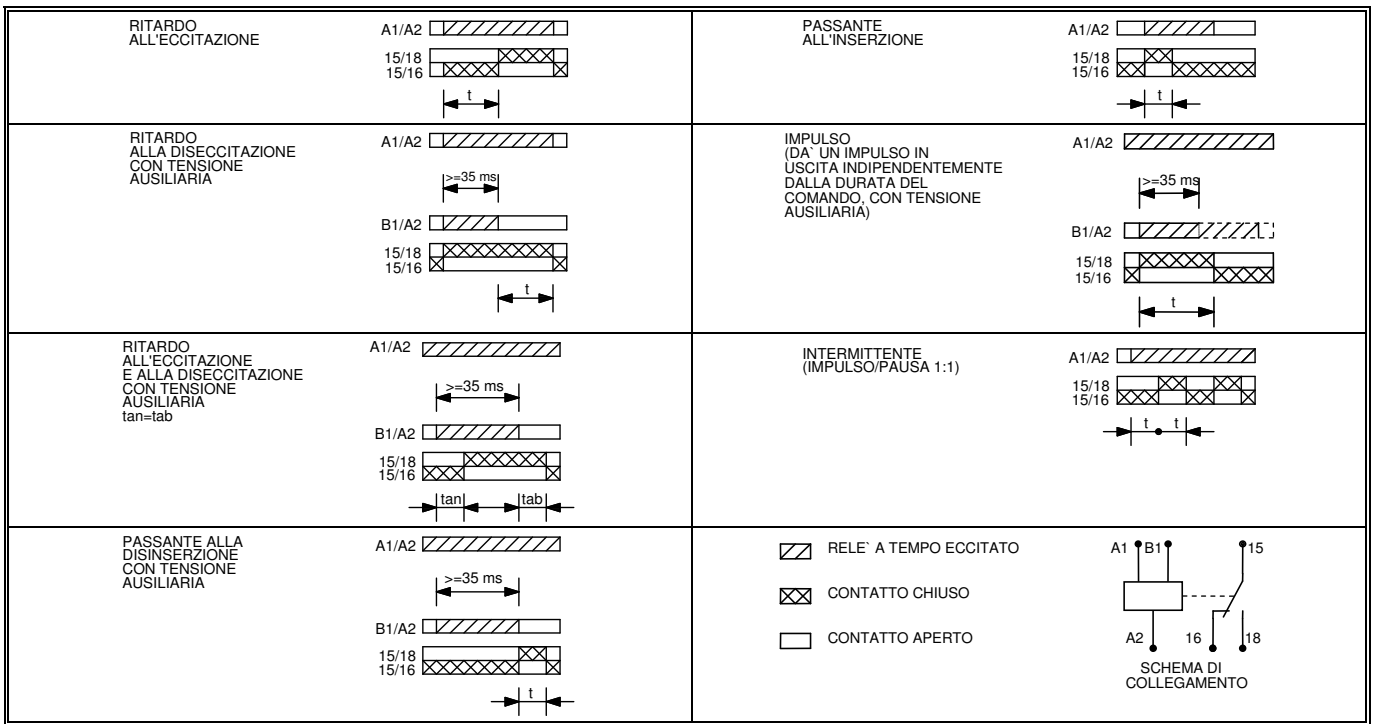


Fig. 6.238 - Funzioni disponibili con i relè a tempo multifunzione e multiscala (Siemens).

Il contaimpulsi o contatore (v. fig. 6.239) è un'apparecchiatura, in genere elettronica ma anche elettromeccanica, in grado di contare e visualizzare gli impulsi che arrivano al suo ingresso e di generare un segnale in uscita, al raggiungimento del valore impostato. Il segnale in uscita è costituito, normalmente, da un contatto in commutazione o da un'uscita statica (a transistor). I contaimpulsi sono normalmente del tipo a *preselezione*: forniscono un segnale in uscita, quando si raggiunge un valore di conteggio precedentemente impostato.

Una volta che il contaimpulsi ha attivato la sua uscita (conteggio raggiunto), può essere azzerato o resettato in vari modi: manualmente con un pulsante posto sull'apparecchiatura, mediante un impulso proveniente dall'esterno o, infine, automaticamente al raggiungimento del valore impostato.

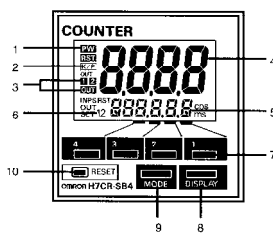
Esistono delle apparecchiature, chiamate totalizzatori, che hanno solamente la capacità di visualizzare il numero totale di impulsi che arrivano al loro ingresso, ma non hanno nessun tipo di uscita. Essi sono utilizzati, normalmente, per esempio, nelle fotocopiatrici e nei distributori automatici, per avere un'indicazione sulla vita operativa della macchina (v. fig. 6.240b), sono disponibili modelli che danno la possibilità di effettuare mediante un pulsante il reset e modelli in cui tale funzione non è presente.



a

Visualizzatore

1. Spia alimentazione
2. Spia protezione tasti
3. Indicatore uscite
OUT1, 1: 1 preselezione
OUT1, 2: 2 preselezioni
4. Valore attuale (altezza caratteri: 12 mm) (gli zeri non significativi sono soppressi)
5. Valore impostato (altezza caratteri: 4,5 mm) (Indica i valori in fase di impostazione)
6. Spia impostazione preselezioni 1 e 2.



b

Tasti operativi

7. Tasti di impostazione (1... 4) (Usati per modificare la cifra corrispondente del valore impostato. Usati per modificare i dati in fase di impostazione.)
8. Tasto visualizzazione (Commuta sul display del valore impostato. Per i modelli a 2 preselezioni, commuta tra la prima e la seconda preselezione.)
9. Tasto di modo (Commuta da modo Run a modo Set. Cambia le funzioni in modo Set)
10. Tasto di riassetto (Riassetta il valore attuale e le uscite)

Fig. 6.239 - Esempio di contaimpulsi digitale: a) Contaimpulsi digitale a quattro cifre tipo H7CR - b) Pannello di comando del contaimpulsi H7CR con visualizzatore LCD (Omron).

I contaimpulsi si differenziano per il tipo di conteggio che sono in grado di effettuare, in particolare:

- il *conteggio addizionale (UP)* visualizza gli impulsi che arrivano all'ingresso, partendo da zero e fino al raggiungimento del valore impostato;
- il *conteggio sottraente (DOWN)* visualizza in modo decrescente gli impulsi che arrivano all'ingresso; gli impulsi sono perciò visualizzati partendo dal valore impostato fino ad arrivare a zero;
- il *conteggio bidirezionale (UP-DOWN)* conta e visualizza in modo crescente o decrescente, a seconda del segnale che riceve.



a



b

Fig. 6.240 - a) Contaimpuls digitale H7CX con display a due colori (rosso e verde) - b) Totalizzatore LCD.

Caratteristiche tecniche.

Sono disponibili con display LCD. Comprendono modelli con retroilluminazione, per una maggiore visibilità in ambienti scarsamente illuminati. Queste apparecchiature comprendono totalizzatori, contatore, tachimetri, contatori montati su scheda a circuito stampato. Conteggio ad incremento.

Dimensioni 24x48x55,5 mm, montaggio fronte quadro. Numero 8 cifre, altezza 8,6 mm. Grado di protezione IP66. Doppia velocità di ingresso 30 Hz oppure 1 kHz. Durata batteria 7 anni.

Alcuni modelli di contaimpuls sono dotati di una batteria tampone, della durata media di 6÷7 anni, che consente di mantenere memorizzati, al mancare dell'alimentazione, il valore di conteggio raggiunto e i parametri di impostazione. Le principali caratteristiche che contraddistinguono i contaimpuls sono:

- la capacità di conteggio, ovvero il valore massimo di conteggio, che è visualizzato, normalmente, sul display posto sull'apparecchio (per esempio, 4÷8 cifre);
- la velocità di conteggio, espressa normalmente in conteggi per secondo (per esempio, 30÷5000 Hz);
- la modalità di funzionamento (addizionale, sottraente, bidirezionale, ecc.);
- il tipo di uscita (a relè o statica a transistor);
- la tensione nominale di funzionamento e la relativa tolleranza di funzionamento (24÷240 V AC/DC con una tolleranza che varia da 85% a 110% della tensione nominale);
- le caratteristiche delle uscite (a contatto, con corrente massima di 3 A alla tensione di 250 V AC su carico resistivo; statica, con corrente massima di 100 mA alla tensione di 30 V DC);
- la presenza o meno della batteria tampone (in alternativa, è presente una memoria EEPROM di backup);
- il tipo di visualizzazione (generalmente, LCD retroilluminato per facilitare la lettura in ambienti con una scarsa illuminazione, sono disponibili modelli con display a due colori rosso e verde, v. fig. 6.240a);
- le dimensioni standard DIN per il montaggio su pannello (48x48 mm oppure 72x72 mm);
- il collegamento esterno mediante terminali a vite oppure con zoccolo undecal, grado di protezione IP66.

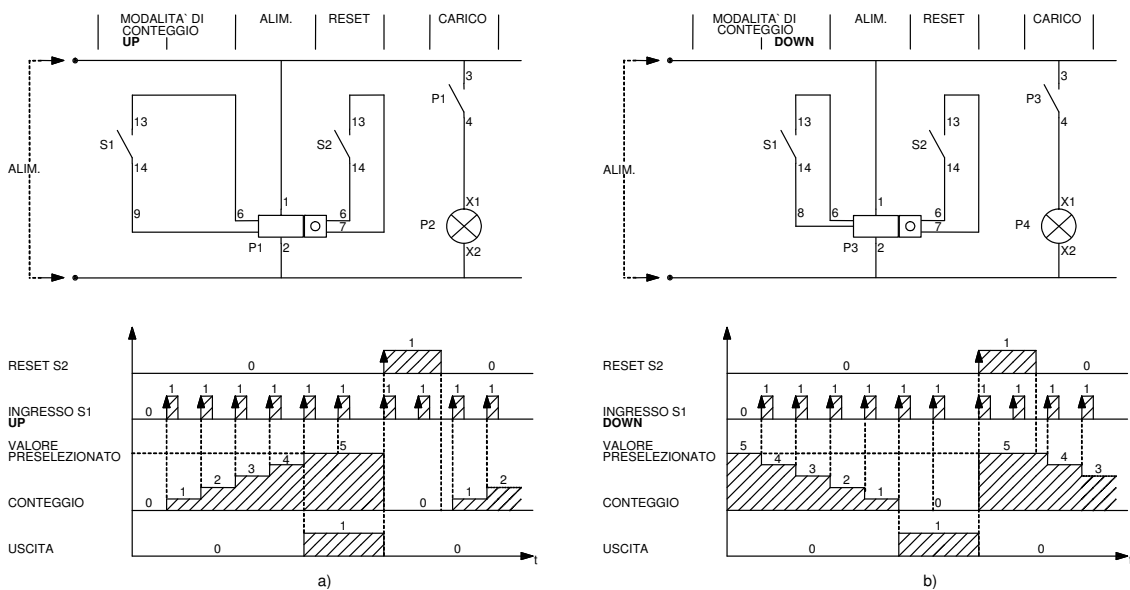


Fig. 6.241 - Funzionamento dei contaimpuls H7CR: a) Addizionale (UP) - b) Sottraente (DOWN) (Omron).

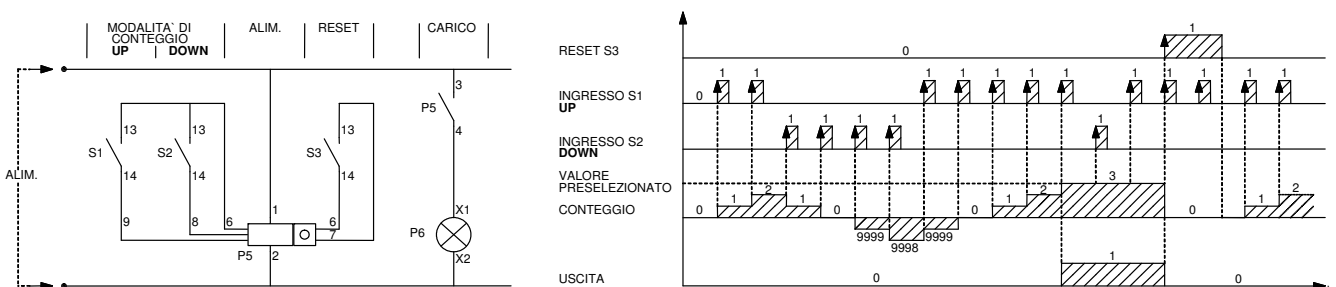


Fig. 6.242 - Funzionamento dei contaimpuls bidirezionali H7CR (UP-DOWN) (Omron).

6.23 Relè programmabili o micro PLC

La rapida evoluzione delle apparecchiature elettroniche ha portato all'introduzione, nel settore della gestione degli impianti e dell'automazione industriale, accanto ai tradizionali sistemi di comando e controllo elettromeccanici, di apparecchiature elettroniche programmabili (hardware) denominate controllori logici programmabili (PLC). Grazie a queste apparecchiature, i circuiti di comando, anziché essere realizzati con componenti elettromeccanici (relè, temporizzatori, contaimpulsi, contattori, ecc.), sono, per così dire, programmati, ovvero i circuiti di comando sono realizzati scrivendo un programma (software). Tale programma è costituito da una serie di istruzioni tipiche di ogni PLC, pur presentando caratteristiche comuni in tutti i modelli realizzati dai diversi costruttori. Per piccole applicazioni in ambito industriale e civile, sono utilizzati dei micro PLC, comunemente chiamati relè programmabili o moduli logici, realizzati mediante l'uso di dispositivi elettronici integrati, in particolare di un microprocessore (CPU) e di memorie (RAM, EPROM, EEPROM).

Queste apparecchiature di piccole dimensioni, installabili facilmente su guida DIN, presentano un basso costo e sono di facile utilizzo. Inoltre, sono caratterizzate da un set di istruzioni semplificato rispetto ai normali PLC, che sarebbero sovradimensionati per le piccole automazioni. L'uso dei relè programmabili consente di introdurre facilmente l'utilizzatore nel mondo dell'automazione in logica programmabile, facilitando, così, un eventuale passaggio ai PLC di taglia maggiore.

Sono disponibili sul mercato diversi modelli funzionanti a varie tensioni di alimentazione nominali (12 V DC, 24 V AC/DC, 100÷240 V AC), con ingressi (input) digitali (ON/OFF), funzionanti in DC oppure in AC, con ingressi analogici e, infine, con uscite (output) digitali a relè (AC/DC) o a transistor (DC).

Il numero degli ingressi e delle uscite (I/O) è, in genere, variabile; i modelli base prevedono, normalmente, 6 ingressi digitali e 4 uscite digitali; con i moduli di espansione, è di solito possibile aumentare il numero degli I/O a disposizione, consentendo la combinazione di moduli di uscita a relè e a transistor.

Oltre ai moduli di espansione, sono disponibili anche moduli con batteria di backup, al fine di garantire il funzionamento dell'orologio calendario per almeno 10 anni, piccoli moduli di memoria, inseribili nel vano posto sul pannello frontale sotto il display, che consentono di salvare, scaricare o copiare i programmi in un'altra unità, nonché moduli di interfaccia di comunicazione seriale RS485 (Compoway/F).

I modelli di CPU con display LCD possono funzionare con una temperatura ambiente da 0 a 55 °C, mentre i modelli con tre LED da -25 a +55 °C.



- 1) Unità centrale (CPU), 10 I/O, assenza del display, tre LED, tensione di alimentazione 100÷240 V AC, 6 ingressi funzionanti a 100÷240 V AC, 4 uscite a relè, assenza dei pulsanti e dell'orologio calendario, assenza dell'ingresso analogico.
- 2) Stesse caratteristiche del numero 1), ma con 20 I/O.
- 3) Modulo di espansione con 8 I/O con 4 ingressi funzionanti a 100÷240 V AC, 4 uscite a relè.
- 4) Alimentatore, tensione di alimentazione 100÷240 V AC, tensione di uscita 24 V DC/1,3 A.
- 5) Unità centrale (CPU), 20 I/O, display a LCD, tensione di alimentazione 24 V DC, 12 ingressi funzionanti a 24 V DC, 8 uscite a transistor, pulsanti e orologio calendario, ingresso analogico.
- 6) Modulo di espansione con 8 I/O con 4 ingressi funzionanti a 24 V DC, 4 uscite a transistor.

Fig. 6.243 - Alcuni modelli dei relè programmabili ZEN. Si noti, nelle unità centrali sotto il display, il tappo di chiusura che protegge il connettore, il quale consente il collegamento mediante un cavo/interfaccia ad un personal computer per la programmazione. Tale connettore è utilizzabile anche per alloggiare una memoria per il salvataggio dei programmi (Omron).

Il relè programmabile verifica se i dispositivi di ingresso sono ON oppure OFF, mentre la CPU controlla, in base al programma presente in memoria, i dispositivi di uscita, modificandone lo stato logico.

Rispetto ai sistemi elettromeccanici tradizionali, i relè programmabili sono caratterizzati da molti vantaggi. Nelle righe che seguono sono riportati i principali.

- Sono caratterizzati da una maggiore flessibilità: ogni relè programmabile può essere riutilizzato più volte, riprogrammandolo, di volta in volta, per le necessità del momento.

- Il loro utilizzo nei quadri elettrici permette di risparmiare spazio, in quanto consente di sostituire molti componenti elettromeccanici (quali, per esempio, temporizzatori, relè ausiliari, orologi programmatori).
- Il circuito di comando elettromeccanico cablato è trasformato in un programma, memorizzato nella memoria del relè programmabile, determinando notevoli riduzioni del tempo necessario per il cablaggio. Il cablaggio si riduce, così, ai soli collegamenti dei dispositivi di ingresso digitali (come pulsanti, interruttori, interruttori di posizione, interruttori di prossimità, ecc.) e analogici (come trasduttori di temperatura, livello, portata, ecc.) e dei dispositivi di uscita (lampade, elettrovalvole, piccoli motori monofase, relè, ecc.).
- L'uso di un solo relè programmabile può sostituire contemporaneamente molte apparecchiature elettromeccaniche, quali, per esempio, relè, temporizzatori, contatori (contaimpuls), orologi programmatori e interruttori, riducendo i costi di acquisto delle apparecchiature.
- Il programma è, di norma, facilmente modificabile mediante il tastierino presente sul frontalino di questi modelli, oppure mediante un più comodo software, installato su un PC e collegato al relè programmabile con un'interfaccia di comunicazione e un apposito cavo. Quest'ultima soluzione facilita la duplicazione del programma e consente di ridurre ulteriormente i costi, qualora si realizzino in serie macchine o impianti con le stesse caratteristiche.
- Un impianto complesso può avere la necessità di utilizzare molti contatti e, in logica cablata elettromeccanica, può, in taluni casi, diventare un problema. I relè programmabili dispongono di un numero elevato di ingressi, uscite, relè interni, temporizzatori e contaimpuls, che possono avere un'elevata quantità di contatti utilizzabili all'interno dello stesso programma.
- I software di programmazione per PC, citati precedentemente, sono dotati, normalmente, di un simulatore, che permette di testare il software, prima di trasferirlo sul relè programmabile.

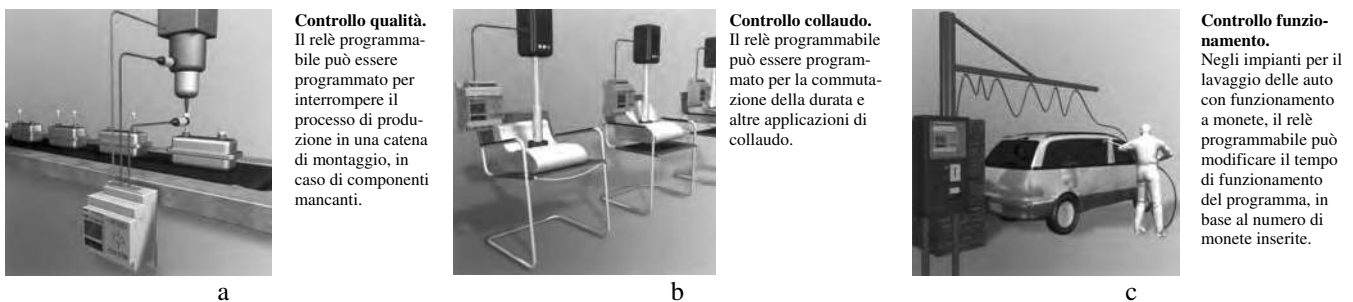


Fig. 6.244 - Esempi di applicazione dei relè programmabili ZEN.

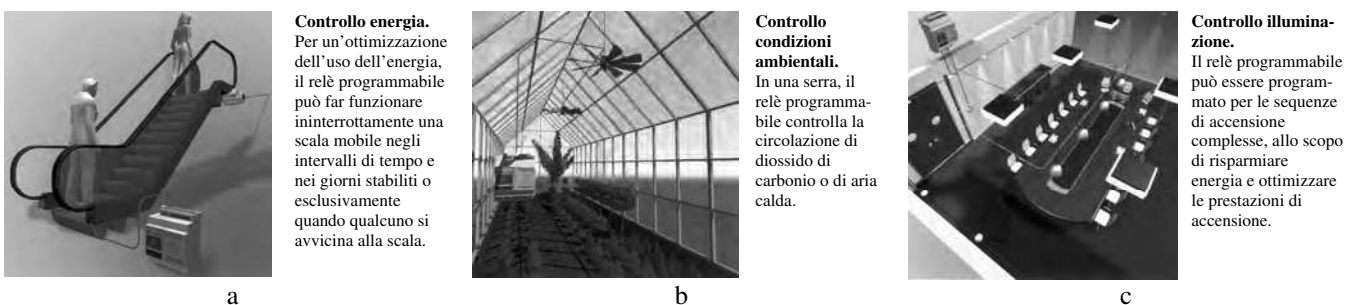


Fig. 6.245 - Esempi di applicazione dei relè programmabili ZEN.

I relè programmabili trovano applicazione nell'automazione di piccole macchine o impianti dove è necessario comandare elettrovalvole, pompe, piccoli motori monofase in genere, come, per esempio, negli impianti di lavaggio auto, negli impianti di irrigazione, nella gestione di serre e nel controllo di qualità.

Per le loro caratteristiche hardware e software, i relè programmabili sono facilmente utilizzabili anche in ambito civile, per esempio, per la gestione degli impianti di illuminazione di vetrine, uffici ed edifici in genere, nel comando di tende avvolgibili, nella gestione delle insegne e dei pannelli pubblicitari, nei controlli di accessi per il comando di porte e cancelli, nel controllo dell'illuminazione per macchine distributrici.

Gli ingressi normalmente disponibili su un relè programmabile possono essere di due tipi: digitali ed analogici.

Gli ingressi digitali, chiamati anche input, possono essere collegati a dispositivi che possono assumere solo due posizioni: **aperto** (stato logico 1) oppure **chiuso** (stato logico 0). Questi dispositivi possono essere contatti di interruttori, pulsanti, interruttori di prossimità ON/OFF, interruttori fotoelettrici, interruttori di posizione meccanici (finecorsa) e così via.

Gli input sono identificati, generalmente, mediante una lettera I con accanto un numero progressivo (per esempio, I0, I1, I2). Gli ingressi per le versioni in DC possono essere alimentati con il comune sia positivo sia negativo, rispettivamente NPN e PNP.

Agli ingressi di tipo analogico possono essere collegati, per esempio, trasduttori di temperatura, portata, livello e pressione, che traducono una grandezza fisica in un segnale elettrico in corrente continua proporzionale, normalmente con una tensione variabile 0÷10 V oppure con una corrente 0/4÷20 mA. Questi input sono identificati, di solito, con le sigle A con accanto un numero progressivo (per esempio, A0, A1).

Per un funzionamento corretto degli ingressi digitali, vale a dire affinché al segnale sia riconosciuto lo stato logico corretto, il valore della tensione in ingresso (per esempio, 24 V DC) deve essere compreso tra 0 e 6 V per lo stato logico 0, mentre deve collocarsi tra 15 e 24 V per lo stato logico 1. La zona compresa tra 6 e 15 V rappresenta la cosiddetta zona di incertezza, che non prevede alcun cambiamento di stato.

Le uscite di tipo digitale, chiamate anche output, possono essere del tipo a relè oppure a transistor. Le uscite a relè consentono di comandare carichi in corrente alternata e continua, garantendo, alla loro apertura, l'isolamento galvanico dalla alimentazione.

Le uscite a transistor sono in grado, invece, di commutare carichi funzionanti solo in corrente continua e, pur non garantendo l'isolamento galvanico citato precedentemente, non presentano l'usura meccanica tipica, invece, dei relè elettromeccanici.

In pratica, le uscite consistono in un contatto (elettromeccanico o a semiconduttore) che si chiude o si apre in funzione dello stato logico degli ingressi e del programma inserito in memoria.

Le uscite sono identificate, normalmente, da un codice formato dalla lettera Q con accanto un numero progressivo (per esempio, Q0, Q1, Q2). Alle uscite possono essere collegati dispositivi come lampade, relè, piccoli motori monofase, elettrovalvole e così via.

Per quanto riguarda i collegamenti, nella fig. 6.246, sono riportati gli schemi di collegamento degli ingressi digitali, funzionanti in corrente continua e in corrente alternata, nonché le uscite a relè e a transistor.

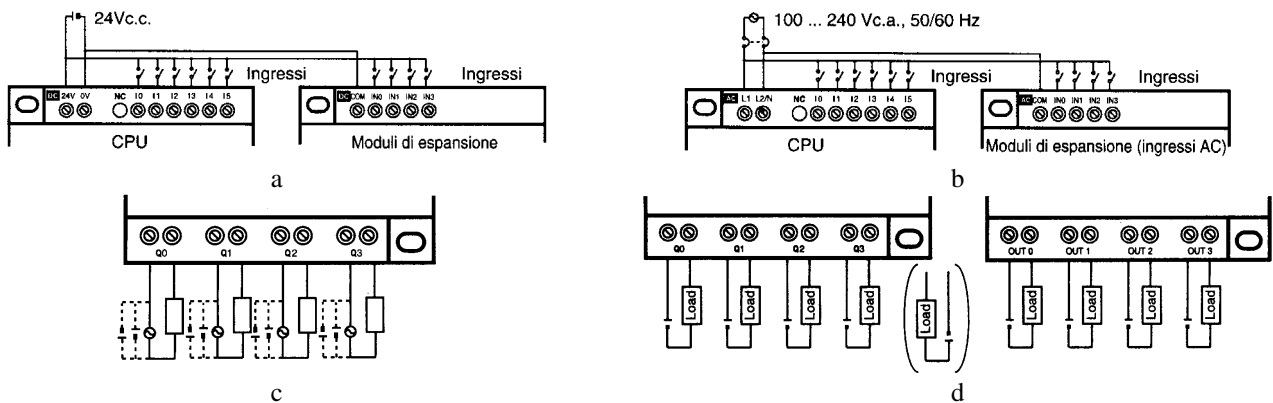


Fig. 6.246 - Cablaggio degli I/O digitali dei relè programmabili ZEN: a) Unità con ingressi in corrente continua - b) Unità con ingressi in corrente alternata - c) Unità con uscite a relè - d) Unità con uscite a transistor.

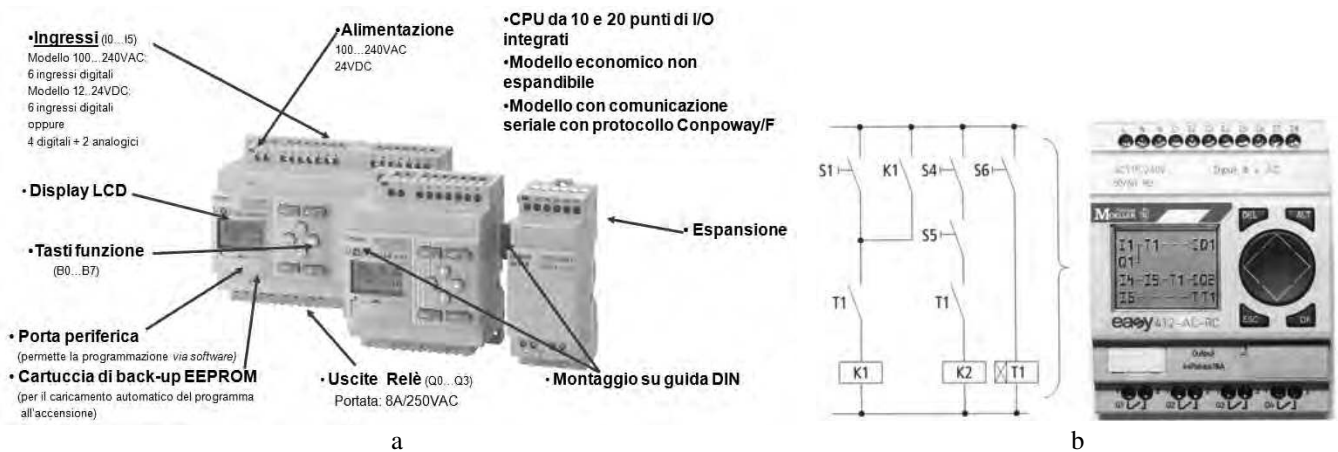


Fig. 6.247 - a) Principali caratteristiche di un relè programmabile ZEN (Omron) - b) Relè programmabile easy. Si noti la corrispondenza tra lo schema elettrico funzionale e il diagramma Ladder riportato sul display (Klöckner-Moeller).

Costanti e funzioni	Aree dati
Ingressi CPU (6 bit corrispondenti ai 6 ingressi)	Area I (da I0 a I5)
Uscite CPU (4 bit corrispondenti alle 4 uscite)	Area Q (da Q0 a Q3)
Ingressi espansioni (12 bit corrispondenti a 3 espansioni con 4 ingressi ciascuna)	Area X (da X0 a X9, Xa e Xb)
Uscite espansioni (12 bit corrispondenti a 3 espansioni con 4 uscite ciascuna)	Area Y (da Y0 a Y9, Ya e Yb)
Bit di lavoro (16 bit)	Area M (da M0 a M9, da Ma a Mf)
Bit di mantenimento (16 bit)	Area H (da H0 a H9, da Ha a Hf)
Area legata ai tasti funzione (8 bit)	Area B (da B0 a B7), valida solo per CPU con display
Temporizzatori (8 timer)	Area T (da T0 a T7)
Temporizzatori di mantenimento (4 timer)	Area # (da #0 a #3)
Temporizzatori settimanali (8 timer)	Area @ (da @0 a @7), valida solo per CPU con display
Temporizzatori calendario (8 timer)	Area * (da *0 a *7), valida solo per CPU con display
Contatori (8 counter)	Area C (da C0 a C7)
Display (8 bit)	Area D (da D0 a D7), valida solo per CPU con display
Comparatori analogici (4 confronti)	Area A (da A0 ad A3), valida solo per CPU con alimentazione in DC
Comparatori (16 confronti)	Area P (da P0 a P9, da Pa a Pf)

Tab. 6.32 - Aree dati disponibili nei relè programmabili ZEN.

La programmazione di queste apparecchiature avviene introducendo nella memoria, normalmente non volatile (per esempio, RAM tamponata oppure EEPROM), una successione di istruzioni che consentono di effettuare una determinata sequenza di operazioni. Questo significa che, al mancare dell'alimentazione, il contenuto non va perso.

Pur essendo disponibili vari linguaggi di programmazione per i PLC, per i relè programmabili si ricorre, generalmente, al linguaggio a contatti (Ladder o Kop) o a quello a blocchi di funzione (FBD).

Il linguaggio a contatti (Ladder o Kop) è quello più usato, in quanto rappresenta, in pratica, la trascrizione grafica di uno schema elettrico funzionale, come è possibile osservare nella fig. 6.248.

Esso è composto da due linee verticali, poste alle estremità del circuito, tra le quali sono inseriti i blocchi logici (contatti aperti o chiusi), quelli funzionali (temporizzatori, orologi programmatori, contatori, ecc.) e le bobine.

Questo linguaggio riproduce lo schema elettrico funzionale della logica elettromeccanica, consentendo all'utente di continuare a ragionare in termini di contatti aperti e chiusi, posti in serie o parallelo e collegati in modo da determinare l'eccitazione di una bobina (v. fig. 6.247b).

Il linguaggio a blocchi di funzione (FBD) presenta alcune similitudini con il linguaggio a contatti appena descritto, con la differenza che, al posto dei contatti, sono utilizzati i blocchi funzione a porte logiche, le quali, collegate in modo opportuno, consentono ugualmente di eccitare la bobina. Il linguaggio a blocchi di funzione risulta particolarmente adatto a chi ha una preparazione di tipo *elettronico/informatico*, mentre è un po' più complicato per chi proviene da una preparazione di tipo *elettromeccanico*.

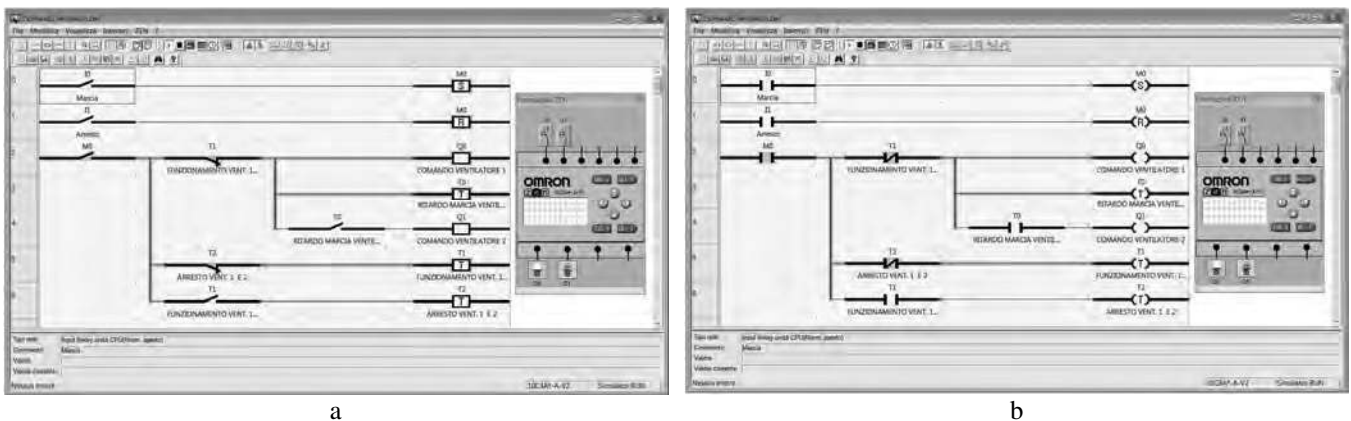


Fig. 6.248 - Programmazione di un relè programmabile ZEN mediante PC (nel CD-ROM allegato al testo è disponibile la versione completa comprensiva anche del simulatore): a) Rappresentazione con contatti "elettromeccanici" - b) Rappresentazione mediante linguaggio a contatti (Ladder). Si noti, sulla destra in entrambe le figure, il simulatore che consente di provarne il funzionamento prima di trasferirlo nella memoria del relè programmabile.

Come già accennato, la programmazione dei relè programmabili può avvenire indifferentemente sia mediante i tasti presenti sul frontalino della CPU, come mostrato nella fig. 6.249a, oppure più semplicemente mediante PC.

La programmazione tramite i tasti presenti sul frontalino prevede l'utilizzo, a seconda delle marche, del linguaggio Ladder (per esempio, Omron, Klöckner Moeller, Telemecanique/Schneider, Lovato) oppure di quello a blocchi funzione logico FBD (per esempio, Siemens). Quasi tutti i modelli consentono, tramite i pulsanti, di inserire e visualizzare attraverso un piccolo display, normalmente a cristalli liquidi, i vari blocchi funzione presenti. L'inserimento avviene premendo il pulsante OK.

Sempre tramite i pulsanti, è possibile effettuare semplici modifiche a programmi già esistenti e il setup del relè programmabile, mentre il display può fornire informazioni sul funzionamento del programma come, per esempio, lo stato logico degli I/O, la visualizzazione di un tempo, di un conteggio, di un'ora o di una data. In genere, il display è dotato di retroilluminazione, per consentire di operare più agevolmente in condizioni di scarsa illuminazione (v. fig. 6.249a).

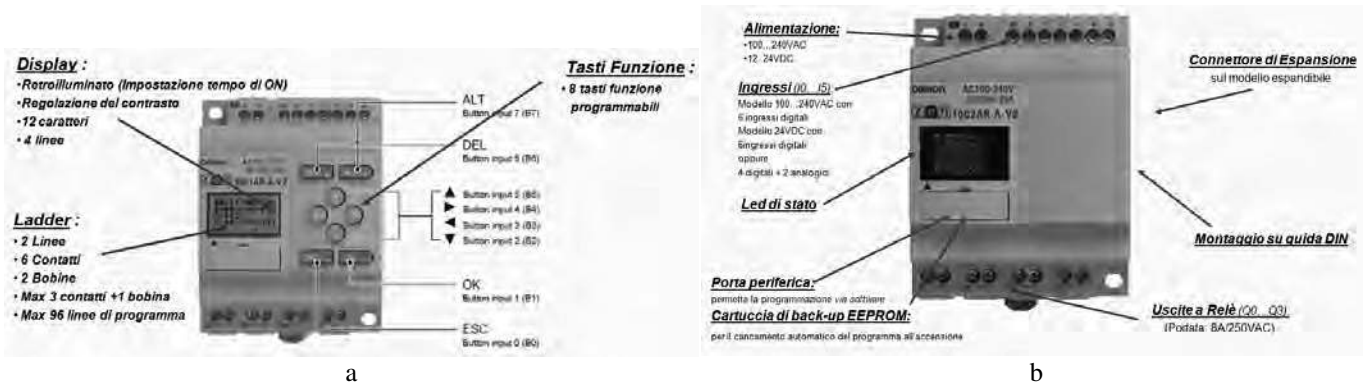


Fig. 6.249 - ZEN: a) Esempio di CPU con display e pulsanti di programmazione - b) Esempio di modello senza display, ma con 3 LED che segnalano la presenza di alimentazione, lo stato di RUN ed ERROR.

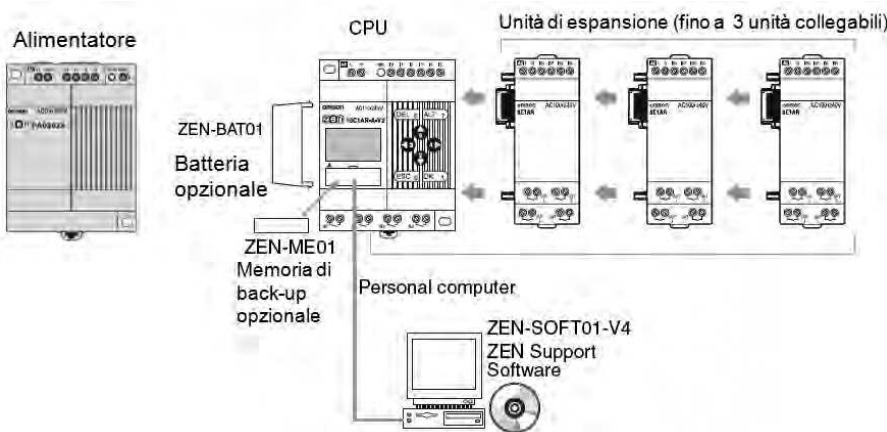
Esistono modelli senza pulsanti e display (a parte i LED che segnalano la presenza di alimentazione, lo stato di RUN e quello di ERROR). Questi modelli possono essere programmati solo mediante un PC, presentano il vantaggio dell'inviolabilità del programma installato e hanno un costo inferiore ai corrispondenti modelli con display LCD (v. fig. 6.249b).

Per effettuare in modo più agevole la programmazione di queste apparecchiature, è opportuno installare, su di un PC, il software dedicato relativo alla marca del relè programmabile prescelto. Tramite il PC, la programmazione può essere effettuata indifferentemente con vari linguaggi (in particolare, Ladder e FBD), consentendo la loro conversione in modo semplice e automatico.

Entrambi gli schemi di collegamento permettono l'inserimento e il posizionamento, nell'area grafica, di box che rappresentano le costanti (ingressi e uscite) e le funzioni, che devono essere combinate tra loro tramite linee di collegamento e parametrizzate secondo quanto indicato dal costruttore. I programmi e i commenti I/O, insieme ai temporizzatori, ai contatori e alle altre impostazioni dei parametri, possono essere stampati.

Nella programmazione dei relè programmabili, come del resto anche nei PLC, trovano largo impiego i cosiddetti merker (M), vale a dire delle memorie digitali che, come le uscite, possono assumere i valori logici di 0 e 1. I merker sono utilizzati come uscite interne e hanno una funzione simile a quella dei relè ausiliari presenti nella logica cablata elettromeccanica. Normalmente esistono merker tamponati (H), che mantengono il loro stato logico anche al mancare dell'alimentazione.

Vale la pena ricordare, inoltre, la presenza di temporizzatori denominati timer (T), di contatori denominati counter (C), di temporizzatori settimanali (@) e di calendario (*), che rendono disponibili le funzioni degli orologi programmatori. La tab. 6.32 riporta la tabella completa delle costanti e delle funzioni, nonché le relative aree dati per i relè programmabili ZEN.



Nella configurazione massima, è possibile gestire un totale di 34 punti I/O (18 ingressi + 16 uscite) con le CPU da 10 punti I/O o di 44 I/O con le CPU da 20 punti. Si noti la presenza della batteria e della memoria di backup opzionale.

Fig. 6.250 - Esempio di possibile configurazione del sistema ZEN.

L'uso di un PC per la programmazione di queste apparecchiature permette, inoltre, la simulazione del programma. Questa possibilità risulta particolarmente utile per poter testare e, eventualmente, correggere (debug) errori fatti durante la fase di scrittura (editing). Il programma può essere memorizzato (salvato) su hard disk, memory card o su un qualsiasi dispositivo di memorizzazione di massa; di conseguenza, è possibile riutilizzarlo su impianti uguali (produzione in serie) oppure, apportando le necessarie modifiche, su impianti simili.

Per effettuare il trasferimento del programma dal PC al relè programmabile (modalità di funzionamento del relè programmabile STOP), ogni costruttore rende disponibile un cavo di connessione, collegato ad un connettore del relè ed alla porta (in genere seriale RS232C) del PC. È normalmente possibile utilizzare una più moderna porta USB, a patto di interporre un'apposita interfaccia USB-RS232C. Al fine di impedire l'utilizzo e/o eventuali modifiche da parte di personale non autorizzato, è possibile proteggere il programma mediante una password.

Una volta che il programma è stato trasferito, si pone il relè programmabile in modalità RUN e, quindi, si esegue il programma, rendendo operativa l'automazione richiesta.

Per effettuare la programmazione mediante PC, occorre, dopo aver installato il software sul PC, avviare il programma. Per esempio, nel caso dei relè programmabili ZEN, occorre selezionare dal menu **Avvio, Programmi, OMRON**, quindi lanciare **ZEN Support Software**.

All'avvio del software, è necessario specificare, nella finestra **ZEN Support Software**, se si intende creare un nuovo progetto, oppure aprire un file già esistente (v. fig. 6.251a). Se si sceglie di creare un nuovo progetto, è visualizzata la finestra **Impostazioni delle proprietà**. La configurazione del progetto varia a seconda del modello di ZEN specificato. Come per la CPU, è possibile configurare anche i moduli di espansione. Inoltre, in questa finestra, è possibile assegnare anche il nome identificativo del progetto (v. fig. 6.251b). È possibile accedere alla finestra delle proprietà anche dall'interno del software, selezionando **Proprietà...** dal menu **File**.

Una volta compilata la finestra **Impostazioni delle proprietà**, si giunge all'area di lavoro del diagramma Ladder, come mostrato nella fig. 6.251c. Nella parte alta dell'area di lavoro del diagramma Ladder sono collocate la Barra dei menu e la Barra degli strumenti (la cui descrizione sarà esaminata in seguito). Al centro è collocata l'area di editor del diagramma Ladder, con in alto a sinistra il cursore per posizionare i vari simboli. In basso è presente un'area per le informazioni sull'oggetto selezionato nell'area di editor del diagramma Ladder (per esempio, Tipo di relè, Commento). Nell'ultima riga si trovano, invece, la Barra di stato, il modello di CPU scelto, lo stato di comunicazione (per esempio, Offline/Online) e, infine, lo stato dello ZEN (per esempio, STOP/RUN).

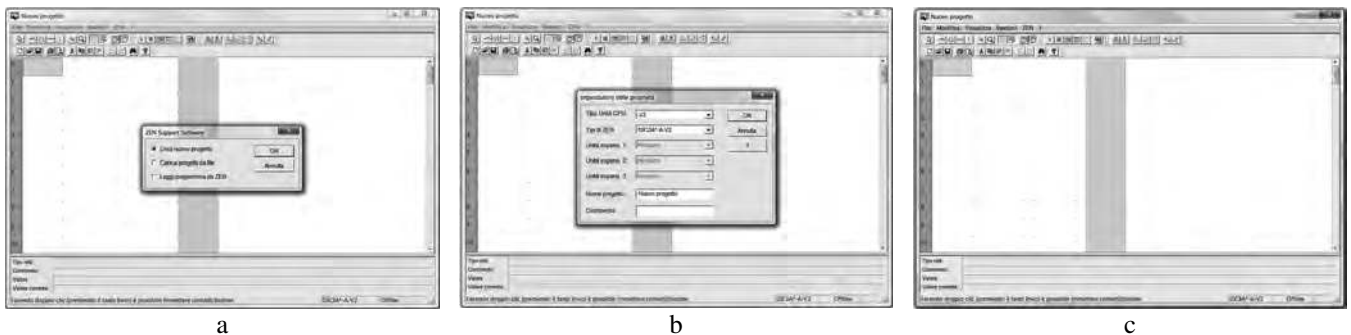


Fig. 6.251 - Finestre ZEN Support Software: a) ZEN Support Software - b) Impostazioni delle proprietà - c) Area di lavoro.

Nella fig. 6.252 sono mostrati i significati delle icone relative alla Barra degli strumenti.

Nella fig. 6.252a sono mostrati i pulsanti che consentono di velocizzare le operazioni comuni, quali creare un nuovo progetto, aprire un progetto nuovo, salvarlo, stamparlo, visualizzare l'anteprima di stampa e le operazioni di cancellazione, taglia, copia, incolla.

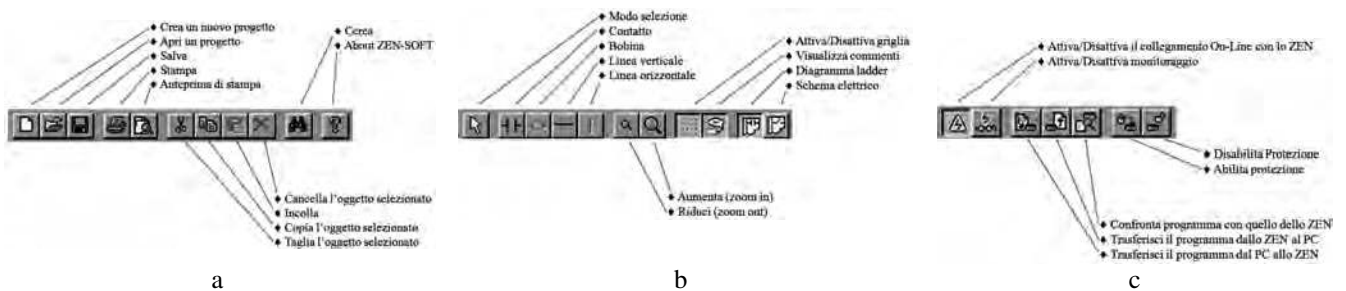


Fig. 6.252 - Barra degli strumenti: a) Pulsanti per le operazioni più comuni - b) Pulsanti per l'inserimento e la visualizzazione dei simboli nell'area di lavoro - c) Pulsanti per le operazioni Online con lo ZEN.

Nella fig. 6.252b sono riportati i pulsanti per l'inserimento e la visualizzazione dei simboli nell'area di lavoro, come i contatti, le bobine, i collegamenti verticali ed orizzontali, lo zoom, l'attivazione/disattivazione della griglia, la visualizzazione dei commenti, la possibilità di visualizzare lo schema con i simboli del linguaggio Ladder oppure con i simboli degli schemi elettrici funzionali.

Infine, la fig. 6.252c mostra i pulsanti che sono utilizzati, dopo aver realizzato il programma, per attivare/disattivare il collegamento online con lo ZEN, per attivare/disattivare il monitoraggio durante il funzionamento, effettuare il trasferimento dal PC allo ZEN e viceversa, nonché effettuare il confronto al fine di verificare la corrispondenza esatta tra i due. Gli ultimi due pulsanti consentono di abilitare/disabilitare la protezione al programma.

La maschera di configurazione contenuta nella finestra **Modifica contatto** varia a seconda dell'oggetto selezionato. Se, per esempio, si intendesse configurare il bit associato ad un temporizzatore, verrebbe visualizzata la maschera mostrata nella fig. 6.253a.

Oltre che associare un commento ad ogni oggetto inserito con il software, esiste anche la possibilità di aggiungere, modificare e cancellare tutti i commenti dalla finestra **Modifica commenti**, a cui si accede selezionando **Modifica commenti...** dal menu **Modifica** (v. fig. 6.253b).

Dopo aver realizzato un programma, è possibile testarne il funzionamento senza doverlo trasferire sullo ZEN, utilizzando il simulatore presente nel software. Attivando la funzione **Avvia Simulator**, è visualizzata sullo schermo la finestra **l'immagine ZEN**, comprensiva delle eventuali espansioni, come mostrato nella fig. 6.253c.

È così possibile, avviando il simulatore, procedere alla verifica del programma.

Le icone dei pulsanti della Barra degli strumenti, mostrate nella fig. 6.253c, consentono di gestire il simulatore sia per aprirlo/chiuderlo, sia per avviare e terminare la simulazione, nonché per visualizzare l'orologio e l'elenco dei valori correnti, per esempio, dei temporizzatori.

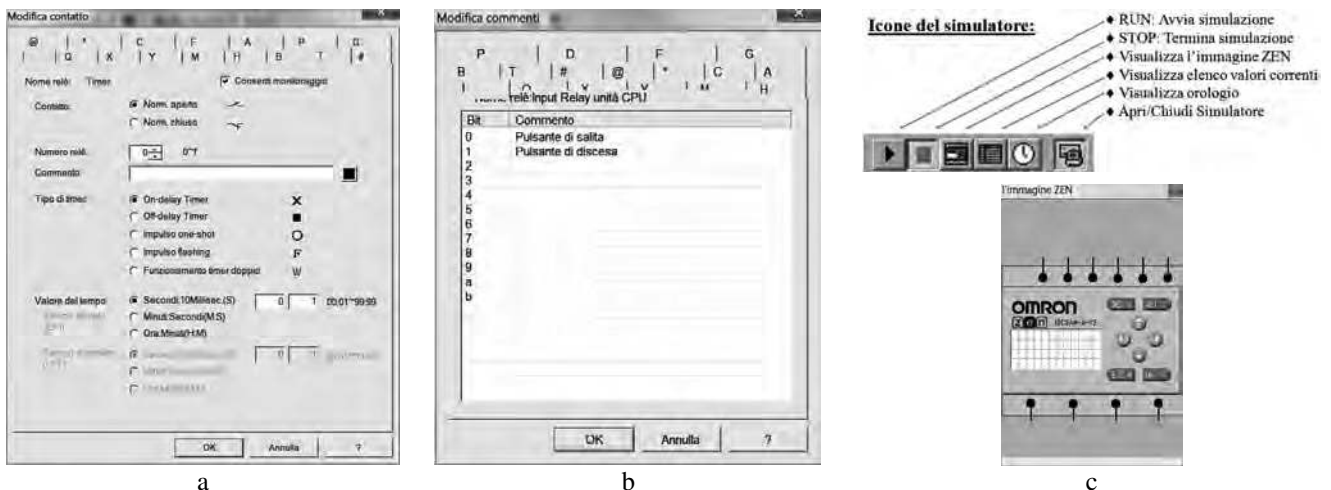


Fig. 6.253 - Barra degli strumenti: a) Pulsanti per le operazioni più comuni - b) Pulsanti per l'inserimento e la visualizzazione dei simboli nell'area di lavoro - c) Pulsanti per le operazioni Online con lo ZEN.

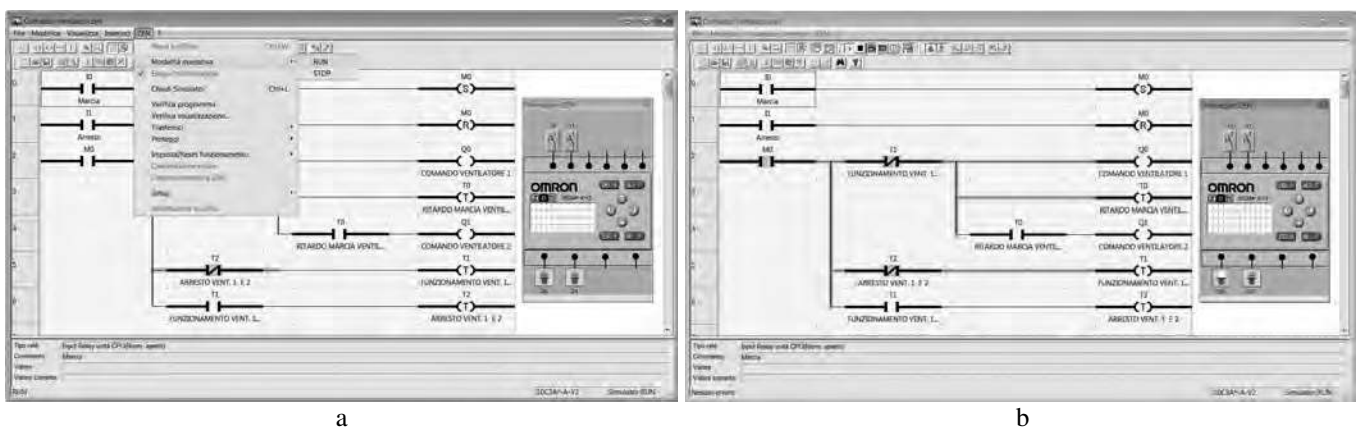


Fig. 6.254 - a) Selezione della modalità operativa RUN (esecuzione del programma) e STOP (arresto esecuzione) - b) Esempio di finestra durante la simulazione del programma *Comando ventilatori.zen* disponibile sul CD-ROM.

Nella fig. 6.254a è mostrato il menu per la scelta tra la modalità operativa RUN, che consente di eseguire il programma, e quella STOP, che ne determina, invece, l'arresto. Queste funzioni possono essere utilizzate sia offline, con il simulatore, sia online, con lo ZEN collegato.

La fig. 6.254b mostra, invece, una finestra che illustra la simulazione del programma **Comando ventilatori.zen**.

Nella fig. 6.255a, è mostrata la finestra **Impostazioni**, che permette di configurare il dispositivo (per esempio, regolare il contrasto del display LCD, il filtro sugli ingressi, il numero di nodo qualora sia collegato in rete con altri relè programmabili). Per accedere alla finestra **Impostazioni**, occorre selezionare **Setup** nel sottomenu **Impostazioni** del menu **ZEN**.

Nella fig. 6.255b è mostrata, invece, l'anteprima di stampa del programma **Comando ventilatori.zen**, alla quale si accede mediante il comando **Anteprima di stampa...** dal menu **File**.

Infine, nella fig. 6.255c, è mostrata la finestra **Impostazioni di comunicazione**, attraverso la quale è possibile selezionare la porta seriale del PC collegato allo ZEN. Per accedere a questa finestra, è necessario selezionare **Impostazioni di comunicazione** dal menu **File**.

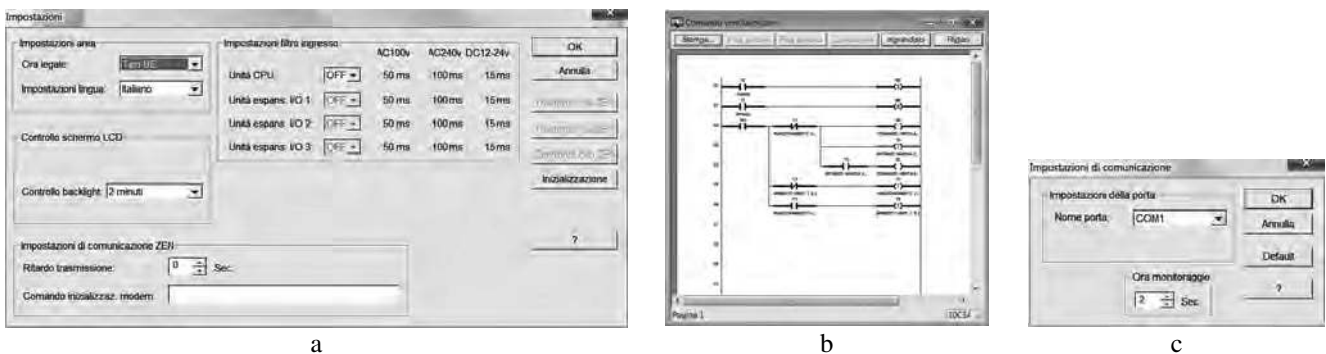


Fig. 6.255 - a) Finestra Impostazioni per la configurazione dello ZEN - b) Esempio di anteprima di stampa del programma Comando ventilatori.zen - c) Impostazioni di comunicazione.

Per poter sfruttare al meglio tutte le caratteristiche che offrono queste apparecchiature, occorre consultare i manuali.

Nelle fig. 6.256 e fig. 6.257 sono mostrate le caratteristiche delle funzioni utilizzabili con i relè programmabili ZEN, sia con pulsanti presenti sul frontalino sia con il software di programmazione ZEN Support Software per PC.

Nella fig. 6.258 sono mostrati, invece, alcuni esempi di applicazioni con relativo programma.

Nome	Simbolo	Bit indirizzo	N. di punti	Operazione	Dettagli
Bit di ingresso CPU	I	I0 ... I5	6	Riflette lo stato ON/OFF degli ingressi connessi ai terminali di ingresso della CPU.	1
Bit di mod. I di espansione	X	X0 ... Xb	12	Riflette lo stato ON/OFF degli ingressi connessi ai terminali di ingresso dei moduli di espansione.	1
Bit di uscita CPU	Q	Q0 ... Q3	4	Lo stato ON/OFF di questi bit viene usato per controllare i dispositivi connessi ai terminali di uscita della CPU.	1
Bit di mod. Q di espansione	Y	Y0 ... Yb	12	Lo stato ON/OFF di questi bit viene usato per controllare i dispositivi connessi ai terminali di uscita dei moduli di espansione.	1
Bit di lavoro	M	M0 ... M1	16	I bit di lavoro possono essere usati solo all'interno del programma; non sono quindi legati a nessun dispositivo I/O.	1
Bit di hold	H	H0 ... H1	16	Usati come i bit di lavoro. Tuttavia, se viene tolta l'alimentazione, questi bit mantengono lo stato ON/OFF precedente.	1
Timer	T	T0 ... T7	8	X: timer con ritardo all'eccitazione ■: ritardo alla diseccitazione O: timer one shot F: timer ON/OFF a tempo	2
Timer di hold	#	#0 ... #3	4	Mantiene il valore del timer anche quando il bit di trigger o l'alimentazione si portano a OFF e riprende il conteggio quando questi tornano ad ON.	2
Contatori	C	C0 ... C7	8	Contatore reversibile che può essere incrementato e decrementato.	3
Timer settimanali	@	@0 ... @7	8	Si porta ad ON o a OFF in intervalli di tempo predefiniti.	4
Timer Calendario	*	*0 ... *7	8	Si porta ad ON o a OFF in intervalli di date predefiniti.	5
Display	D	D0 ... D7	8	Visualizza una qualunque stringa di caratteri, data, ora, dati numerici convertiti o valori correnti di timer e contatori.	6
Bit di confronto analogico	A	A0 ... A3	4	Utilizzati come risultato del confronto su dati analogici. Possono essere usati solo sulle CPU con alimentazione a 24 Vc.c.	6
Bit di confronto Timer/contatori	P	P0 ... P7	16	Confrontano il valore corrente di timer (T), timer di hold (#), e contatori (C). I confronti possono essere fatti con altri timer/contatori o con valori costanti.	7
Bit di I lasti funzione	B	B0 ... B7	8	Usati come condizioni di ingresso; si attivano (stato ON) quando vengono premuti i corrispondenti tasti funzione sul pannello frontale della CPU che è in modalità RUN. Possono essere usati solo nelle CPU con display LCD.	8

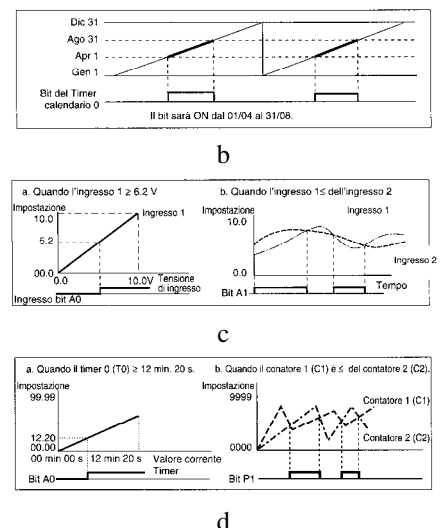


Fig. 6.256 - Funzioni dei relè programmabili ZEN: a) Bit (rif. 1÷8) - b) Timer calendario (rif. 5) - c) Comparatore analogico (rif. 6) - d) Comparatori timer/contatori (rif. 7).

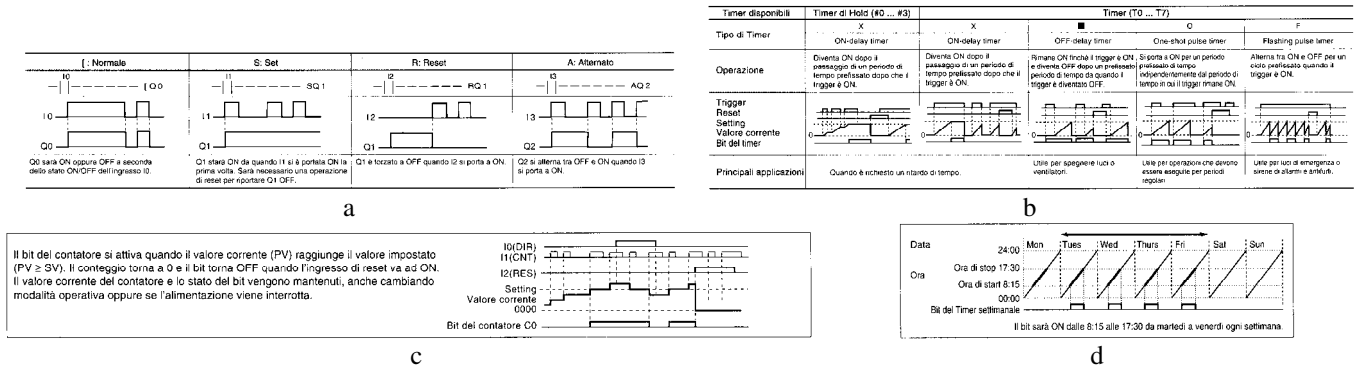


Fig. 6.257 - Funzioni dei relè programmabili ZEN: a) Funzioni aggiuntive delle uscite (rif. 1) - b) Uso dei timer e dei timer di hold (rif. 2) - c) Contatore (rif. 3) - d) Timer settimanale (rif. 4).

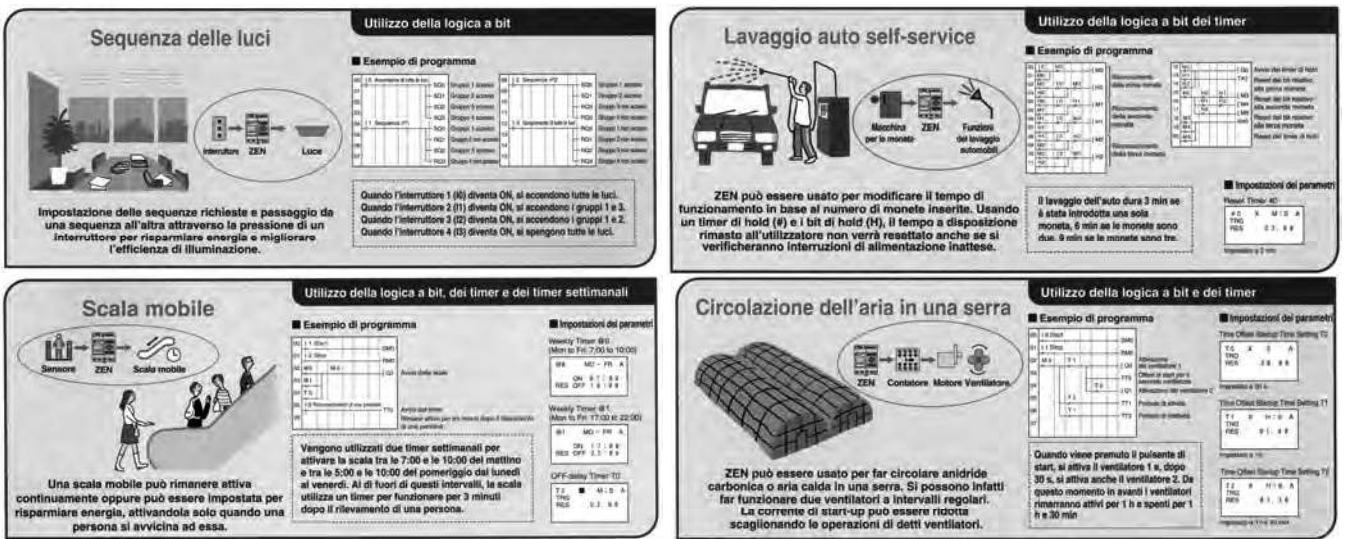


Fig. 6.258 - Esempi di applicazione dei relè programmabili.

Nel CD-ROM allegato è possibile trovare, per approfondire l'argomento, i manuali d'uso, di installazione e di programmazione dei relè programmabili ZEN di Omron, nonché due corsi relativi all'uso e alla programmazione degli stessi, con esempi di programmazione.

Al fine di facilitare l'apprendimento sull'uso di queste apparecchiature, è stato inserito, nel CD-ROM, il software di programmazione ZEN Support Software in versione completa, comprensiva anche di simulatore; con tale software è possibile scrivere, simulare e salvare, senza alcuna restrizione, gli impianti e gli esercizi illustrati nel Capitolo 4 e 8. Eventuali aggiornamenti del programma ZEN Support Software sono disponibili nell'area **Download** del sito www.zen.omron.co.jp.

6.24 Relè allo stato solido (SSR) (nel CD-ROM allegato)

6.25 Pressostati, trasduttori di pressione e regolatori di livello

I pressostati (o interruttori a pressione) sono apparecchiature sensibili alla pressione esercitata da un fluido (acqua, olio, aria compressa, ecc.) all'interno di una tubazione o di un contenitore; sono in grado di azionare un contatto elettrico, quando è superato un determinato valore di taratura.

Sono dispositivi che consentono di inviare un segnale di retroazione nei sistemi automatici e sono usati per consentire l'inizio o la prosecuzione di un ciclo, quando si verificano determinate condizioni.

Quando la pressione, per esempio, all'interno di una tubazione, aumenta sino ad un valore prefissato p1 (soglia superiore), il contatto 1-2 si apre, mentre il contatto 3-4 si chiude; quando la pressione diminuisce fino ad un valore inferiore a p1 (soglia di intervento inferiore), il contatto ritorna nella posizione di riposo (contatto 3-4 aperto e 1-2 chiuso). Queste apparecchiature trasformano, quindi, una variazione di pressione in un impulso elettrico di tipo digitale, ovvero tutto o niente (ON-OFF).

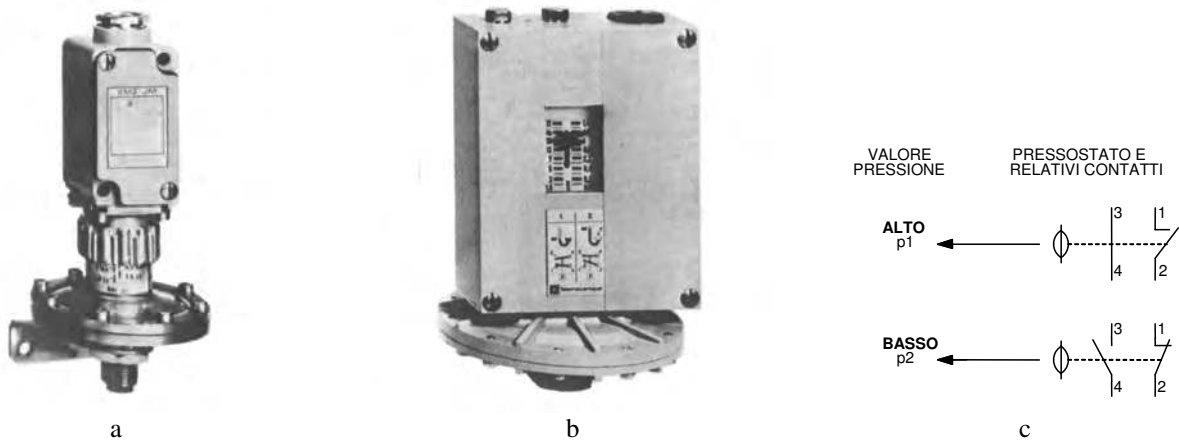


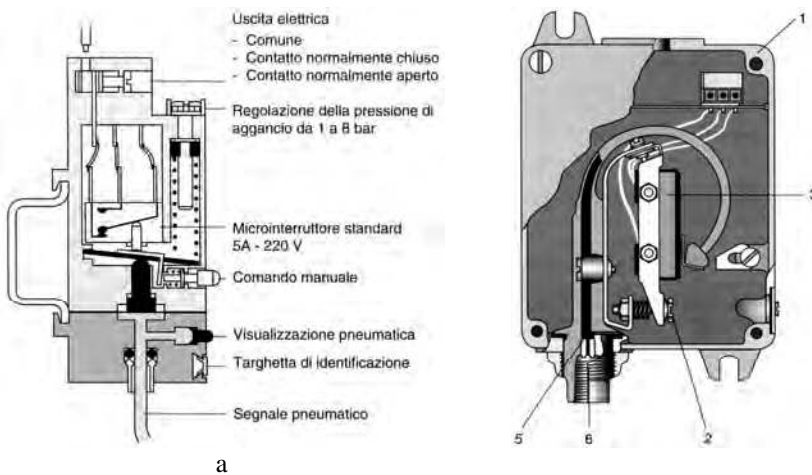
Fig. 6.269 - Esempio di pressostati: a) Tipo con una sola soglia regolabile - b) Tipo con entrambe le soglie regolabili - c) Stato dei contatti (Telemecanique).

Le parti che caratterizzano queste apparecchiature sono essenzialmente due: l'elemento sensibile alle variazioni di pressione e il contatto elettrico.

La parte dell'apparecchio sensibile alla pressione può funzionare per differenza tra la pressione da controllare e quella atmosferica oppure per differenza tra due pressioni controllate (pressostati differenziali).

Da un punto di vista costruttivo, questo elemento sensibile alle variazioni di pressione può essere realizzato mediante l'uso di un pistone o di un soffiello elastico o di una molla Bourdon o per mezzo di una membrana, contenuti in un corpo di materiale plastico o metallico.

Questo corpo include anche la molla di pressione e le manopole (o viti di taratura), mediante le quali è possibile regolare, entro certi limiti, i valori di taratura. Al corpo dell'apparecchio sono fissati l'apposito raccordo per il collegamento al tubo o al contenitore di cui si vuole controllare la pressione interna e il pressacavo per i collegamenti elettrici.



Legenda e caratteristiche generali.

- 1) I differenti tipi di custodia permettono diverse applicazioni in impianti normali ed antideflagranti.
- 2) La vite di regolazione con filettatura fine consente una facile registrazione del punto di intervento.
- 3) Elevata disponibilità di microinterruttori ad alta precisione.
- 4) I vari campi di regolazione permettono dei punti di intervento fra 1 e 1250 bar.
- 5) Parti a contatto in bronzo o in acciaio inox.
- 6) Attacchi in pressione. Sono in genere certificati per diverse normative al fine di rendere possibile l'installazione su macchine ed impianti per l'esportazione.

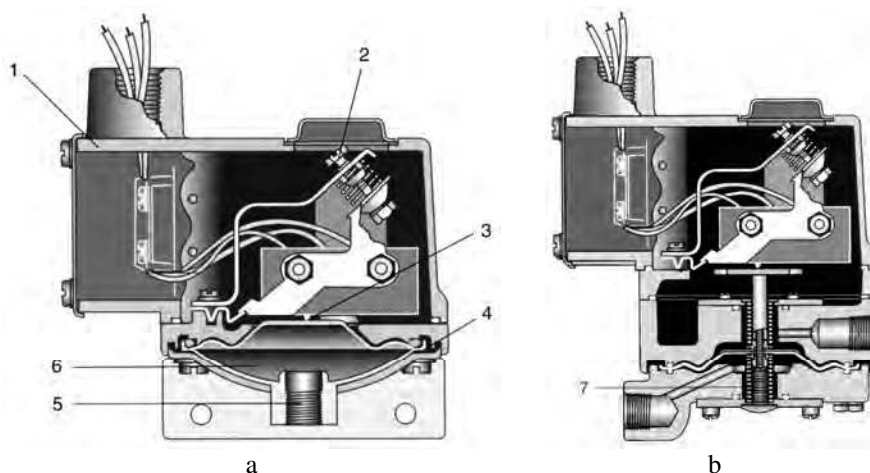
Fig. 6.270 - a) Principio di funzionamento di un pressostato con soglia di intervento regolabile da 2 a 8 bar (Crouzet) - b) Pressostato a tubo di Bourdon con sensore di pressione ad azione diretta e microinterruttore, con campo di regolazione da 1 a 1250 bar (Barksdale).

Quando la pressione, per esempio, mediante la membrana, agisce sulla molla precaricata, l'equilibrio dell'apparecchio si modifica ed esso, tramite un opportuno meccanismo, va ad agire su di un microinterruttore, generalmente con il funzionamento a scatto rapido.

Tra le caratteristiche elettriche del pressostato si segnalano i seguenti parametri: tensione (30 V DC, 125 V AC, 250 V C) e corrente nominale (0,2÷5 A con carichi induttivi e 0,5÷10 A con carichi resistivi).

Il grado di protezione è, in genere, elevato e, comunque, non inferiore a IP55/IP54. Alcuni modelli hanno il collegamento elettrico mediante pressacavo; altri prevedono, invece, l'uso di un connettore standard DIN 43650.

Dal punto di vista del funzionamento, come si è detto precedentemente, i pressostati sono caratterizzati dalla presenza di due soglie: l'una superiore e l'altra inferiore. In commercio, esistono sia pressostati nei quali è regolabile una sola soglia, sia pressostati nei quali le due soglie sono regolabili separatamente.



Legenda e caratteristiche generali.

- 1) I vari tipi di custodia permettono diverse applicazioni in impianti normali ed antideflagranti.
 - 2) La vite di regolazione con filettatura fine consente una facile registrazione del punto di intervento.
 - 3) Elevata disponibilità di microinterruttori ad alta precisione.
 - 4) Parti in acciaio inox.
 - 5) Attacchi filettati.
 - 6) Membrane in acciaio inox.
 - 7) I pressostati differenziali sono caratterizzati da due tenute a soffietto.
- Sono, in genere, certificati per diverse normative al fine di rendere possibile l'installazione su macchine e impianti per l'esportazione.

Fig. 6.271 - Pressostati a membrana metallica con sensore di pressione ad azione diretta e microinterruttore, con un campo di regolazione da -1 a 10,5 bar: a) Tipo con una sola soglia regolabile - b) Tipo differenziale; si noti la presenza dei due attacchi filettati per l'ingresso del fluido in pressione (Barksdale) - c) Legenda.



Fig. 6.272 - Pressostato: a) Simbolo pneumatico secondo le norme UNI ISO 1219/1 - b) Simbolo secondo le norme CEI 3-19.

Queste apparecchiature possono sopportare, in genere, valori di pressione superiori a quelli previsti dai costruttori, ma ciò comporta spesso la staratura dell'apparecchio e, in alcuni casi più gravi, il danneggiamento dell'elemento sensibile alla pressione. L'uso di apposite valvole e di ammortizzatori può preservare l'apparecchio dalle sovrappressioni e dai colpi di ariete, eventualmente presenti nel circuito da controllare.

La durata e la precisione dipendono anche dalla frequenza e dai picchi dei cambi di pressione, dal numero dei cicli di carico e dalla temperatura. La massima precisione è ottenuta sopra il 20÷30%, mentre la massima durata raggiunta si ha sotto il 70÷80% del valore stabilito. Per un uso ottimale di queste apparecchiature, è preferibile, quindi, farle lavorare con valori di pressione compresi tra 20÷30% e 70÷80% del campo di regolazione nominale.

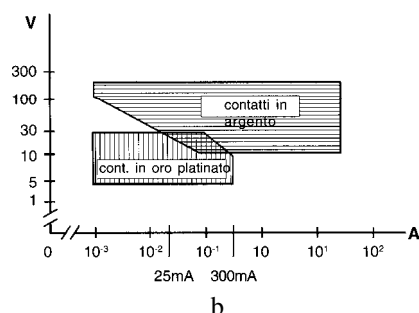
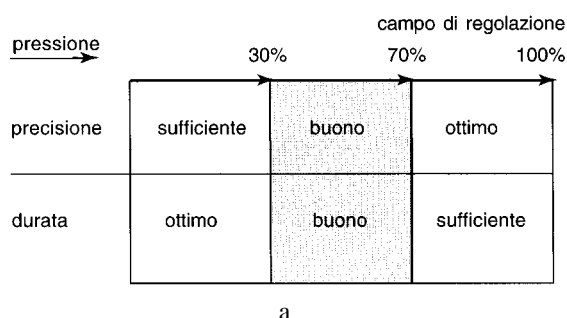


Fig. 6.273 - a) Precisione e durata dei pressostati - b) Applicazioni dei vari materiali per la realizzazione dei contatti elettrici dei microinterruttori presenti nei pressostati in relazione alla corrente e alla tensione nominale (Barksdale).

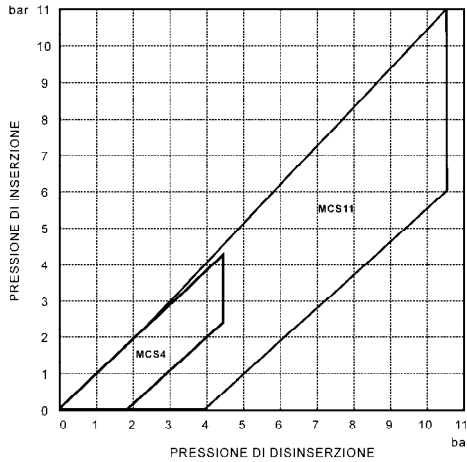
Il differenziale diminuisce a mano a mano che ci si avvicina ai valori inferiori di regolazione. Di conseguenza, se si vuole avere un differenziale minimo, si deve scegliere un pressostato con un campo di regolazione i cui valori minimi si avvicinino a quelli adottati come soglia di intervento.

Viceversa, se si vuole un differenziale elevato, si deve scegliere un pressostato nel quale la soglia superiore si posizioni nel punto più alto possibile della gamma di regolazione dell'apparecchio; in questo caso, però, aumentano i rischi di danni dovuti alle sovrappressioni.

I pressostati di qualità hanno la capacità di mantenere costanti, durante il loro uso, i valori di taratura.

Per quanto riguarda il montaggio, è opportuno collegare il pressostato al circuito da controllare mediante una derivazione di sezione, inferiore alla conduttura principale e della minore lunghezza possibile.

Dal punto di vista dei guasti, questi apparecchi sono particolarmente vulnerabili, sia nella parte del circuito fluido (perdite, otturazioni, elevate sovrappressioni, ecc.), sia nella parte elettrica (ossidazione dei contatti, saldatura dei contatti a causa di sovracorrenti, ecc.). Il manutentore deve controllare regolarmente la taratura dell'apparecchio, dopo un numero di manovre indicato dal costruttore.



Tutti i valori di pressione, di disinserzione e di inserzione, contenuti all'interno delle figure trapezoidali, possono essere ottenuti con il pressostato corrispondente al diagramma.

Dovendo, per esempio, individuare un pressostato che deve effettuare la disinserzione a 3 bar e l'inserzione a 2 bar, sarà necessario scegliere il pressostato tipo MCS4.

Il modello scelto, infatti, ha il punto di intersezione per la disinserzione a 3 bar e per l'inserzione a 2 bar, e si trova all'interno della figura trapezoidale corrispondente.

Qualora si debba, invece, scegliere un pressostato che deve effettuare la disinserzione a 8 bar e l'inserzione a 6 bar, sarà necessario optare per il pressostato tipo MCS11, che ha il punto di intersezione all'interno della figura trapezoidale corrispondente.

Le pressioni di inserzione e disinserzione possono essere scambiate tra loro se l'apparecchio è utilizzato per la sorveglianza della minima pressione.

Occorre utilizzare, in questo caso, i morsetti 1-4 invece che i morsetti 1-2.

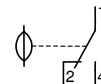
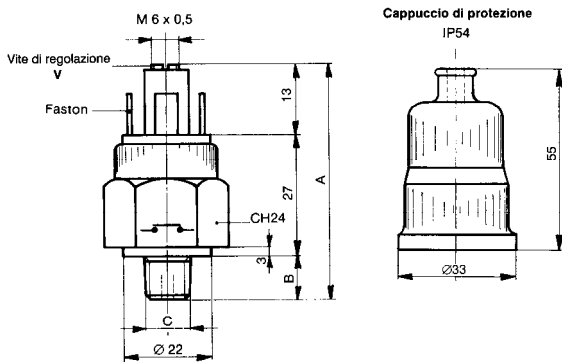


Fig. 6.274 - Caratteristiche di alcuni tipi di pressostati serie MCS (Klöckner-Moeller).

Le pulsazioni e le vibrazioni che si hanno nel sistema possono compromettere le caratteristiche del pressostato. È possibile trovare in commercio modelli sufficientemente protetti durante l'uso contro questi problemi, grazie alla loro costruzione robusta; altri modelli progettati per le regolazioni fini e di precisione sono, di conseguenza, più sensibili a tali influenze.

Per assicurare un funzionamento corretto, si consiglia di osservare le seguenti raccomandazioni:

- per le **vibrazioni meccaniche**, usare antivibranti in gomma quando si installano le apparecchiature al muro;
- per le **pulsazioni/vibrazioni** del mezzo, usare tubi flessibili. Se l'uso di tali tubi non è tecnicamente possibile, può essere utile installare degli attenuatori di fronte al pressostato (per esempio, tubi elicoidali, attenuatori di pulsazioni esistenti in commercio e accumulatori a membrana). Nei circuiti idraulici, le inclusioni di aria aumentano le vibrazioni; è necessario, in questo caso, disaerare il circuito.



Caratteristiche tecniche.

Tensione massima di lavoro: 230 V AC. Potenza massima di lavoro: 100 VA.

Intensità di corrente con carichi resistivi: 0,5 A. Intensità di corrente con carichi induttivi: 0,2 A.

Temperatura di lavoro: da -5 a +60 °C. Grado di protezione: IP54. Numero azionamenti massimo sopportati: 200/1'. Vita meccanica: 10⁶ cicli. Prova di rigidità: 1500 V.

Membrana in gomma nitrilica: NBR, a richiesta membrana al silicone o Viton. Contatti elettrici: in rame argentato, contatti dorati per basse tensioni e correnti; per carichi elevati, utilizzare un relè.

Sono disponibili con un campo di regolazione da 2 a 150 bar, con contatti elettrici NO oppure NC e con collegamento elettrico mediante faston. Si noti la presenza della vite di regolazione V, della soglia di intervento e del cappuccio di protezione (IP54), utile per proteggere i collegamenti elettrici e gli elementi interni da infiltrazioni di umidità e polvere.

Fig. 6.275 - Pressostato in miniatura del tipo a membrana, adatto per controllare la pressione negli impianti di lubrificazione ad olio e grasso, circuiti oleodinamici, pneumatici, idrici (Elettrotec).

In presenza di carichi induttivi, è opportuno collegare dei dispositivi antidisturbo, come descritto precedentemente, al fine di proteggere il contatto del microinterruttore.

L'apparecchiatura può essere utilizzata per varie applicazioni: per azionare un compressore che mantiene costante la pressione all'interno del serbatoio di accumulo, per segnalare e, all'occorrenza, arrestare macchine o impianti dove la pressione è ad un valore troppo alto o troppo basso, per consentire il regolare funzionamento dei componenti pneumatici nelle macchine e negli impianti che li utilizzano (per esempio, per il comando di compressori e negli impianti elettropneumatici).

Per trasformare un segnale pneumatico in un segnale elettrico, è possibile utilizzare anche i trasduttori di pressione, i quali consentono di monitorare in modo continuo la variazione di una pressione nel tempo e, quindi, possono essere utilizzati per fornire le indispensabili informazioni di retroazione nei sistemi automatici.

In genere, il principio di funzionamento per misurare la pressione di un fluido si basa sulla trasformazione dello sforzo impresso per mezzo di un piccolo foro a una sottile membrana: la deformazione sarà proporzionale alla pressione applicata.

Lo schema di principio prevede, da un lato, un corpo esterno con una membrana di misura e, dall'altro, un attacco filettato per il collegamento con il circuito in pressione. All'interno è presente una camera di misura, in cui il fluido arriva tramite un attacco filettato dotato di foro (v. fig. 6.276).

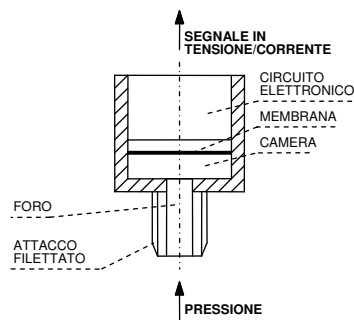


Fig. 6.276 - Principio di funzionamento di un trasduttore di pressione.

Questa membrana può essere costituita da un disco metallico, di materiale piezoelettrico o altro.

È così possibile trovare in commercio **trasduttori di pressione capacitivi** che utilizzano un diaframma posizionato tra le due armature di un condensatore.

Il diaframma, muovendosi sotto l'azione della pressione, determina una variazione di capacità del condensatore, che provoca la variazione della frequenza di un oscillatore.

Questi trasduttori, utilizzati per effettuare le misure in impianti nei quali è presente il vuoto, sono caratterizzati da un'elevata precisione e risoluzione. Inoltre, sono sensibili alle variazioni di temperatura e richiedono un'elettronica di controllo dedicata.

I **trasduttori estensimetrici** sfruttano, invece, la variazione della resistenza elettrica di un estensimetro, la cui resistenza elettrica varia in relazione alla deformazione meccanica della membrana. È possibile, così, ottenere, dopo l'amplificazione di un apposito circuito elettronico, un segnale elettrico che varia in funzione della pressione.

Diverse sono le tecnologie utilizzate per realizzare questi tipi di trasduttori; in particolare, è possibile trovare i tipi a film sottile e con estensimetro a filo metallico.

La tecnologia a film sottile, molto utilizzata, prevede alcune tecniche per la realizzazione dell'elemento sensibile. Una prima tecnica, denominata sputtering (spruzzamento), consente, in un ambiente adatto, la deposizione del film sottile sul supporto; un'altra tecnica prevede la realizzazione del film mediante la deposizione di vapori chimici.

Anche in questo caso, l'azione meccanica sulla membrana provoca una variazione della resistenza elettrica in relazione alla variazione della pressione.

La tecnologia attuale consente di realizzare trasduttori di pressione a film sottile dotati di microprocessore. Il microprocessore corregge gli errori dovuti alle variazioni di temperatura e fornisce in uscita i segnali elettrici (sia analogici sia digitali) più adatti per l'impianto e il sistema di controllo (dimensioni dell'impianto, disturbi elettrici, tipo di unità di controllo, ecc.).

Nel caso di trasduttori con estensimetro a filo, il funzionamento è basato sull'uso di un filo conduttore di platino-tungsteno, avvolto su appositi supporti isolanti. L'azione meccanica, che la pressione provoca sulla membrana, agisce sul filo, deformandolo e variandone la resistenza elettrica.

Un apposito circuito elettronico amplifica e adatta, come nei casi precedenti, il segnale, affinché il trasduttore possa essere collegato all'impianto.

Questi tipi sono caratterizzati da buona precisione, stabilità a lungo termine e buona compensazione termica, ma sono sensibili alle sovrappressioni.

La tecnologia che sfrutta il fenomeno piezoelettrico, tipico di alcuni materiali come il quarzo, il titanio e il bario, prevede che l'azione meccanica della membrana sia applicata sui cristalli di questi materiali.

I **trasduttori piezoelettrici** forniscono in uscita, anche in questo caso dopo l'utilizzo di appositi circuiti elettronici, i segnali elettrici analogici e/o digitali standard necessari. Questi trasduttori sono caratterizzati da una costruzione compatta e consentono elevate prestazioni.

Indipendentemente dal principio fisico impiegato, nei trasduttori di pressione, a una pressione di entrata corrisponde un segnale elettrico in uscita, in tensione (0÷10 V DC) o in corrente (0/4÷20 mA DC).

Questi trasduttori hanno un comportamento dinamico, soprattutto in relazione al loro uso nei sistemi automatici. La loro risposta dinamica non dipende solo dalla qualità dell'elettronica, ma anche dalle caratteristiche geometriche della camera di misura e dal foro di entrata del fluido.

Per aumentare la dinamica del sistema e, quindi, le prestazioni del trasduttore, è bene avere una camera con un piccolo volume e un foro il più corto e largo possibile.



Applicazioni: industria chimica, farmaceutica, alimentare, macchine industriali.
 Intervallo di pressione: 0±1 bar ... 0÷600 bar a seconda dei modelli.
 Linearità: <0,5% rispetto al valore massimo.
 Segnale elettrico in uscita: 4÷20 mA (2 fili).
 Temperatura di funzionamento: da -25 °C fino a +50 °C.
 Attacco filettato tipo: G1/4 o G1/2.
 Grado di protezione: IP65.
 Connettore: standard DIN 43650.
 Tensione di alimentazione: 12÷26 V DC.

a



Applicazioni: impianti e macchine idrauliche ad alta pressione, apparecchiature per il test di materiali, ricerca.
 Intervallo di pressione: 0÷1500 bar ... 0÷5000 bar a seconda dei modelli.
 Linearità: <0,3% rispetto al valore massimo.
 Segnale elettrico in uscita: 4÷20 mA (2 fili).
 Temperatura di funzionamento: da -25 °C fino a +85 °C.
 Attacco filettato tipo: M 16 x 1,5.
 Grado di protezione: IP65.
 Connettore standard: tipo DIN 43650.
 Tensione di alimentazione 10÷30 V DC.

b



Applicazioni: applicazioni idrauliche e pneumatiche, impianti di processo, industria chimica.
 Intervallo di pressione: 0÷1 bar ... 0÷10 bar per la pressione assoluta e da -1÷0 ... 0÷800 bar per la pressione relativa a seconda dei modelli.
 Linearità: <0,2% rispetto al valore massimo.
 Segnale elettrico in uscita: 4÷20 mA (2 fili), 0÷10 V (3 fili).
 Temperatura di funzionamento: da -25 °C fino a +80 °C.
 Attacco filettato: tipo G1/4 o G1/2.
 Grado di protezione: IP67 con pressacavo.
 Connettore standard: tipo DIN 43650.
 Tensione di alimentazione 8÷30 V DC.

c

Fig. 6.277 - *Trasduttori di pressione: a) Tipo con estensimetro a film sottile - b) Tipo con estensimetro a filo metallico - c) Tipo piezoelettrico (Barksdale).*

Negli impianti industriali può essere necessario controllare il livello di un liquido all'interno, per esempio, di serbatoi, vasche, pozzi, macchine riempitrici. A tale scopo sono utilizzati i regolatori di livello, i quali forniscono un segnale elettrico in funzione del livello di liquido. Il segnale così ottenuto consente, mediante un automatismo, il riempimento o lo svuotamento, per esempio, di una vasca o di un serbatoio.

Esistono in commercio regolatori di livello che funzionano secondo vari principi.

Il regolatore di livello con interruttore a galleggiante (v. fig. 6.278a) rappresenta la soluzione più semplice: il suo funzionamento si basa, infatti, sul libero spostamento di un galleggiante posto nel liquido di cui si vuole controllare il livello. Il movimento del galleggiante, tra il punto di massimo e minimo livello, aziona, mediante un'asta o una corda, uno o più contatti elettrici (segnale ON-OFF), determinando, così, il funzionamento dell'automatismo (v. fig. 6.278c). Il punto superiore di funzionamento è stabilito mediante il posizionamento di un contrappeso, come mostrato nella fig. 6.278c.

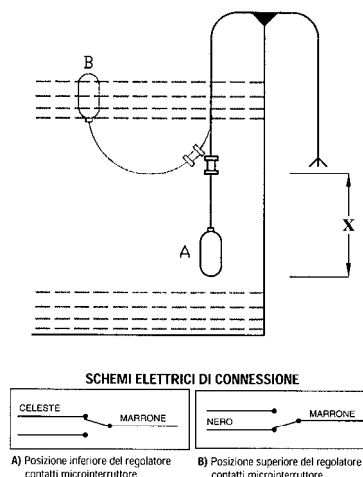


a

Caratteristiche tecniche.

Grado di protezione IP67 (immersione massima 20 m).
 Temperatura massima di esercizio: 55 °C.
 Lunghezza dei cavi: da 2 a 10 m.
 Cavo in PVC o in neoprene di lunghezza adeguata all'impiego e flessibile alle basse temperature.
 Contatto: 250 V AC, 4 A (carico induttivo), 10 A (carico resistivo).
 Pressione massima di immersione 10 bar.

b



c



d

Gli interruttori di livello a galleggiante ad asta devono essere installati in posizione orizzontale (come nella figura) e fissati in modo che il galleggiante in policarbonato possa spostarsi verticalmente durante il normale funzionamento. È importante che siano installati in un punto del serbatoio in cui il liquido da controllare è calmo per evitare false segnalazioni di allarme.

Fig. 6.278 - *a) Interruttori a galleggiante con contrappeso (Sicame Ocmei) - b) Caratteristiche tecniche - c) Esempio di applicazione (X = altezza variabile del contrappeso per la regolazione del punto superiore di funzionamento - d) Interruttore a galleggiante ad asta per il controllo del livello di liquidi ordinari o corrosivi contenuti in serbatoi, botti e cisterne. Segnalazione di livello massimo o minimo (interruttore di sicurezza). Temperatura massima del liquido +85 °C. Grado di protezione IP65. Micro contatto in deviazione 24÷250 V AC 15 (8) A.*

Gli interruttori a galleggiante, del tipo mostrato in fig. 6.278a, trovano applicazione in tutti quei casi in cui occorre controllare il livello di liquidi non aggressivi, in impianti sia industriali sia civili (pozzi, serbatoi, cisterne, fosse biologiche, fognature).

Possiedono un'elevata resistenza alla maggior parte degli acidi e delle basi minerali fino a una concentrazione del 10%. Gli involucri sono realizzati in polipropilene, antiurto, idoneo al contatto con alimenti e intaccabile dai solventi a temperatura ambiente.



Fig. 6.279 - Esempi di segni grafici per regolatori di livello.

I regolatori ad elettrodi conduttivi non necessitano di parti in movimento come i galleggianti, sfruttano per il loro funzionamento la resistività dei liquidi, utilizzando degli elettrodi metallici di lunghezza pari ai livelli da sondare. Sono costruttivamente semplici, in quanto sfruttano la conducibilità dell'acqua o di altri liquidi acquosi, purché non portatori di incrostazioni isolanti.

Il funzionamento del circuito elettronico di controllo, e quindi lo stato del relè di uscita, è determinato dalla presenza/assenza del liquido tra gli elettrodi e, eventualmente, fra questi e la parete del serbatoio, funzionante da elettrodo di massa (solo se è di metallo).

Gli elettrodi, a seconda delle specifiche applicazioni, si differenziano per il materiale usato per la loro realizzazione.

Anche i portaelettrodi sono realizzati in materiale diverso a seconda delle applicazioni: possono essere, per esempio, in policarbonato per regolatori di livello utilizzati in pozzi, in ossido di allumina per applicazioni dove sono presenti elevate temperature (il metallo tende ad ossidarsi) e pressioni (caldaie, serbatoi in pressione, autoclavi, ecc.).

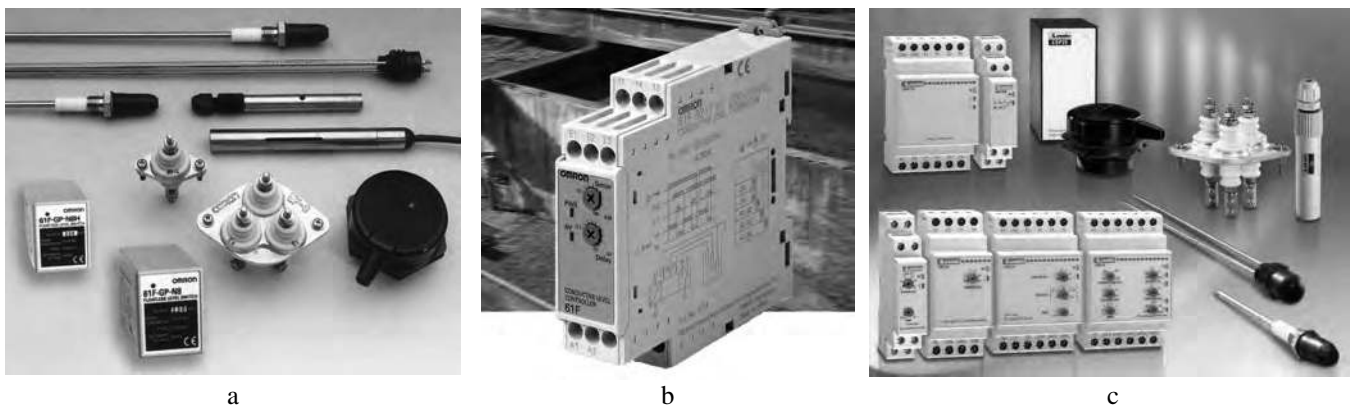


Fig. 6.280 - Regolatori di livello ad elettrodi conduttivi: a) Tipo 61F-GP per montaggio a innesto su zoccolo undecal con relative sonde con elettrodi (Omron) - b) Tipo modulare 61F con una larghezza di 22,5 mm montabile su guida DIN. Da notare il diagramma di lavoro, lo schema elettrico e la posizione dei dip-switch per l'impostazione, serigrafati sul contenitore a lato - c) Regolatori di livello ad elettrodi conduttivi e relative sonde (Lovato).

Di seguito sono mostrate alcune applicazioni di questi regolatori, nelle quali, mediante un contattore, è comandato un motore asincrono trifase che a sua volta pone in movimento una pompa.

Nell'esempio riportato sono utilizzati tre elettrodi che svolgono, rispettivamente, la funzione di OFF (E1), ON (E2) e di massa (E3). Nel caso il serbatoio sia metallico, si può collegare il morsetto 1 (E3) alla superficie metallica del serbatoio, omettendo di collegare l'elettrodo E3.

Sono possibili applicazioni con due o tre elettrodi. Quando si vuole proteggere l'impianto contro la marcia a vuoto, si collegano, infatti, al circuito elettronico di controllo, solo due elettrodi, quello di minimo e il comune.

In questo caso, quando è alimentato il regolatore, il relè dell'apparecchio si eccita immediatamente e il sistema di pompaggio si avvia automaticamente.

Quando l'elettrodo di minimo è scoperto (in questo caso E1), non si ha più il collegamento elettrico tra l'elettrodo comune (E3) e quello di minimo; di conseguenza, il relè si diseccita, arrestando l'impianto.

Quando il regolatore utilizza tre elettrodi (massimo E1 e minimo livello E2, comune di riferimento E3), con le sonde di massimo e minimo livello libere da liquido, il relè interno si diseccita; se la sonda di massimo livello è

raggiunta dal liquido, quando cioè si crea il collegamento tra l'elettrodo di massimo livello e la sonda comune, il relè si eccita. Il relè interno rimane eccitato finché l'elettrodo di minimo livello, svuotando il serbatoio, è scoperto. In questa fase, è eliminato il collegamento elettrico tra l'elettrodo comune e l'elettrodo di minimo.

Il relè è automaticamente eccitato quando il livello ritorna al livello massimo.

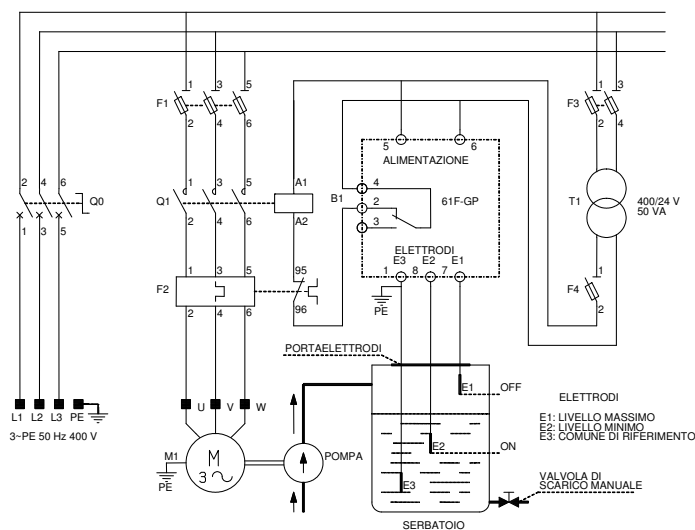
Il relè può essere utilizzato per comandare un contattore che, a sua volta, alimenta un'elettropompa oppure comanda una segnalazione acustica e/o luminosa, che avvisa di eventuali situazioni di allarme (per esempio, allarme livello massimo o livello minimo).

Di seguito, sono presentate alcune applicazioni di base dei regolatori di livello ad elettrodi conduttivi. Gli schemi prevedono l'uso di una elettropompa azionata da un motore asincrono trifase M1, alimentato mediante un contattore Q1.

La pompa è attivata e disattivata in modo da mantenere il livello del liquido tra il valore massimo e il valore minimo impostato con gli elettrodi delle sonde.

L'impianto prevede l'uso di fusibili (F1) e di un relè termico (F2) per la protezione contro le sovracorrenti. In particolare, i fusibili sono usati per la protezione contro i cortocircuiti, mentre il relè termico interviene in caso di sovraccarichi, diseccitando il contattore mediante il suo contatto NC (95-96).

L'intero impianto è posto in funzione mediante un interruttore di potenza Q0, mentre i circuiti ausiliari e gli stessi regolatori di livello sono alimentati mediante un trasformatore monofase 400/24 V e protetti mediante fusibili (F3 e F4). Nella fig. 6.281 è mostrato un esempio applicativo di uno di questi regolatori per il controllo del livello di un liquido in un serbatoio.



Esempi di applicazione.

- 1) *Mantenimento del livello del liquido tra due punti (massimo e minimo) prestabiliti.* Quando si usano serbatoi metallici, l'elettrodo E3 può essere omesso, collegando il cavo relativo alla superficie metallica del serbatoio.
- 2) *Allarme di massimo livello.* Quando si usa il regolatore per queste applicazioni, omettere l'elettrodo di minimo livello E2 e cortocircuitare i terminali 8 e 7.
- 3) *Allarme di minimo livello.* Quando si usa il regolatore per questa applicazione, omettere l'elettrodo di massimo livello E1 e cortocircuitare i terminali 8 e 7.

Fig. 6.281 - Esempio di applicazione di un regolatore di livello ad elettrodi conduttivi 61F-GP per il controllo del livello di un liquido in un serbatoio (Omron).

I regolatori di livello possono essere utilizzati anche in coppia, come mostrato nella fig. 6.283. Il primo (B1) è utilizzato per controllare il livello del liquido nel serbatoio, mentre il secondo (B2) è utilizzato per segnalare quando il livello nel serbatoio ha raggiunto un valore troppo basso.

La segnalazione di allarme è attuata, in questo caso, mediante l'uso di una lampada di segnalazione P1 e di una suoneria P2 (segnalazione acustico/luminosa).

Con semplici modifiche al circuito e utilizzando sempre due regolatori di livello, è possibile realizzare un'automazione che prevede, oltre al normale controllo del livello, anche la segnalazione di allarme di massimo livello, in modo analogo a quanto visto precedentemente.

Nell'applicazione mostrata nella fig. 6.284, invece, i due regolatori sono utilizzati per controllare il livello nel serbatoio 2 (B2), mentre il regolatore B1 è usato per dare il consenso all'automatismo, affinché esso possa funzionare solo se il livello nel serbatoio 1 è al di sopra del livello minimo prestabilito (livello di fermo pompa).

Questa applicazione è particolarmente utile qualora si voglia proteggere la pompa dal funzionamento a secco, come nel caso delle comuni pompe centrifughe, per le quali una tale situazione impedisce la necessaria lubrificazione degli anelli di tenuta (in ceramica o teflon o carburo di tungsteno o altro), con un conseguente eccessivo riscaldamento che riduce drasticamente la vita operativa della pompa.

Una tipica applicazione di questi regolatori avviene nel circuito di comando dei sistemi di pompaggio, dove essi consentono di mantenere il livello di pozzi o serbatoi entro limiti prestabiliti, oppure nel comando delle apparecchiature di allarme per il rilevamento di straripamenti e, più in generale, per segnalare la presenza di acqua.

Essi sono usati anche nel controllo del livello nei serbatoi nell'industria alimentare e nel controllo delle miscele liquide dei distributori automatici (v. fig. 6.282).

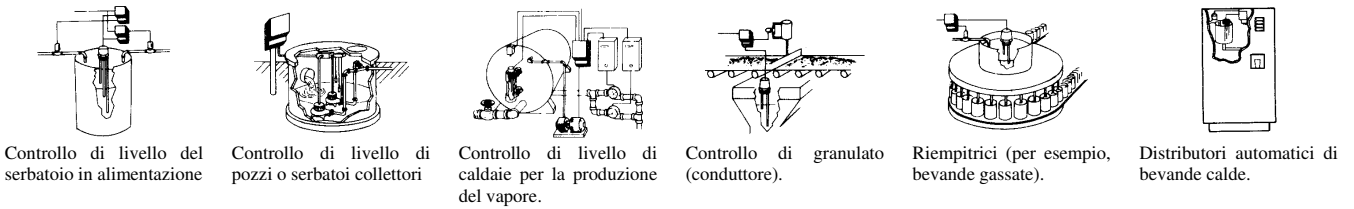
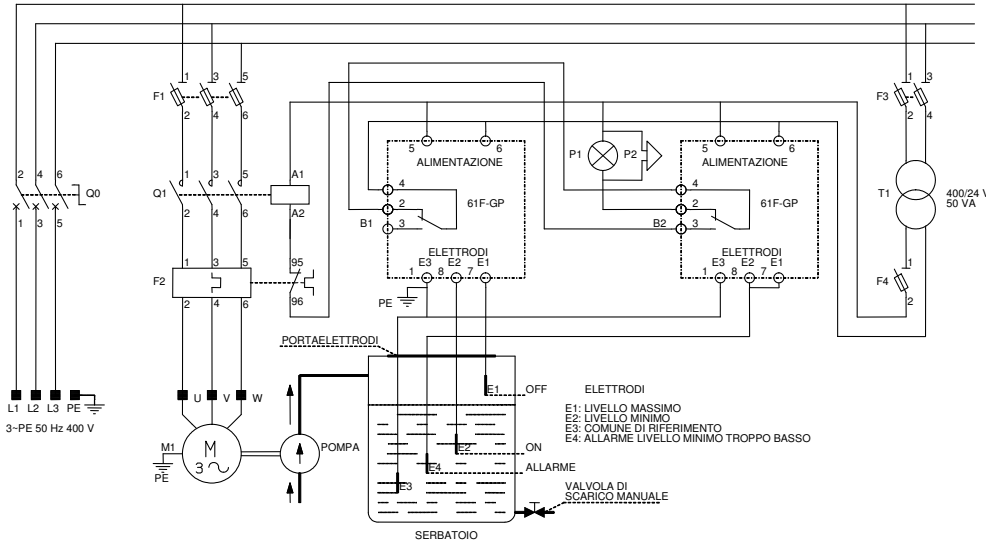


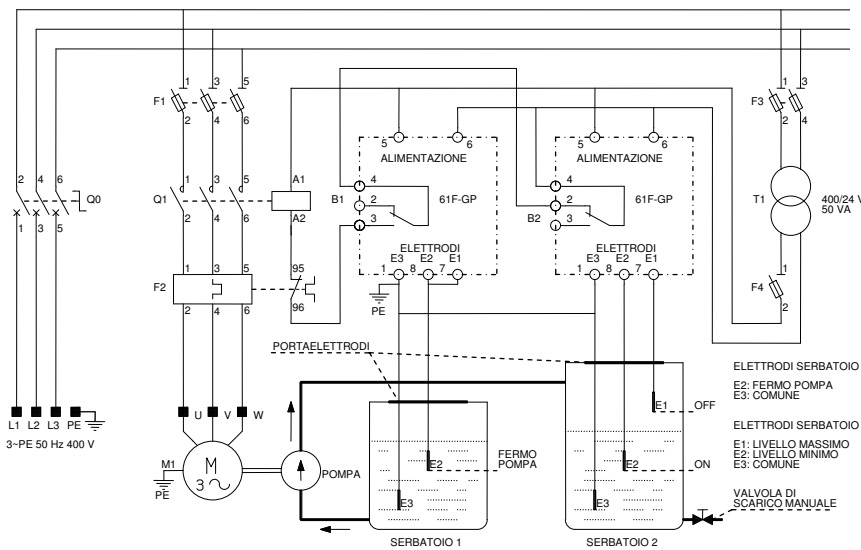
Fig. 6.282 - Esempi di applicazione dei regolatori di livello ad elettrodi conduttivi (Omron).



Esempio di applicazione.

Mantenimento del livello del liquido tra due punti (massimo e minimo) prestabiliti con allarme di livello troppo basso. Quando si usano serbatoi metallici, l'elettrodo E3 può essere omesso, collegando il cavo relativo alla superficie metallica del serbatoio.

Fig. 6.283 - Esempio di applicazione di un regolatore di livello ad elettrodi conduttivi 61F-GP per il controllo del livello di un liquido in un serbatoio con allarme livello minimo troppo basso (Omron).



Esempio di applicazione.

Mantenimento del livello del liquido nel serbatoio 2 tra due punti prestabiliti (massimo e minimo) e arresto automatico della pompa, qualora il livello del liquido nel serbatoio 1 scenda al di sotto del livello di fermo pompa. Quando si usano serbatoi metallici, l'elettrodo E3 può essere omesso, collegando il cavo relativo alla superficie metallica del serbatoio.

Fig. 6.284 - Esempio di applicazione di un regolatore di livello ad elettrodi conduttivi 61F-GP per il controllo del livello di un liquido in un serbatoio 2, con controllo del livello minimo di funzionamento della pompa del serbatoio 1 (Omron).



Fig. 6.285 - Esempi di applicazione dei regolatori di livello ad elettrodi conduttivi (Omron).

I regolatori di livello capacitivi, del tipo mostrato nella fig. 6.286, sono adatti per la misura di materiali sia conduttivi che non, liquidi o solidi, in granuli o in piccola pezzatura.

Con materiali conduttivi o umidi, l'elettrodo deve essere completamente isolato. Di norma, sono inseriti, verticalmente o lateralmente, sulla parete del serbatoio (v. fig. 6.287b) come, per esempio, nei silos per il controllo del livello di foraggi e cereali oppure nei mangifici.

Anche in questo caso sono dotati di un relè in uscita, con un contatto in commutazione che determina la condizione di funzionamento dell'impianto. Il principio di funzionamento di questi rilevatori si basa sulla variazione di capacità che si genera tra l'elettrodo e la superficie interna del serbatoio vuoto; la capacità cambia, infatti, in funzione del tipo e della quantità di materiale contenuto nel serbatoio.

In pratica, misurando la capacità, è possibile misurare la quantità di materiale presente nel serbatoio. Per effettuare correttamente la misura, è necessario che, durante il funzionamento del regolatore di livello capacitivo, alcuni parametri, come, per esempio, l'umidità e la temperatura, rimangano costanti al fine di non alterare la misura finale.

Questi regolatori sono costituiti, generalmente, da una sonda a forma di asta, avente delle dimensioni che variano in funzione dell'applicazione, e da un'unità di controllo elettronica con la funzione di alimentare la sonda e di elaborare i segnali provenienti dalla stessa. In particolare, la sonda è caratterizzata da tre parti fondamentali: la testa, dove è presente un involucro protettivo che contiene il trasduttore (in alcuni casi contiene anche l'unità di controllo), un particolare raccordo che consente di fissare la testa al serbatoio e l'isolatore dell'elettrodo e, infine, l'elettrodo vero e proprio, avente la funzione di sentire la presenza del materiale all'interno del serbatoio.



Fig. 6.286 - Esempio di regolatore di livello capacitivo.

Per la scelta del tipo di sonda da utilizzare è necessario considerare il tipo di applicazione. In primo luogo, è necessario valutare il tipo di materiale da rilevare; nei cataloghi dei costruttori sono elencate, infatti, le costanti dielettriche delle sostanze più diffuse in ambito industriale. Occorre considerare la natura del materiale, vale a dire se esso è, per esempio, liquido, solido, appiccicoso oppure aggressivo. Se il materiale è soggetto a turbolenza, occorre proteggere l'elettrodo mediante un tubo di calma.

Per quanto riguarda il contenitore, è necessario considerare le caratteristiche fisiche, quali dimensioni e materiale di cui è costituito (isolante o metallico). In particolare, se le dimensioni sono maggiori di 2÷3 m, l'elettrodo può essere sostituito da un'apposita fune con peso tenditore piuttosto che da un trasduttore ad asta.

Se il contenitore è realizzato in materiale isolante (per esempio, fibra di vetro), per il regolare funzionamento del regolatore, è necessario realizzare un elettrodo di riferimento, che può essere costituito da una massa metallica posta sul terreno oppure da una banda metallica, applicata su tutta la lunghezza del contenitore e collegata alla massa della sonda. Durante l'installazione, occorre prestare attenzione alla distanza minima di funzionamento (per esempio, 300 mm), per evitare mutue interferenze tra gli elettrodi di due regolatori. Inoltre, occorre lasciare una certa distanza tra l'elettrodo e la parete del serbatoio (per esempio, 100 mm).

Questi regolatori si prestano, in particolare, per impianti dove c'è il pericolo di esplosione o incendio, in quanto sono caratterizzati da un elevato grado di protezione (IP62÷IP67).

Sono dotati, inoltre, di una manopola di regolazione per la taratura dell'apparecchio e della sensibilità, in funzione della sostanza di cui si vuole controllare il livello. Questa regolazione si rende necessaria in quanto ogni sostanza è caratterizzata da una propria costante dielettrica.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, vale la pena segnalare che:

- la tensione di alimentazione può essere di 24 V, 115 V o 230 V in AC oppure di 24 V ($\pm 10\%$) in DC;
- la potenza assorbita vale circa 5 VA per i modelli in AC e circa 1,5 W per i modelli in DC;
- la temperatura di funzionamento può variare da -20 a $+60$ °C;
- il campo della sensibilità di funzionamento varia da 10 pF a 1000 pF;
- l'uscita può essere di tipo statico 100 mA/24 V DC protetta contro i cortocircuiti, oppure a relè con contatto in deviazione 3 A/250 V AC resistivi;
- il grado di protezione può arrivare fino a IP66/IP67;
- l'umidità ambiente deve essere pari a 35÷95%;
- l'elettrodo deve essere in acciaio inossidabile oppure con rivestimento in plastica;
- devono essere previste le protezioni contro le inversioni di polarità e gli eventuali errori di collegamento, contro i disturbi di natura elettrica e contro le cariche elettrostatiche sull'elettrodo.

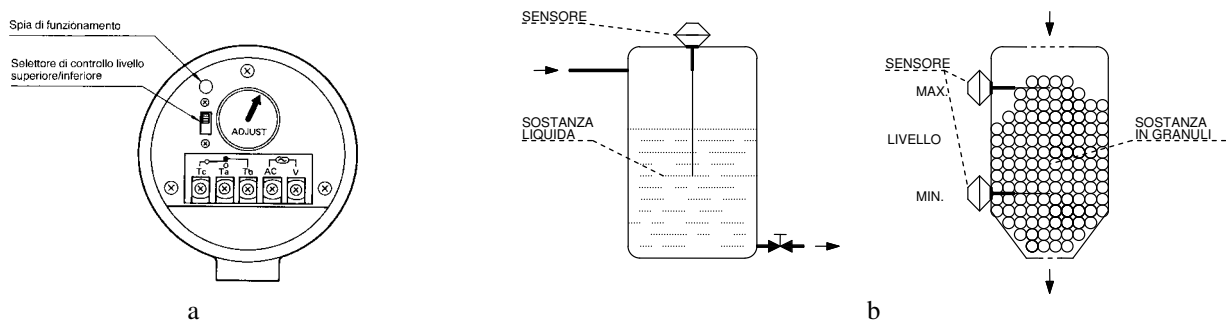


Fig. 6.287 - Regolatori di livello capacitivi: a) Esempio di morsettiera di collegamento - b) Esempi di applicazione per sostanze liquide e in granuli.

Un altro metodo utilizzato per misurare il livello di un materiale in un serbatoio sfrutta gli ultrasuoni, cioè onde sonore caratterizzate da una frequenza molto elevata (>30 kHz).

I regolatori ad ultrasuoni sfruttano un apparecchio trasmettitore/ricevitore di ultrasuoni, in grado di emettere degli impulsi ultrasonici e in grado di ricevere le onde riflesse da eventuali ostacoli.

Nota la velocità con la quale si muovono gli impulsi sonori, i segnali che l'apparecchio riceve sono legati al tempo che intercorre tra l'emissione dei segnali e il ricevimento della loro eco.

I regolatori di livello ultrasonici sono in grado di sfruttare questo principio e, quindi, di risalire al livello di materiale presente nel contenitore oppure sono in grado di misurare delle distanze.

Questa apparecchiatura può essere utilizzata con tutti i materiali che riflettono il suono, come i liquidi e i materiali pastosi o in polvere, con un limite massimo di circa 5÷7 m. Inoltre, ha la caratteristica di non richiedere un contatto fisico con il materiale da controllare.

In genere, i regolatori di livello ad ultrasuoni, oltre a rendere disponibile, mediante un relè, un segnale elettrico ON-OFF, offrono anche un segnale analogico (per esempio, in corrente 4÷20 mA), utile per un controllo proporzionale del livello tramite controllore logico programmabile (PLC).

Alcuni tipi possono essere predisposti per visualizzare, mediante un display (LED o LCD), la distanza in metri tra il sensore e il livello di materiale esistente nel contenitore, oppure per visualizzare il volume relativo al livello esistente nel serbatoio espresso in percentuale.

Per l'installazione, occorre utilizzare l'apposita staffa di fissaggio dell'apparecchio trasmettente/ricevente, che consente di regolare facilmente l'angolo di installazione a seconda dell'applicazione.

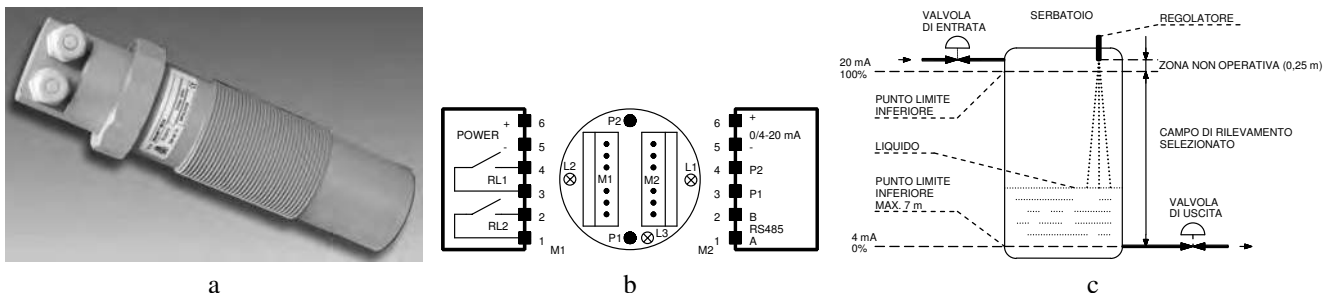


Fig. 6.288 - Regolatori di livello ultrasonici: a) Modello compatto LEV-U - b) Morsettiera di collegamento. Si noti la presenza della porta di comunicazione RS485 necessaria per la programmazione del rivelatore mediante PC - c) Esempio di applicazione in un serbatoio per sostanze liquide (Omron).

Il contenitore deve avere un diametro sufficientemente ampio (in modo che non vi siano echi spuri ovvero non riflessi dalla superficie interna del serbatoio) e, all'interno, non devono esserci ostacoli che, in qualche modo, possano impedire il normale funzionamento del regolatore (il cono delle onde ultrasoniche ha, per esempio, un raggio di 0,1 m alla distanza di 0,5 m dal rivelatore, per raggiungere 0,35 m a 5 m dallo stesso).

Per facilitare l'installazione, sull'unità di controllo, è presente una spia, che indica se il regolatore ha un funzionamento stabile. Tale spia è utile anche nel caso si debba misurare il livello di sostanze polverose che potrebbero assorbire le onde ultrasoniche.

Durante l'installazione, è importante ricordare che, in prossimità del rivelatore, c'è una zona (zona morta) di circa 0,25 m entro la quale il sensore non può misurare, e che il sensore deve essere posizionato perpendicolarmente alla superficie da misurare. Infine, occorre tenere presente che questi rilevatori non devono essere usati con prodotti schiumogeni.

Questi regolatori non sono adatti per effettuare misure in serbatoi pressurizzati, neanche quando la temperatura di funzionamento è superiore a 60 °C.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, vale la pena segnalare che:

- la tensione di alimentazione è di 24 V DC ($\pm 10\%$) oppure 24, 115, 230 V AC alla frequenza di 50/60 Hz;
- la potenza assorbita è pari a 3 W;
- la distanza di rilevamento è di 0,25÷5 m e, per i modelli con intervallo esteso, di 0,4÷7 m;
- la distanza di blocco è pari a 0,25 m/0,4 m (intervallo esteso);
- l'apparecchio di controllo può avere una predisposizione mediante pulsanti oppure mediante apposito software di programmazione attraverso la porta seriale RS485;
- la pressione di esercizio è pari a 0,5÷1,5 bar;
- l'uscita analogica è in corrente 4÷20 mA, a relè con due contatti NO (2 A a 230 V AC con $\cos \varphi = 1$);
- la temperatura di funzionamento varia tra -20 °C e +60 °C;
- il grado di protezione è di IP66 o IP68.

Sono disponibili sul mercato anche regolatori di livello a vibrazione, che consentono di eseguire il controllo di soglie impostate (livello minimo e massimo) su prodotti in polvere o in granuli, con materiali sia isolanti sia conduttivi, che sono adatti anche per applicazioni in aree a rischio di deflagrazione.

Il diapason è eccitato elettronicamente e vibra alla sua frequenza di risonanza. Quando il prodotto tocca il sensore, l'ampiezza di vibrazione è smorzata. Il circuito elettronico integrato nel regolatore rileva lo smorzamento e attiva un'uscita a relè (per il comando diretto di elettrovalvole, lampade di segnalazione, ecc) oppure a transistor (per il comando di carichi di bassa potenza o per PLC).

Un segnale pulsante impone al diapason un'ulteriore vibrazione, che lo libera da eventuali depositi di materiale, ripristinando, così, la vibrazione originale, in assenza di contatto fisico con il materiale.

Nel caso in cui il diapason presenti incrostazioni che ne pregiudicano il corretto funzionamento, per pulirlo non lo si deve percuotere con un corpo contundente, ma occorre utilizzare una spazzola idonea al tipo di incrostazione.

È bene ricordare che per nessun motivo si deve utilizzare il diapason come punto di appoggio, in quanto deformazioni o modifiche dell'elemento vibrante danneggiano inevitabilmente il regolatore.

Occorre montare il sensore in modo che l'elemento vibrante non sia investito dal flusso di carico; qualora non fosse possibile, è necessario proteggerlo mediante un'apposita lamina.

Qualora il serbatoio lavori in sovrappressione o in depressione, è necessario fasciare la filettatura con un nastro di teflon oppure applicando un anello di tenuta.

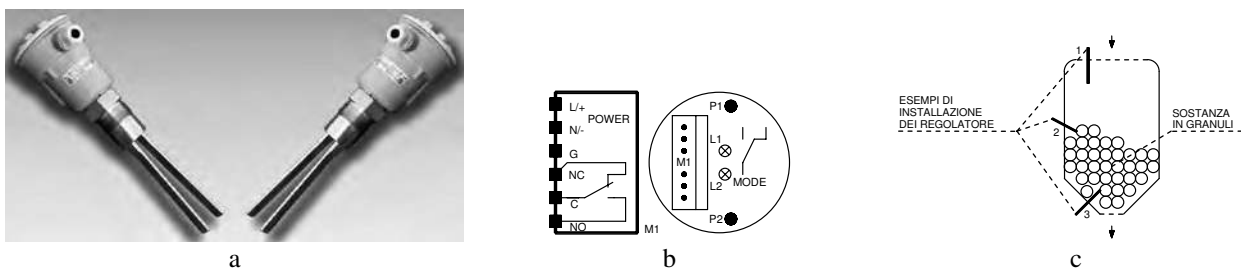


Fig. 6.289 - Regolatori di livello a vibrazione: a) Modello per polvere e granulati LEV-V - b) Morsettiera di collegamento - c) Esempio di applicazione in un serbatoio per granulati (Omron).

La posizione orizzontale del sensore consente di ottenere il punto di intervento il più esatto possibile, anche se è possibile installarlo con una certa inclinazione (per esempio, 20°). È necessario installare il rivelatore in modo che i rebbi del diapason risultino il più possibile di taglio, evitando, così, eventuali depositi di materiale.

Nel caso in cui la granulometria del prodotto sia superiore alla distanza minima fra i due rebbi del diapason (per esempio, 15 mm), particelle del materiale controllato potrebbero rimanere incastrate, provocando false segnalazioni di presenza del materiale. Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, vale la pena segnalare che:

- è presente il controllo livello di minimo o massimo;
- la tensione di alimentazione è pari a 20÷36 V DC oppure a 20÷255 V AC alla frequenza di 50/60 Hz;
- la potenza assorbita è di 0,8 W in DC e di 8 VA in AC;
- l'uscita a relè è a 5 A a 250 V AC con $\cos \varphi = 1$, l'uscita statica NPN o PNP è da 0,5 A a 55 V DC;
- la distanza di blocco è pari a 0,25 m/0,4 m (intervallo esteso);
- è presente l'indicazione di stato e di modo d'intervento;
- la pressione di esercizio è di 25 bar;
- la granulometria massima del prodotto è di 12 mm;
- la temperatura di funzionamento varia tra -20 °C e +60 °C;
- il grado di protezione è di IP66.

6.26 Termoregolatori

Quando si vuole controllare in modo particolarmente preciso la temperatura di un riscaldatore (per esempio, un forno elettrico) o di un sistema di raffreddamento (cella frigorifera), occorre utilizzare un'apparecchiatura denominata termoregolatore. I termoregolatori sono apparecchiature elettroniche in grado di ricevere un segnale elettrico da appositi sensori (termocoppie o termoresistenze) che rilevano la temperatura del riscaldatore. Dopo aver elaborato il segnale, quando la temperatura ha raggiunto il valore impostato nell'apparecchio (set-point), i termoregolatori sono in grado di attivare un'uscita a relè elettromeccanico o allo stato solido (quest'ultimo tipo risulta particolarmente utile quando si utilizza l'azione di regolazione PID) e, in alcuni casi, sono in grado di fornire un'uscita analogica, con valori che variano, per esempio, da 4 a 20 mA.

Questo segnale è normalmente utilizzato per comandare la logica di controllo dell'impianto automatico.

I termoregolatori sono normalmente disponibili con dimensioni normalizzate (48x24 mm, 48x48 mm e 48x96 mm) per facilitare il montaggio sui pannelli frontali dei quadri elettrici e con varie classi di precisione (per esempio, $\pm 0,5\%$).



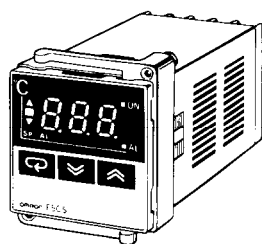
Il visualizzatore, oltre ai caratteri, è in grado di mostrare i valori a tre colori (verde, rosso e arancione) che possono essere rappresentati da un minimo di 7 ad un massimo di 11 segmenti. Il cambio del colore del display consente di valutare lo stato del processo anche a distanza. Questi termoregolatori possono essere collegati sia a termocoppie (10 tipi), sia a termoresistenze al platino (Pt100). Alcuni modelli consentono la misura di segnali analogici in corrente/tensione continua provenienti da sensori di livello, portata o pressione. È quindi possibile utilizzare queste apparecchiature come regolatori di processo. Funzionamento in riscaldamento o raffreddamento e riscaldamento/raffreddamento. La possibilità di inserire schede opzionali (per esempio, comunicazione seriale RS485) consente di adattare l'apparecchio alle più svariate esigenze. Sono disponibili modelli con uscita a relè, logica in tensione (SSR), analogica in corrente (0 ± 20 mA). Grado di protezione IP66. Tra le svariate funzioni software è possibile trovare l'allarme di malfunzionamento del sistema di riscaldamento trifase, cortocircuito dell'uscita statica, possibilità di una quarta uscita, ecc.

Fig. 6.290 - Termoregolatori digitali tipo E5GN (48x24 mm), E5CN (48x48 mm), E5EN (48x96 mm) (Omron).

I costruttori prevedono normalmente modelli in grado di funzionare con le termocoppie oppure con termoresistenze, per esempio, tipo Pt100, con varie scale selezionabili mediante appositi commutatori.

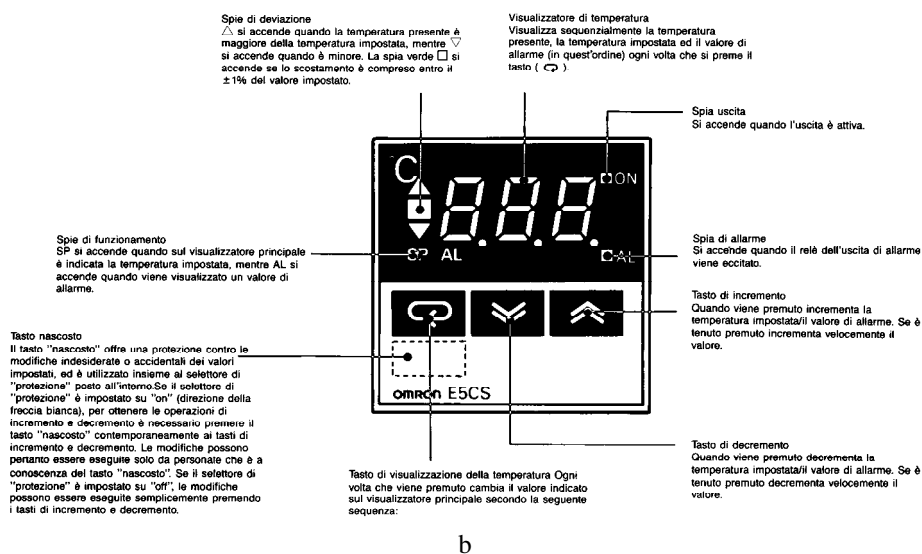
È possibile scegliere se lavorare con i gradi Celsius [°C] (gradi centigradi) oppure Fahrenheit [°F].

Oltre alle uscite citate, i termoregolatori possono disporre di un'uscita di allarme impostabile, a seconda dei modelli, in vari modi; per esempio, può servire per segnalare che la temperatura del forno, a causa di un guasto al riscaldatore, è scesa al di sotto di un determinato valore minimo. In particolare, alcuni modelli sono in grado di rilevare guasti o anomalie al riscaldatore.



Termoregolatore digitale tipo E5CS, con azione ON-OFF e PID selezionabile e programmabile, dimensioni normalizzate 48x48 mm, classe di precisione 0,5; scale di temperatura in gradi Celsius [°C] e Fahrenheit [°F] selezionabili, display LED di ampie dimensioni, funzioni di protezione e di autodiagnosi, funzioni di allarme selezionabili in 8 modi diversi, memoria per parametri di impostazione non volatile.

a



b

Fig. 6.291 - Termoregolatore digitale tipo E5CS e relativo pannello di comando (Omron).

Gran parte dei modelli disponibili in commercio è dotata di un microprocessore che ne controlla il funzionamento. Inoltre, sono dotati di un visualizzatore digitale che consente la lettura del valore impostato e del valore attuale; in alcuni casi, i due valori sono visualizzabili contemporaneamente.

I processi di riscaldamento o di raffreddamento sono controllati con un'azione di tipo ON-OFF oppure con una più sofisticata e precisa azione PID. Completano le caratteristiche dei termoregolatori alcune funzioni diagnostiche, quali la segnalazione della rottura o del cortocircuito del sensore, il selettore di protezione contro modifiche accidentali o indesiderate dei parametri di impostazione.

L'alimentazione di queste apparecchiature può avvenire, a seconda dei modelli, sia in corrente alternata (100÷240 oppure a 24 V) sia in corrente continua (24 V).

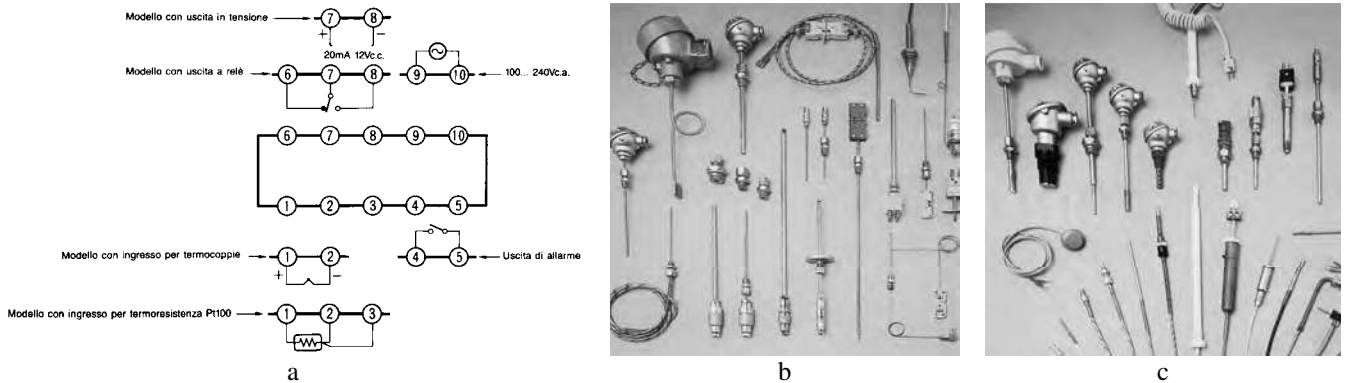


Fig. 6.292 - a) Schema di collegamento del termoregolatore digitale tipo E5CS: modello con ingresso per termocoppia, modello con ingresso per termoresistenza Pt100, uscita di allarme, uscita a relè, uscita in tensione, morsetti di alimentazione - b) Esempi di termocoppie - c) Esempi di termoresistenze.

Di seguito sono descritte le caratteristiche più significative dei sensori utilizzati con i termoregolatori.

Le termocoppie per la misura di temperatura sono costituite da una coppia di metalli diversi posti a contatto tra di loro. Tra questi metalli si stabilisce una differenza di potenziale, che risulta essere in funzione della temperatura in cui la termocoppia si trova.

Le termocoppie richiedono delle misurazioni molto accurate poiché la tensione fornita è soltanto di pochi millivolt per grado Celsius. Nonostante la necessità di un circuito di misura molto sensibile ed accurato, le termocoppie sono probabilmente i sensori di temperatura più usati, poiché sono caratterizzati da un'elevata precisione, sono economiche e possono essere facilmente accoppiate alla strumentazione di controllo.

Le termocoppie possono essere utilizzate in un intervallo di temperatura che si estende da circa -250 °C a +2000 °C. Utilizzando diverse combinazioni di metalli, è possibile coprire porzioni diverse di questo intervallo. In teoria, la temperatura superiore è limitata soltanto dal punto di fusione dei metalli, ma i problemi di fragilità e di ossidazione restringono, in pratica, l'uso a temperature molto inferiori a quelle dei punti di fusione.

Nell'industria è stato standardizzato un certo numero di termocoppie, con un ben definito campo di utilizzo, identificato tramite una lettera dell'alfabeto (v. fig. 6.293b).

Il punto in cui i metalli entrano in contatto è chiamato giunto caldo, mentre gli estremi lasciati liberi, identificati con le polarità + e -, sono chiamati giunto freddo o di riferimento.

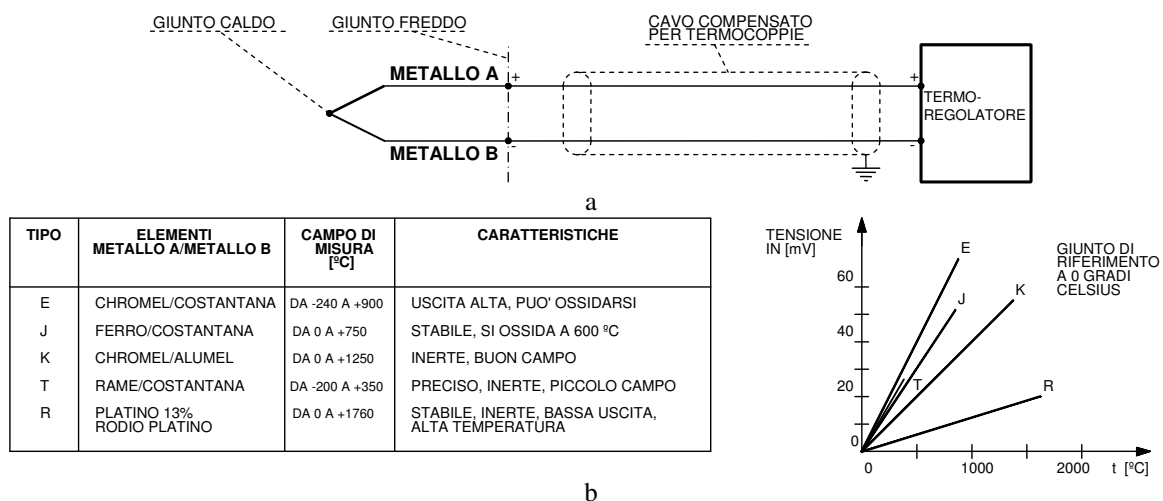


Fig. 6.293 - a) Principio di funzionamento di una termocoppia - b) Caratteristiche delle termocoppie più diffuse e relative tensioni di termocoppia.

Il collegamento tra la termocoppia e il termoregolatore o PLC è realizzato mediante l'uso di un apposito cavo compensato, mentre il circuito elettronico del termoregolatore deve linearizzare il segnale proveniente dalla termocoppia, in modo da renderlo proporzionale alla temperatura presente sul giunto caldo.

Le termoresistenze, altrimenti chiamate RTD (*Resistance Thermal Detector*), sono realizzate con metalli a coefficiente di temperatura α positivo (la resistenza aumenta all'aumentare della temperatura). L'elemento può essere di platino (Pt), di nichel, di tungsteno o di rame. Il platino è il materiale impiegato più frequentemente, perché offre un campo di temperatura più esteso, ha più stabilità ed è più resistente agli agenti chimici. Il rame, invece, è poco usato perché si ossida facilmente, ha un basso punto di fusione e un coefficiente di temperatura molto basso.

Le termoresistenze aumentano il loro valore all'aumentare della temperatura in modo praticamente lineare. Il tipo al platino, per esempio, varia il suo valore da 27,08 Ω a 432,2 Ω , con una variazione di temperatura da $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$; ha, inoltre, la resistenza a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pari a 100,00 Ω (Pt100).

Il valore della resistenza di linea e quello della resistenza della termoresistenza si sommano, ma soprattutto si sommano le variazioni della resistenza della linea dovute alle variazioni di temperatura. Per evitare questo fatto, sono disponibili delle termoresistenze dotate di conduttori di compensazione.

La linea di collegamento può essere costituita, quindi, non solo da due, ma anche da tre o quattro conduttori, generalmente in rame; ciò permette di eliminare dalla misura il valore della resistenza di linea, consentendo, così, di misurare solo il valore della termoresistenza.

È buona norma, in generale, realizzare i collegamenti utilizzando conduttori con basse resistenze e realizzare con cura il cablaggio.

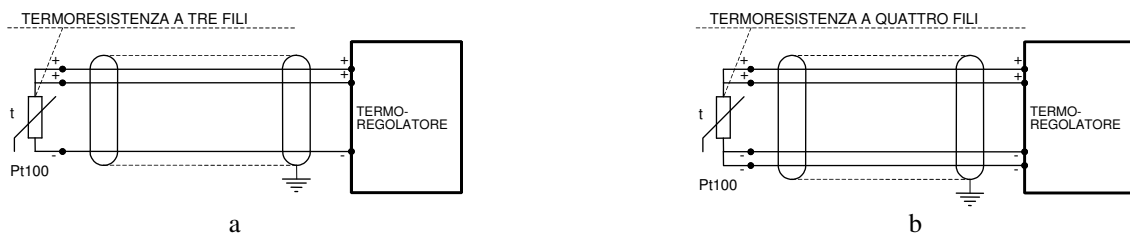


Fig. 6.294 - Collegamento di una termoresistenza ad un termoregolatore: a) A tre fili - b) A quattro fili.

Vale la pena fare ora alcune considerazioni sull'azione di regolazione tipo ON-OFF e PID.

Il primo modo che si vuole considerare riguarda la regolazione tipo ON-OFF, la quale consente di regolare la temperatura usando il controllo a ciclo limite, cioè inferiore-superiore.

Questo è il metodo normalmente usato negli impianti di riscaldamento per le abitazioni. L'operatore imposta la temperatura nominale desiderata, vale a dire il valore prefissato (set-point).

Il termoregolatore, impostato per funzionare in questo modo, decide se accendere o spegnere il bruciatore o gli elementi riscaldanti elettrici, a seconda che la temperatura sia inferiore (relè di uscita eccitato) o superiore (relè di uscita diseccitato) al valore prefissato (v. fig. 6.295).

Per evitare accensioni o spegnimenti del riscaldatore ogni pochi secondi, normalmente è usata una zona morta di $2\div 4\text{ }^{\circ}\text{C}$, che aumenta l'efficienza del sistema di controllo.

Occorre notare che, se la zona morta fosse al limite nulla, vi sarebbe comunque un ritardo tra l'ingresso del sensore e l'azionamento del riscaldatore e ciò darebbe luogo a un superamento o a un abbassamento rispetto alla temperatura desiderata.

In definitiva, usando l'azione ON-OFF, la temperatura oscillerà fra un limite inferiore e uno superiore (pendolazioni); questo tipo di regolazione è di tipo particolarmente semplice e ha un'elevata insensibilità a fluttuazioni dell'alimentazione degli elementi riscaldanti.

Qualora si voglia ottenere dal termoregolatore una maggiore precisione, è necessario fare ricorso all'azione PID, che è la combinazione dell'azione Proporzionale, Integrata, Derivata (v. fig. 6.295).

L'azione proporzionale consente di eliminare le pendolazioni caratteristiche della regolazione ON-OFF. Mediante questa azione, la temperatura del riscaldatore è controllata in modo proporzionale allo scostamento che la temperatura stessa ha rispetto al valore impostato.

L'azione integrale consente, invece, di eliminare o comunque di ridurre la deviazione (OFF-SET) dal valore impostato.

Infine, l'azione derivata ha lo scopo di correggere velocemente la temperatura nel caso si verificano degli scostamenti rispetto al valore impostato, a causa di disturbi esterni (per esempio, apertura dello sportello di un forno). In definitiva, l'azione PID è una combinazione delle azioni viste precedentemente e permette di effettuare una regolazione ottimale.

La risposta e la stabilità della regolazione dipendono dalle caratteristiche del sistema da controllare (per esempio, potenza disponibile, inerzia termica) e da quelle del termoregolatore.

Il controllo PID è normalmente utilizzato per ottenere una regolazione precisa della temperatura nei processi continui.

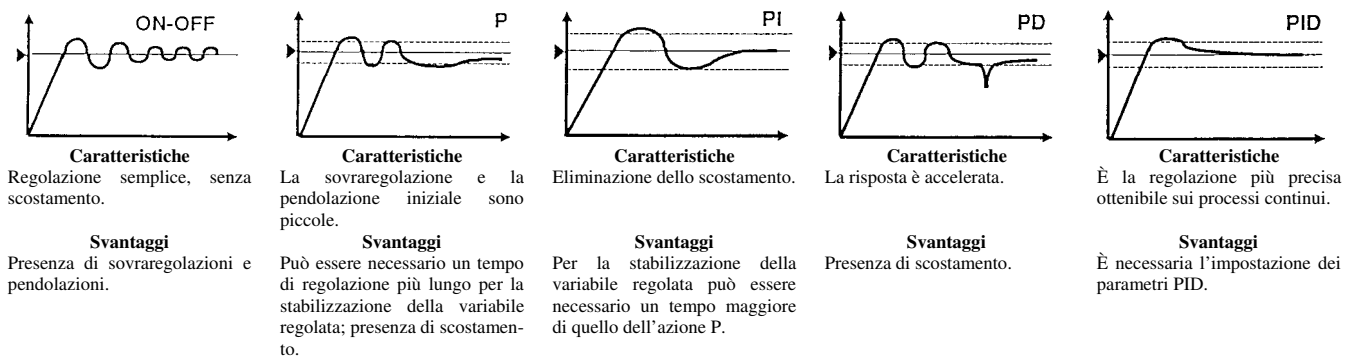


Fig. 6.295 - Sintesi delle caratteristiche e degli svantaggi dei sistemi di regolazione.

Per ottenere la regolazione voluta, è necessario impostare correttamente i parametri PID. La messa a punto di questi parametri, in particolare, dipende:

- dal termoregolatore (deve avere la possibilità di effettuare un'azione PID con i parametri impostabili liberamente nel più ampio campo possibile);
- dalle caratteristiche del sistema da controllare, delle quali occorre essere a conoscenza;
- dalle necessità e dalle preferenze dell'utente per quanto riguarda la risposta e la stabilità della regolazione.

Per quanto riguarda la risposta e la stabilità della regolazione, occorre considerare due aspetti:

- la risposta che il sistema di regolazione fornisce alle variazioni delle condizioni operative, come, per esempio, le variazioni dei valori impostati oppure le variazioni della tensione di alimentazione degli elementi riscaldanti (e quindi della potenza elettrica fornita al riscaldatore);
- la risposta iniziale.

Gli utenti non interessati alla sovratemperatura iniziale desiderano raggiungere, nel minore tempo possibile, la temperatura di regime. Altri utenti, che invece non desiderano sovratemperature che potrebbero danneggiare il materiale da riscaldare, scelgono una risposta iniziale più lenta.

Poiché i valori delle variabili PID sono diversi per ogni sistema, è utile disporre di qualche riferimento per un'impostazione iniziale dei valori PID. L'impostazione di tali valori richiede di provare semplicemente combinazioni regolatore/sistema da controllare. Esistono diversi metodi che consentono di determinare i valori PID da impostare.

In particolare, però, se l'utilizzatore desidera una taratura più fine per ottenere la risposta richiesta, si può procedere provando valori leggermente diversi su base empirica. In generale, diminuendo i valori di P e I, si ottiene una risposta più veloce e con scostamento minore, ma valori di P e I troppo piccoli possono dare luogo ad instabilità. I termoregolatori più recenti e sofisticati dispongono di funzioni di autocalcolo dei valori PID.

6.27 Encoder rotativi assoluti e incrementali

Nel campo dell'automazione industriale, si va sempre più diffondendo l'uso di un trasduttore di posizione economico, preciso, robusto ed affidabile: l'encoder. Derivato dall'inglese "encoding", il termine indica la trasformazione del movimento meccanico di rotazione di un albero in un segnale elettrico, analogico o digitale.

L'encoder è un dispositivo elettromeccanico azionato da un albero rotante, che fornisce in uscita impulsi di tensione ad onda quadra, corrispondenti alla posizione angolare dell'albero stesso. Al suo interno, è presente un disco, diviso alternativamente in segmenti opachi e trasparenti. Su un lato del disco è situata una sorgente luminosa (diodi LED), sull'altra sono presenti dei componenti fotosensibili (fototransistor): quando il disco ruota, il cambio di luminosità su questi componenti produce gli impulsi di tensione.

Gli encoder possono essere di due tipi:

- **incrementali**, quando i segnali d'uscita sono proporzionali in modo incrementale allo spostamento effettuato; sono usati sia come trasduttori di velocità sia come trasduttori di posizione;
- **assoluti**, quando ad ogni posizione dell'albero corrisponde un valore ben definito; sono usati principalmente come trasduttori di posizione e, in misura minore, come trasduttore di velocità.

Gli encoder incrementali forniscono un'uscita A con un segnale che dà un'informazione sufficiente per la gestione di rotazioni monodirezionali (trasduttore di velocità).

Utilizzando due gruppi di elementi fotosensibili, sfasati tra di loro di 90°, oltre all'uscita A, si genera anche un'uscita B, che permette, quindi, la determinazione del senso di rotazione, effettuando un controllo dei fronti di

salita degli impulsi in uscita, mediante opportuni moduli di conteggio veloci, aventi due ingressi, uno per ogni uscita.

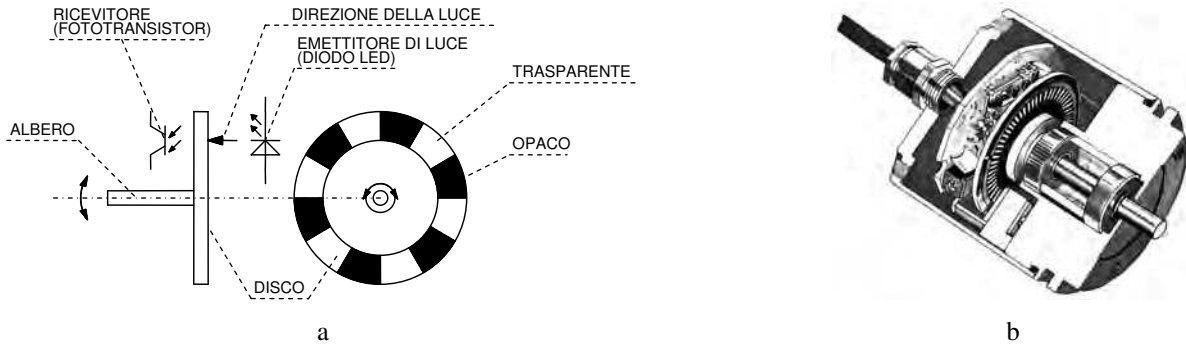


Fig. 6.296 - a) Principio di funzionamento di un encoder rotativo incrementale con 6 segmenti trasparenti (6 impulsi per ogni giro) - b) Vista interna di un encoder incrementale. Si noti il disco con le tacche e il circuito stampato con l'elettronica di controllo e di elaborazione dei segnali luminosi (Elcis).

Si può avere, inoltre, un segnale zero di riferimento all'uscita Z, utilizzato per determinare la posizione effettiva (assoluta) dell'albero dell'encoder, per azzerare il contatore che conta gli impulsi generati dall'encoder durante la sua rotazione, oppure per determinare la posizione di riposo.

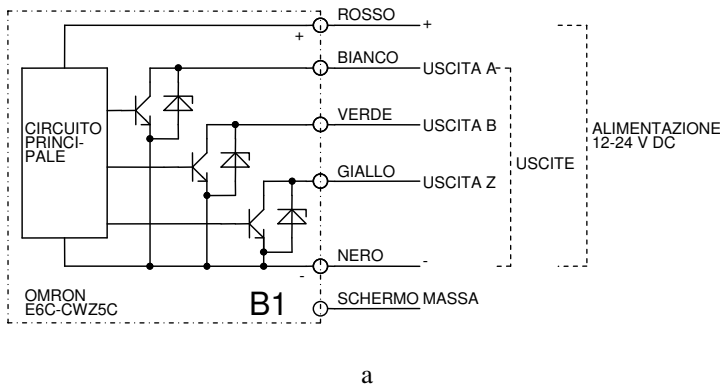


Fig. 6.297 - Encoder incrementale rotativo tipo Omron E6C-CWZ5C: a) Schema elettrico - b) Encoder incrementale da 720 impulsi/giro.

Gli encoder incrementali, a differenza di quelli assoluti, non mantengono memorizzata la posizione in mancanza d'alimentazione. È perciò necessario utilizzare, per la loro lettura, apparecchiature di conteggio veloce, dotate di memoria tamponata: è il caso, per esempio, dei contatori disponibili sui controllori logici programmabili che, generalmente, mantengono memorizzato il valore raggiunto anche al mancare dell'alimentazione da parte della rete.

Mentre sull'encoder incrementale ad ogni tacca corrisponde un incremento, gli encoder assoluti sono caratterizzati da un disco codificato con più piste, le quali, lette simultaneamente, restituiscono univocamente un'uscita in codice (binario, BCD, Gray, ecc.).

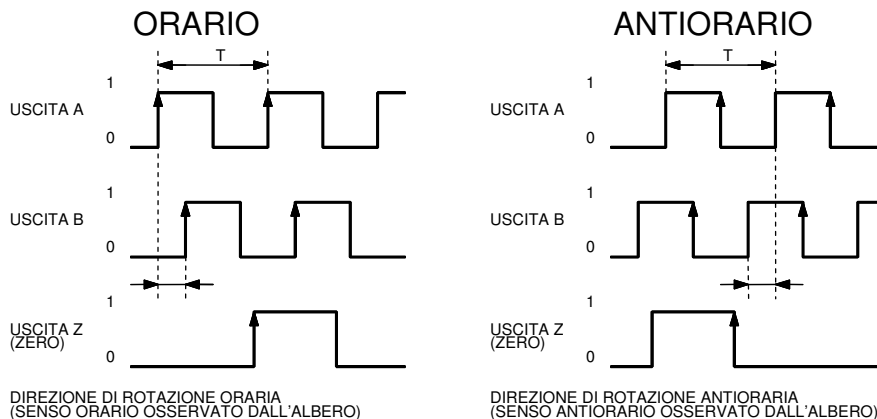


Fig. 6.298 - Forma d'onda in uscita in un encoder incrementale.

Di conseguenza, per ogni posizione angolare dell'albero, la lettura in un codice, tipico del dispositivo, è unica e inconfondibile. All'accensione del sistema di controllo, si ha una conoscenza completa della posizione dell'albero dell'encoder, aspetto che evita di dover fare riferimento a contatori digitali o ad operazioni di azzeramento.

Questo tipo di encoder trova perciò impiego in applicazioni dove la certezza assoluta dell'informazione rappresenta un fattore critico. Gli encoder ottici assoluti sono disponibili nel tipo monogiro oppure multigiro. Il tipo monogiro sviluppa una rotazione (da 0° a 360°) entro un determinato numero di passi di misura (risoluzione di 256, 360 impulsi a giro), generando dei valori codificati. I valori di misura si ripetono dopo ogni rotazione.

Il tipo multigiro, invece, non rileva soltanto le posizioni dell'angolo all'interno di una rotazione, bensì distingue anche rotazioni diverse. In quest'ultimo tipo, sono presenti delle divisioni circolari codificate aggiuntive, collegate meccanicamente all'albero del trasduttore per mezzo di riduttori meccanici a ingranaggi.

Gli encoder assoluti risultano generalmente più costosi di quelli incrementali.

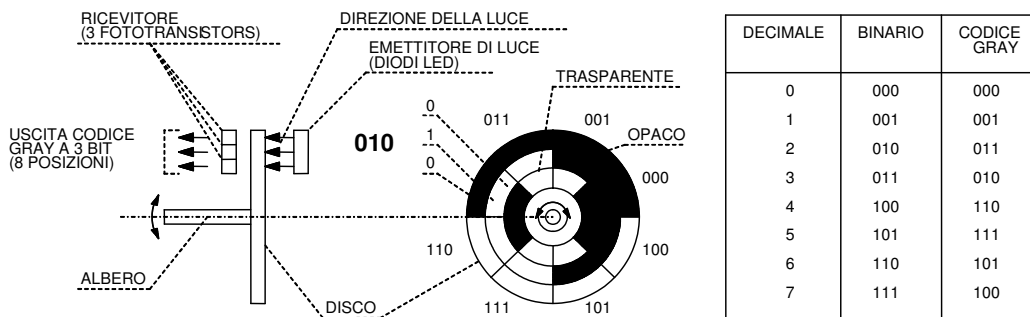


Fig. 6.299 - Principio di funzionamento di un encoder rotativo assoluto a 3 bit codice Gray con risoluzione a 8 posizioni per giro.

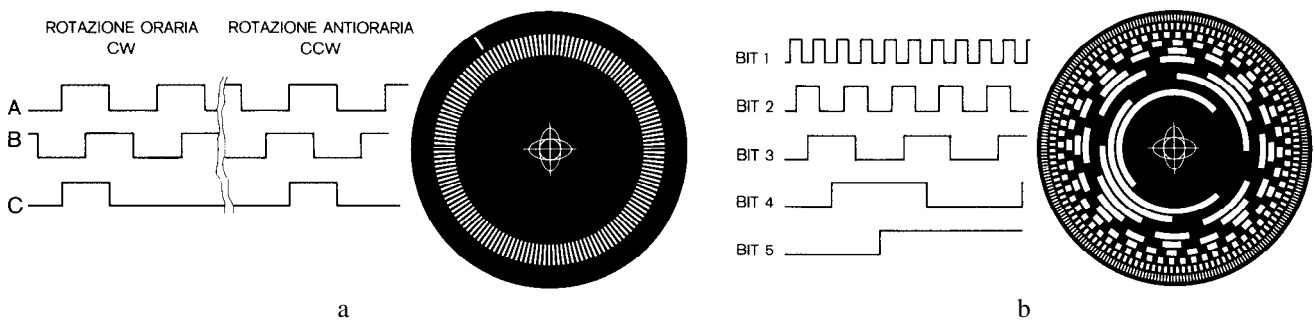


Fig. 6.300 - a) Disco di un encoder incrementale e relative forme d'onda delle uscite A, B C (uscita Z). La singola tacca ha lo scopo di indicare la posizione di zero dell'albero dell'encoder - b) Disco di un encoder assoluto con una risoluzione di 10 bit (1024 posizioni per giro) e forma d'onda relative ai primi 5 bit (Elcis).

Rivestono una particolare importanza nella scelta del tipo di encoder da utilizzare il **diametro esterno**, la **risoluzione** e la **velocità massima di rotazione dell'albero**.

Dal diametro esterno dipende il numero di divisioni (opache e trasparenti) realizzabili in pratica sul disco.

La risoluzione esprime il numero di impulsi che il dispositivo è in grado di fornire per ogni giro, cioè, per esempio, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 360, 400, 500, 600, 720, 800, 1000, 1024 impulsi per giro (360°).

La massima velocità di rotazione dell'albero deve soddisfare i limiti meccanici (1000÷6000 giri/min), non deve superare la frequenza massima di risposta (20÷100 kHz) e deve essere compatibile con le caratteristiche dell'elettronica interna al dispositivo e con le caratteristiche di ingresso del contatore veloce dell'apparecchiatura di lettura degli impulsi.

L'apparecchiatura che riceve gli impulsi deve essere dotata di un modulo di ingresso digitale di conteggio veloce o, più semplicemente, di un ingresso adeguato. Tramite questo ingresso è possibile acquisire e contare treni di impulsi ad alta frequenza (fino a diverse decine di kHz), provenienti dagli encoder o da un altro generatore di impulsi. Nella scelta dell'encoder occorre considerare, inoltre, le seguenti caratteristiche:

- la coppia di avviamento riferita ad una certa temperatura di funzionamento (per esempio, 25 °C);
- la resistenza agli urti e alle vibrazioni;
- la temperatura di funzionamento (per esempio, da -10 a 55 °C) e la temperatura di magazzino;
- il massimo carico meccanico sull'albero, distinguendo se è assiale (a seconda dei modelli da 0,5 a 3 kg) oppure radiale (a seconda dei modelli da 1 a 10 kg);
- il peso del dispositivo.

La precisione dell'encoder è legata essenzialmente agli errori direzionali della divisione, all'eccentricità di rotazione dei cuscinetti e agli errori di interpolazione nella fase di elaborazione del segnale di misura.

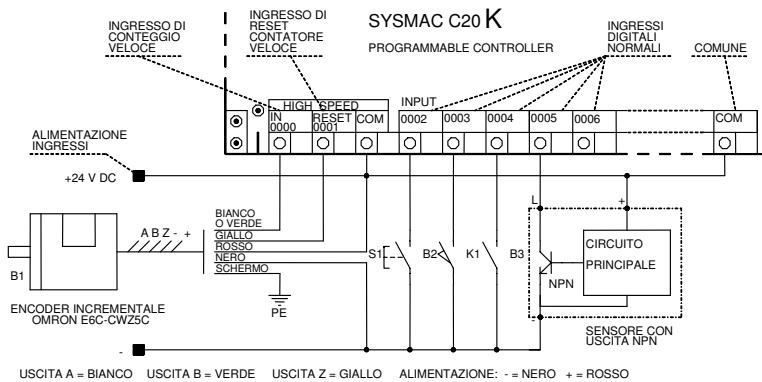
Il grado di protezione deve essere conforme alle norme per proteggere l'encoder da polvere e spruzzi di acqua. Generalmente, è caratterizzato da gradi di protezione IP54, IP64 e IP65, che devono coinvolgere, in particolare, il sistema di chiusura della carcassa, il cavo (e relativo passacavo) e l'entrata dell'albero.

Come sorgente sono utilizzati, generalmente, dei diodi LED e, solo raramente, lampade ad incandescenza. I dispositivi più utilizzati come ricevitore sono i fototransistor, anche se si impiegano fotodiodi o fotoresistenze.

La tensione di alimentazione e il tipo di circuito di uscita rappresentano un'altra importante caratteristica da considerare: si hanno a disposizione gamme differenziate di tensioni di alimentazione (per esempio, 5 V DC $\pm 5\%$ oppure 8÷24 V DC). Inoltre, il tipo di circuito elettronico in uscita può essere compatibile con circuiti elettronici digitali (TTL e CMOS) ed è detto, quindi, *in tensione*, oppure può avere una tensione diversa da 5 V DC ed essere definito *a collettore aperto*, con una configurazione che è riportata nei cataloghi.

L'assorbimento di corrente può variare da 20 mA a 100 mA a seconda delle versioni.

Il collegamento elettrico può essere effettuato mediante un cavo uscente dalla carcassa, oppure tramite un connettore, posizionato sulla carcassa. Nella prima soluzione, la funzione svolta dai singoli cavi è identificata dal colore della guaina isolante; nel secondo caso, il connettore presenta una piedinatura standard reimpostata, che lega ogni singolo piedino (pin) con uno specifico segnale. Ormai anche i piccoli controllori sono dotati di almeno un ingresso di conteggio veloce, come i controllori Omron C20K, che hanno un ingresso di serie con una frequenza massima di conteggio di 2 kHz. In alcuni tipi di PLC, la frequenza di conteggio può arrivare fino a 500 kHz.



Esempio di scelta di un contatore veloce.

Per esempio, se il motore ruota ad una velocità di 100 giri/min corrispondente a 1,66 giri/s, scegliendo un encoder incrementale da 360 impulsi per giri, esso genererà $360 \cdot 1,66 = 597$ impulsi/s ovvero avrà una frequenza di 597 Hz.

In questo esempio, un contatore veloce in grado di leggere fino a 1 kHz sarà più che sufficiente.

Se il motore scelto ha, invece, una velocità di 1000 giri/min., procedendo come mostrato precedentemente, sarà necessario un contatore veloce in grado di lavorare ad una frequenza di almeno 6 kHz.

A velocità elevate occorre verificare anche la velocità massima che la meccanica dell'encoder è in grado di sopportare, senza subire danni o usure precoci.

Fig. 6.301 - Collegamento tra un encoder incrementale e un ingresso di conteggio veloce in un PLC Omron C20K.

I PLC dotati di tali ingressi possono essere usati per realizzare macchine automatiche (per esempio, macchine tessili e per l'imballaggio), con la possibilità di controllare la posizione delle parti in movimento.

L'esempio seguente mostra un sistema per la determinazione della lunghezza di pezzi messi in movimento da un nastro trasportatore. È utilizzata una fotocellula che fornisce il consenso al conteggio, da parte del PLC di controllo, degli impulsi generati dall'encoder incrementale, conteggio che è in relazione allo spostamento del nastro. Quando il pezzo è transitato, la fotocellula dà un segnale di fine conteggio; se il valore raggiunto e, quindi, la lunghezza del pezzo non coincidono con i valori prefissati, il pezzo è rimosso mediante un cilindro e dirottato su di un altro nastro.

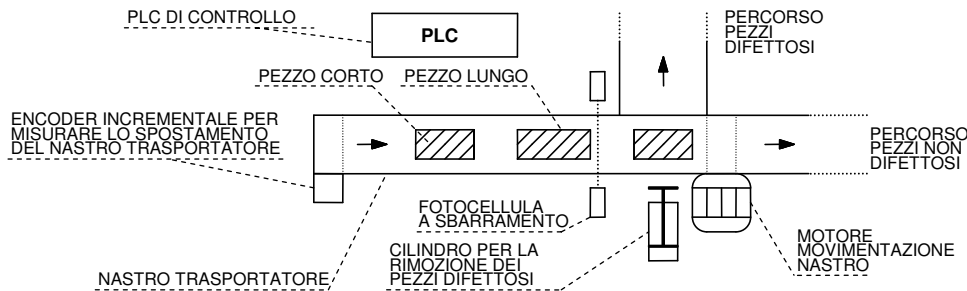


Fig. 6.302 - Esempio di utilizzo di un encoder incrementale per la scelta di pezzi difettosi.

Un altro esempio di utilizzo dell'encoder incrementale può essere quello di una cesoia per tagliare una lamiera in pezzi di una misura predeterminata. In questo caso, è necessario contare gli impulsi provenienti dall'encoder e,

quindi, fermare i motori M1 e M3, che muovono la lamiera, al raggiungimento del valore di conteggio prefissato, valore che permette di stabilire di quanto la lamiera si è spostata.

A questo punto, si blocca la lamiera con il premilamiera, azionato dai cilindri 1A e 2A, e con la cesoia si opera il taglio (motore M2); in questa fase, si può operare il reset del contatore.

Dopo aver sbloccato la lamiera, il ciclo può proseguire riattivando i motori M1 e M3 sino a quando l'encoder fornirà un numero di impulsi corrispondenti alla lunghezza del pezzo successivo di lamiera da tagliare.

Infine, l'encoder incrementale può essere usato per determinare il peso di un pezzo mediante l'uso di una piattaforma, capace di spostarsi verticalmente e dotata di un settore dentato in grado di muovere un ingranaggio (ruota dentata) che, a sua volta, mette in rotazione l'albero dell'encoder.

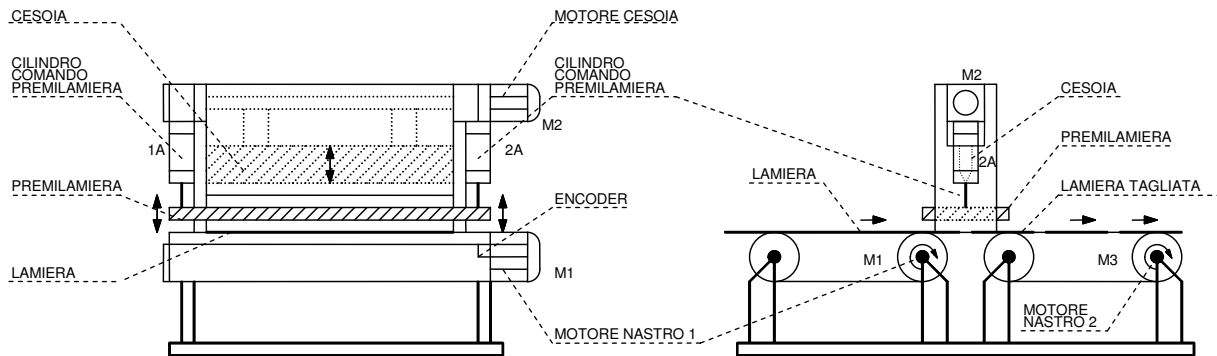


Fig. 6.303 - Esempio di utilizzo di un encoder incrementale in una cesoia.

Il peso del pezzo abbassa la piattaforma portandola dalla posizione di riposo, segnalata dal sensore di prossimità, sino ad una posizione che dipende dal peso del pezzo e dalla reazione elastica delle due molle.

Maggiore è il peso del pezzo, maggiore è lo spostamento verso il basso della piattaforma dotata di un'asta dentata (o cremagliera), così come maggiori sono la rotazione dell'encoder, dotato di un piccolo pignone, e il numero degli impulsi che l'encoder invia al contatore veloce, presente nell'unità di controllo. In definitiva, conoscendo il valore raggiunto dal contatore, è possibile risalire al peso del pezzo.

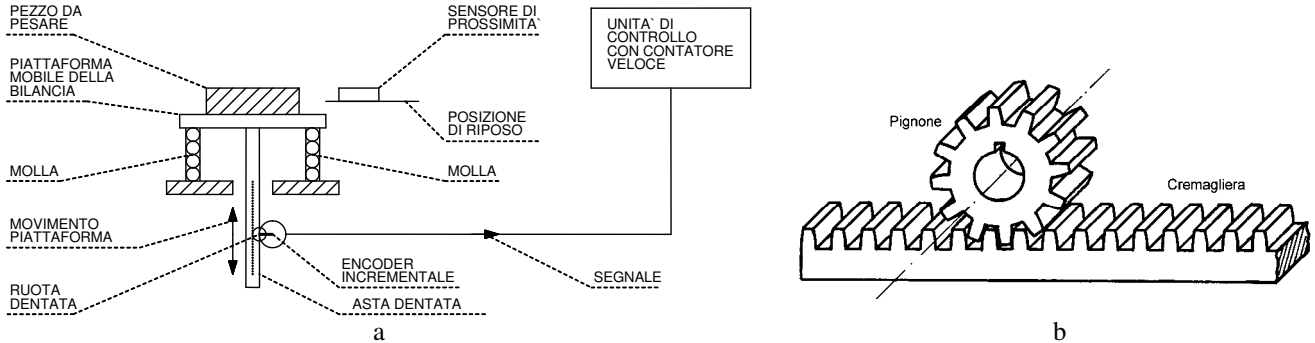
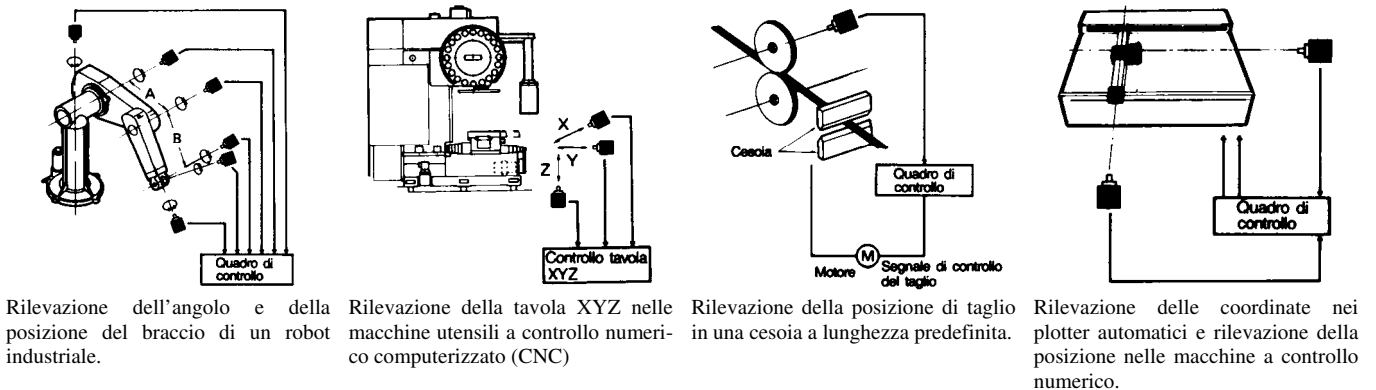


Fig. 6.304 - a) Esempio di utilizzo di un encoder incrementale per il controllo del peso di un pezzo - b) L'impiego di un accoppiamento pignone-cremagliera consente di misurare gli spostamenti rettilinei utilizzando un encoder rotativo, meccanicamente solidale al pignone.



Rilevazione dell'angolo e della posizione del braccio di un robot industriale.

Rilevazione della tavola XYZ nelle macchine utensili a controllo numerico computerizzato (CNC)

Rilevazione della posizione di taglio in una cesoia a lunghezza predefinita.

Rilevazione delle coordinate nei plotter automatici e rilevazione della posizione nelle macchine a controllo numerico.

Fig. 6.305 - Esempi di applicazione di encoder incrementali (Omron).

L'encoder assoluto trova applicazione in abbinamento con apparecchiature di controllo per sostituire le camme meccaniche e gli interruttori di prossimità, ossia in quelle macchine dove le funzioni di controllo devono essere eseguite in relazione alla posizione dell'albero della macchina.

L'utilizzo di queste apparecchiature consente operazioni più precise, maggiore flessibilità di utilizzo e capacità di controllo superiori. Inoltre, l'affidabilità risulta elevata, in quanto sono praticamente assenti le parti in movimento. Le camme elettroniche permettono di migliorare in modo considerevole la flessibilità della macchina, abbreviando i tempi per la messa a punto degli impianti automatici.

Gli elementi principali del sistema sono l'encoder assoluto e il controllore.

L'encoder assoluto è calettato all'albero della macchina e, collegato al controllore mediante un cavo schermato, trasmette i segnali relativi al senso di marcia e alla posizione assoluta dell'albero della macchina, riferita ad una posizione di zero (per altro modificabile senza interventi meccanici).

Il controllore legge in continuazione la posizione dell'albero: quando l'albero della macchina raggiunge una posizione programmata di comando, attiva o disattiva gli attuatori (elettrovalvole, contattori, elettromagneti, ecc.).

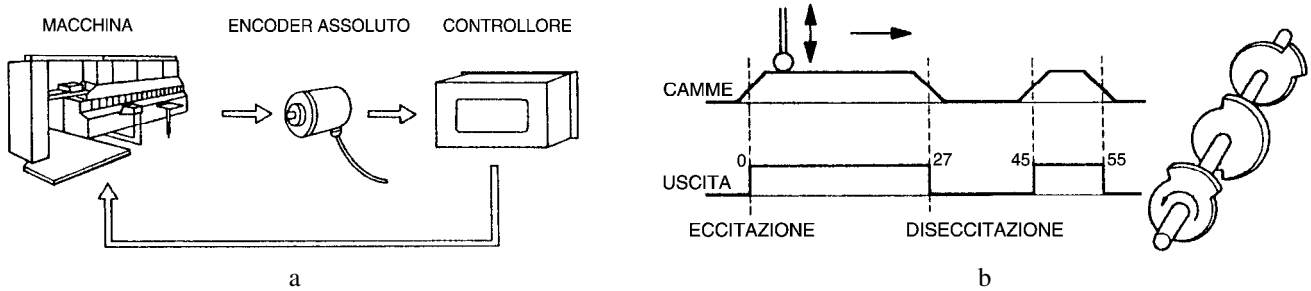


Fig. 6.306 - a) Esempio di utilizzo di un encoder assoluto per la realizzazione di camme elettroniche - b) Principio di funzionamento delle camme meccaniche. Nell'esempio, l'uscita è attivata tra 0° e 27°, disattivata tra 27° e 45° e di nuovo attivata tra 45° e 55° (Lovato).

Per comprendere il funzionamento delle camme elettroniche, è opportuno fare riferimento alle camme meccaniche. Le camme meccaniche sono costituite da ruote calettate su un albero, aventi settori di circonferenza di raggio diverso. L'albero della camma si trova, a sua volta, calettato alla macchina. Durante la rotazione dell'albero, i rilievi presenti sulle ruote muovono dei contatti, i quali attivano e disattivano gli attuatori.

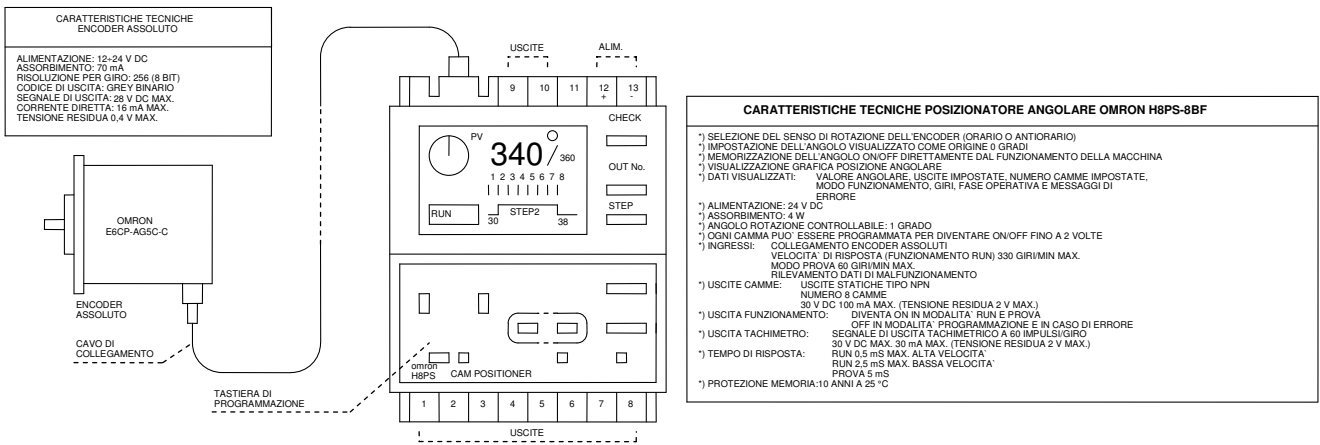


Fig. 6.307 - Esempio di posizionatore angolare elettronico (camma elettronica) per il controllo di otto camme, facente uso di un encoder assoluto. L'apparecchio è in grado di sostituire i posizionatori a camma meccanica. La programmazione avviene mediante i tasti presenti sulla tastiera di programmazione. L'unità di controllo presenta, inoltre, un comodo visualizzatore a cristalli liquidi (LCD), utilizzabile sia nella fase di programmazione sia durante il normale funzionamento (Omron).

Nel caso delle camme elettroniche, ogni ruota corrisponde ad un'uscita e il numero delle camme corrisponde ad un uguale numero di uscite. Inoltre, al posto delle ruote, con le camme elettroniche si ha un trasduttore di posizione angolare, cioè l'encoder assoluto. Nella programmazione dell'unità di controllo, si deve stabilire in quale posizione dell'albero si deve effettuare l'attivazione o la disattivazione delle uscite.

I sistemi di programmazione possono essere diversi, in particolare:

- si scrive un nuovo programma, impostando per ogni uscita la posizione di attivazione o disattivazione degli attuatori;

- si scrive il programma in modalità “teach-in” (autoapprendimento), muovendo la macchina nella posizione in cui deve effettuare i comandi e, quindi, definendo quali uscite attivare e disattivare;
- si può prendere un programma esistente e, con poche modifiche, utilizzarlo per una nuova applicazione.

Per quanto riguarda l’installazione, dal punto di vista meccanico, occorre assicurarsi che il collegamento tra i trasduttori rotativi e l’albero di azionamento o la vite conduttrice sia sempre effettuato con un giunto.

Il giunto compensa gli spostamenti assiali e gli allineamenti difettosi tra l’albero del sistema di misura angolare e l’albero motore, impedendo che i cuscinetti del sistema siano sovraccaricati.

Esistono speciali encoder che possono essere montati direttamente sugli alberi dei motori. Il cuore del sistema (v. fig. 6.308b) è costituito dall’insieme “giunto-mozzo” (1), che assolve contemporaneamente la funzione di rotore porta-disco e giunto di accoppiamento diretto con l’albero rotante (2) del motore. La sua elasticità consente di compensare sia eventuali disassamenti radiali secondo la freccia “A”, sia escursioni assiali secondo la freccia “B” dell’albero rotante stesso. Il corpo dell’encoder (3), potendo ruotare sulla flangia (4), permette di ottenere una perfetta fasatura dello zero elettrico con quello meccanico.

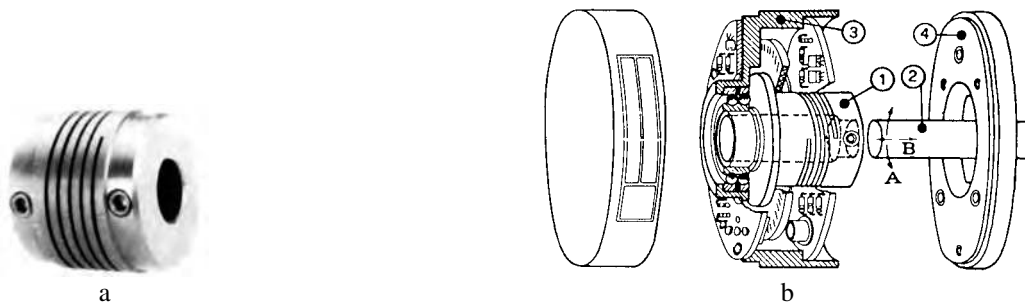


Fig. 6.308 - a) Esempio di giunto ad elica per encoder rotativo costituito da un unico blocco in lega di alluminio su cui è ricavata una scanalatura elicoidale. È caratterizzato da un basso momento di inerzia, grazie alla sua compattezza, e da una velocità angolare costante, anche nei casi in cui lavori con un certo disassamento - b) Speciale encoder per montaggio diretto sugli alberi dei motori (Elcis).

Unitamente alle sue importanti prestazioni, l’encoder si presenta come un dispositivo delicato; la sua durata e la qualità dei suoi segnali dipendono moltissimo da come è stato installato.

Innanzitutto, essendo l’encoder costruito con componenti di precisione, l’albero e il corpo non devono ricevere dei colpi, e l’encoder non deve cadere né ricevere tensioni e deformazioni. È fondamentale che la parte ruotante non sia sottoposta a carichi radiali e assiali superiori a quelli massimi, indicati sulle specifiche tecniche.

Il cavo di uscita dell’encoder non deve ricevere deformazioni e piegature eccessive.

È bene non installarlo in luoghi nei quali vi siano vapore, polveri, gas corrosivi o caduta di acqua o di olio.

Prima di effettuare l’alimentazione elettrica, è opportuno controllare che i collegamenti siano corretti secondo quanto indicato dal costruttore, per evitare danni irreparabili al circuito elettronico interno.

Se nelle vicinanze del cavo di collegamento sono presenti cavi ad alta tensione o cavi di alimentazione, è possibile che i segnali in uscita dall’encoder siano disturbati, causando problemi di funzionamento alla macchina o all’impianto. Per ovviare ai disturbi elettrici, i collegamenti devono essere il più possibile brevi; in ogni caso, è bene utilizzare per i collegamenti un cavo dotato di una calza di schermatura.

Per l’alimentazione bisogna utilizzare sempre un alimentatore dotato, che garantisca l’isolamento galvanico rispetto alla linea di alimentazione di rete, e le necessarie protezioni contro le sovracorrenti (fusibili).

6.28 Elettrovalvole, cilindri pneumatici, elettromagneti

Non sempre il comando mediante motori elettrici risulta il più adatto a risolvere tutte le esigenze dell’automazione, in particolare per quanto riguarda la semplicità e l’economicità d’uso.

Per risolvere questi problemi, si può ricorrere ad azionamenti di tipo pneumatico.

L’aria compressa è prodotta mediante l’uso di un compressore, azionato generalmente da un motore elettrico a-sincrono trifase o monofase. L’automatismo di controllo prevede l’uso di un pressostato in grado di comandare il compressore, in modo da mantenere una certa quantità di aria compressa in un serbatoio ad una data pressione.

L’energia immagazzinata nell’aria è poi trasformata in energia cinetica mediante gli attuatori pneumatici (v. fig. 6.309b) che, a loro volta, sono azionati da valvole distributrici (v. fig. 6.309a).

L’aria compressa presenta alcuni vantaggi fra cui:

- la semplicità d’uso;
- la possibilità, durante il suo utilizzo, di scaricare, nell’ambiente esterno, una certa quantità di aria;

- l'impianto ha rendimenti accettabili, anche in caso di piccole perdite nelle tubazioni;
- l'automatismo risulta pulito e, quindi, adatto per l'uso in alcuni tipi di impianti (per esempio, alimentati);
- l'insensibilità, entro certi limiti, alle variazioni di temperatura.

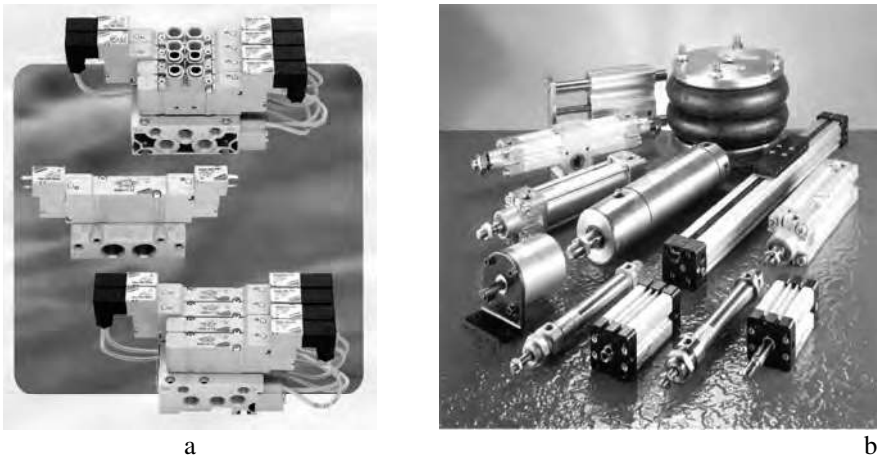


Fig. 6.309 - a) Elettrovalvole - b) Attuatori pneumatici (tavole e cilindri pneumatici e cilindri rotativi).

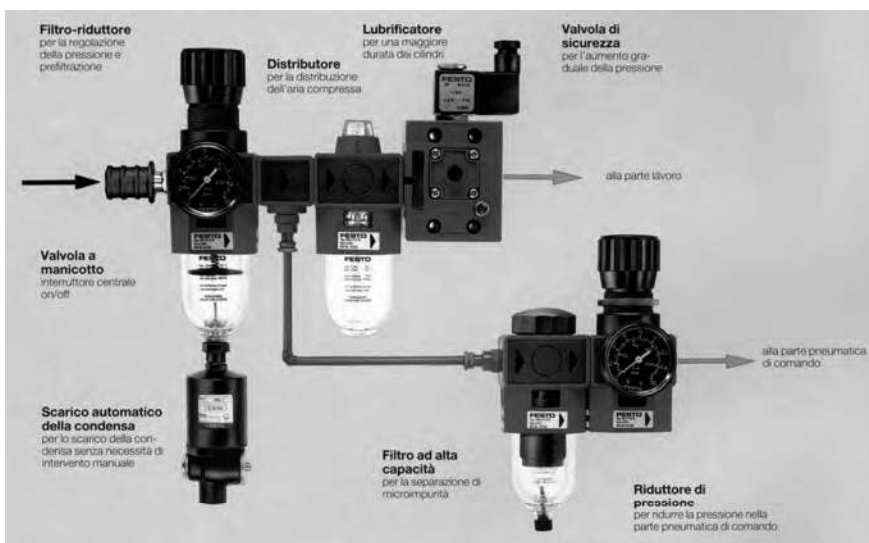
Gli attuatori pneumatici possono essere realizzati in vari modi, al fine di assolvere svariati compiti nel campo dell'automazione. Nella foto è possibile osservare:

- cilindri con movimento rettilineo,
- cilindri con pistone magnetizzato,
- minicilindri,
- cilindro con dispositivo antirotazione,
- cilindri a corsa breve,
- cilindro senza stelo,
- attuatore elastico,
- cilindro rotativo,
- motori rotativi.

L'uso dell'aria compressa è particolarmente utile qualora si vogliano spostare dei pezzi da lavorare oppure per lo spostamento di parti di macchine per la lavorazione, il bloccaggio e l'espulsione.

Per evitare i danni provocati dalle impurità e dalla condensa, e per ridurre gli attriti delle parti che compongono un impianto pneumatico, si interpone normalmente un gruppo FRL (Filtro, Riduttore di pressione, Lubrificatore).

Il filtro provvede ad impedire che le impurità e la condensa arrivino all'impianto pneumatico, mentre il riduttore regola la pressione che, in genere, è misurata mediante un manometro (normalmente, la pressione di lavoro è di circa 6 bar, mentre la pressione massima è di circa 10 bar) e, infine, il lubrificatore provvede a nebulizzare l'olio per la lubrificazione dei componenti dell'impianto.



Si noti la linea con l'aria lubrificata, che porta alla parte lavoro, e la linea con aria non lubrificata, che porta alla parte di comando.

Fig. 6.310 - Esempio di un gruppo per il trattamento dell'aria FRL (Festo).

La comprimibilità dell'aria impedisce tuttavia l'utilizzo di questi impianti come comando di forza, per il quale è necessario utilizzare come fluido l'olio, che risulta incompressibile; infatti, i comandi oleodinamici consentono di realizzare automatismi con variazioni graduali dell'avanzamento, ottenendo velocità e posizioni adatte per ogni tipo di lavorazione. Come si è detto precedentemente, l'aria compressa è convogliata nei cilindri per mezzo di valvole, che sono caratterizzate dalle bocche di utilizzo (4 e 2), collegate mediante tubi al cilindro, dalla bocca di alimentazione (1) e dalle bocche di scarico (5 e 3).

Le valvole possono essere azionate meccanicamente mediante automatismi che sono molto simili agli interruttori di posizione meccanici (per esempio, finecorsa), oppure manualmente mediante, per esempio, un pulsante, un selettore, una leva o un pedale, oppure con un comando pneumatico o elettrico. Il comando elettrico è di particolare importanza per gli impianti automatici, che utilizzano apparecchiature di comando elettriche/elettroniche (per esempio, PLC). Le elettrovalvole, infatti, sono degli organi di interfacciamento fra i circuiti di comando elettrico/elettronico e i dispositivi pneumatici della macchina (per esempio, cilindri).

Le elettrovalvole sono azionate mediante una o due bobine: In particolare, le valvole monostabili hanno una sola bobina di comando, mentre le valvole bistabili hanno due bobine di comando. Le bobine di comando possono essere, a seconda dei tipi, alimentate sia in corrente alternata sia in corrente continua. In ogni caso, esse devono funzionare con un valore di tensione compreso fra 85% e 110% del valore nominale, che ha, normalmente, i seguenti valori: 24, 48, 115, 230 V AC oppure 24 V DC.

Il collegamento elettrico può avvenire in vari modi, mediante morsetti a vite, terminali a faston, oppure mediante spinotti multipolari. In genere, il grado di protezione arriva, adottando le prescrizioni dei costruttori, a IP55.

Di particolare utilità può essere un diodo LED, posto nel connettore, inserito per segnalare quando è presente la tensione di alimentazione.

Segno grafico	Bocche	Posizioni	Solenoidi	Note
	2	2	1	Elettrovalvola 2/2 monostabile ad azionamento diretto (NO).
	2	2	1	Elettrovalvola 2/2 monostabile ad azionamento indiretto (NO).
	3	2	1	Elettrovalvola 3/2 monostabile ad azionamento indiretto (NO).
	3	2	1	Elettrovalvola 3/2 bistabile ad azionamento indiretto (NC).
	3	2	2	Elettrovalvola 3/2 bistabile ad azionamento indiretto (NO).
	5	2	1	Elettrovalvola 5/2 monostabile ad azionamento indiretto.
	5	2	2	Elettrovalvola 5/2 bistabile ad azionamento indiretto.
	5	3	2	Elettrovalvola 5/3 monostabile, posizione centrale chiusa ad azionamento diretto.

Fig. 6.311 - Esempi di simboli per elettrovalvole secondo le norme UNI ISO 1219/1.

Le elettrovalvole possono, in alcuni modelli, essere azionate, oltre che elettricamente, anche manualmente, mediante un apposito pulsantino esterno, oppure pneumaticamente. L'azionamento manuale o pneumatico può risultare particolarmente utile in fase di collaudo, di manutenzione dell'impianto e, infine, per motivi di sicurezza, quando si effettua un arresto di emergenza.

Per facilitare la manutenzione o la riparazione in caso di guasto, la bobina dell'elettrovalvola risulta generalmente indipendente dalla struttura dell'elettrovalvola.

L'azionamento dell'elettrovalvola può avvenire in due modi:

- **diretto** quando è il solenoide che comanda direttamente lo stelo della valvola;
- **indiretto** quando il solenoide apre una piccola valvola che, a sua volta, permette all'aria compressa di spostare lo stelo dell'elettrovalvola.

Le elettrovalvole ad azionamento diretto sono caratterizzate da una grande rapidità di intervento, mentre i modelli ad azionamento indiretto necessitano per il loro azionamento di una potenza elettrica pari a circa 6 VA in corrente alternata e circa 5 W in corrente continua, inferiore rispetto ai circa 20 VA per i modelli ad azionamento diretto. In commercio è possibile trovare elettrovalvole a 2, 3, 4 o 5 vie (bocche).

In particolare, i modelli a 2 e 3 vie hanno due posizioni, mentre i modelli a 4 o 5 vie possono avere anche 3 e 4 posizioni. L'azionamento può comunque essere ottenuto mediante uno o due solenoidi.

Si vuole ora richiamare l'attenzione sui simboli delle elettrovalvole di uso più comune (v. fig. 6.311). Le elettrovalvole sono contraddistinte da due numeri (per esempio, 3/2), dei quali il primo indica il numero delle bocche, il secondo il numero delle posizioni. Una valvola 3/2 ha, quindi, tre bocche e due posizioni. La parte dell'elettrovalvola che provvede ad aprire e chiudere una o più vie di flusso è chiamata distributore ed è rappresentata con uno o più quadrati. All'interno dei quadrati, sono rappresentate delle frecce che indicano il senso del flusso nei condotti. In assenza dell'alimentazione elettrica, le molle di richiamo determinano la posizione di riposo del distributore, indicata dal quadratino adiacente alla molla. Qualora l'elettrovalvola sia dotata di due bobine senza molle (elettrovalvole bistabili), la posizione del distributore è individuata dal quadrato adiacente all'ultima bobina che è stata alimentata. Nel caso, invece, di elettrovalvole con due bobine e due molle, la posizione di riposo è indicata dal quadrato centrale.

In definitiva, l'alimentazione di ogni bobina provoca una variazione nello stato del distributore, secondo quanto indicato nel quadrato che le è vicino. Si noti che, nel caso di elettrovalvole bistabili, se dopo aver alimentato una bobina si alimenta contemporaneamente anche l'altra, non si avrà nessun effetto sul distributore, che rimarrà nella posizione assunta all'eccitazione della prima bobina.

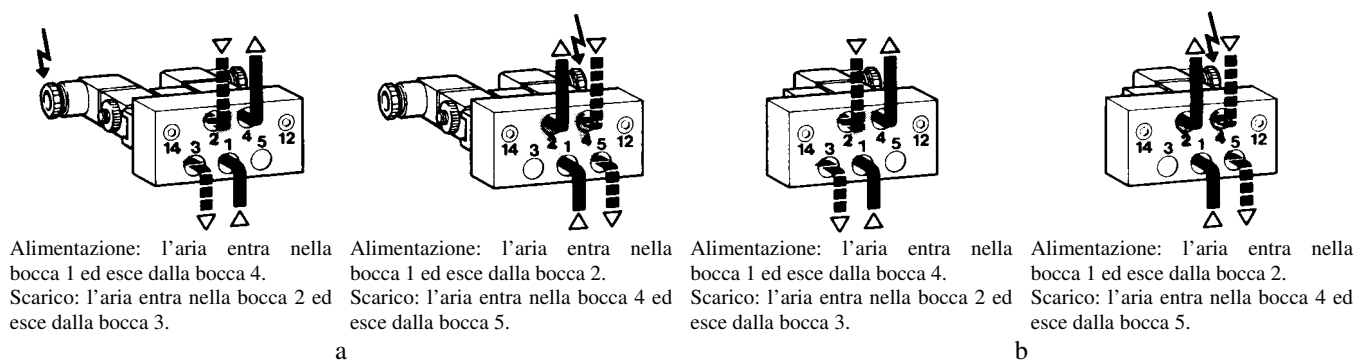
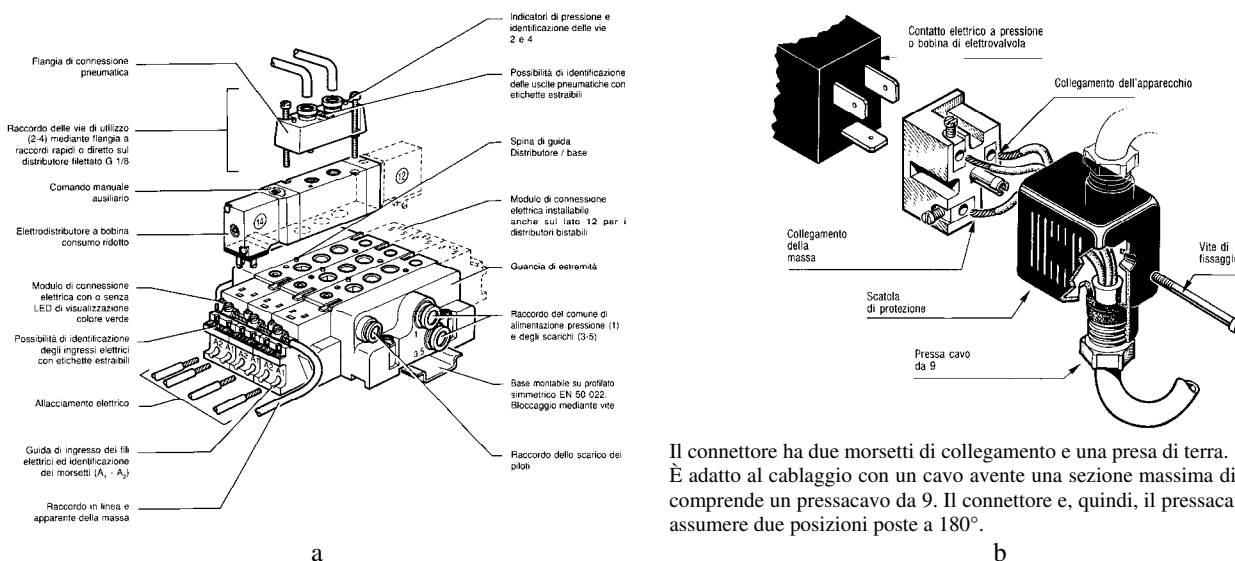


Fig. 6.312 - Elettrovalvole tipo 5/2: a) Bistabile - b) Monostabile. La freccia indica la bobina che è alimentata. La linea tratteggiata rappresenta il flusso della aria in fase di scarico. La linea continua rappresenta il flusso di aria che alimenta il cilindro (Joucomatic).

Le elettrovalvole possono essere scelte in base ad alcune considerazioni, riportate nelle righe che seguono.

Il tempo di risposta, nelle elettrovalvole funzionanti in corrente alternata, varia, a seconda dei tipi e della loro grandezza, da 10 a 30 ms. Per i modelli funzionanti in corrente continua, che sono più lenti, esso varia, invece, da 30 a 40 ms. Inoltre, come si è già detto in precedenza, le elettrovalvole ad azionamento diretto sono caratterizzate da una maggiore rapidità di intervento. Il tempo di risposta indica il tempo necessario, a partire dall'istante in cui arriva l'alimentazione, per il raggiungimento, a valle dell'elettrovalvola, di una pressione pari al 90% di quella a monte. Per quanto riguarda la vita elettrica dei solenoidi, è importante ricordare che essa dipende dal tipo di alimentazione e dalla possibilità che il distributore si blocchi.



Il connettore ha due morsetti di collegamento e una presa di terra. È adatto al cablaggio con un cavo avente una sezione massima di 1,5 mm² e comprende un pressacavo da 9. Il connettore e, quindi, il pressacavo possono assumere due posizioni poste a 180°.

Fig. 6.313 - a) Esempio di elettrovalvole montate in batteria - b) Collegamento tra una bobina e il connettore.

I solenoidi funzionanti in AC richiedono una corrente di spunto più elevata (si genera un calore eccessivo) rispetto a quella di regime, questo vuole dire che, se la frequenza delle eccitazioni è troppo alta, si può arrivare alla bruciatura dell'avvolgimento. Allo stesso risultato si può arrivare se il nucleo si blocca; infatti, in questo caso, la corrente a regime diventa la corrente di spunto.

Nei solenoidi funzionanti in DC, la corrente di inserzione è uguale alla corrente di regime; in questo caso, è possibile aumentare la frequenza degli azionamenti e, inoltre, in caso di blocco del nucleo, non si ha eccessivo riscaldamento della bobina. La mancanza di corrente di spunto consente di economizzare sui circuiti di controllo.

Per facilitare il montaggio, è possibile assemblare le elettrovalvole in batteria, montandole su apposite piastre componibili, che dispongono di un'unica mandata di pressione e sono in grado di raccogliere gli scarichi entro un collettore comune (v. fig. 6.313a).

In commercio sono disponibili, per il cablaggio, connettori come quelli mostrati nella fig. 6.313b, oppure del tipo in fig. 6.314. Questi ultimi sono dotati di circuiti di segnalazione incorporati, che segnalano la presenza della tensione di alimentazione (mediante lampada o diodo LED) e di dispositivi di protezione contro le sovratensioni ed i disturbi elettrici, che impiegano, normalmente, gruppi RC, varistori (VDR), diodi o transil (con o senza segnalazione).

Sono disponibili, inoltre, connettori con circuito raddrizzatore a ponte (AC→DC) e con circuito a LED bicolore. Questi ultimi sono impiegati sia per indicare la posizione di un contatto, per esempio, di un pressostato, sia per indicare l'eventuale interruzione del carico (bobina interrotta).



a

Connettori a norme DIN 43650 forma A, B, C e industrial standard A e C, da cablare, con o senza circuito antidisturbo e indicatore LED di segnalazione; si noti la versione con calotta non trasparente e trasparente.



b

Connettori a norme DIN 43650/A, B, industrial standard B, DIN 43650/C costampati con cavo in PVC, PUR o altri tipi di cavo speciale, con o senza circuito antidisturbo e indicatore LED. Si noti la tampografia esterna di riconoscimento del tipo di circuito elettronico interno e della tensione e del tipo di corrente di alimentazione.

Fig. 6.314 - Esempi di connettori per elettrovalvole (MPM).

Per quanto riguarda l'utilizzo, si pone in evidenza la necessità di far lavorare l'elettrovalvola in sicurezza positiva. Questo significa che, in mancanza dell'alimentazione elettrica a causa di un guasto al solenoide o al circuito di comando, l'elettrovalvola non deve provocare movimenti (per esempio, dei cilindri) o situazioni di pericolo per le persone o per l'impianto. Per quanto riguarda la protezione contro i contatti indiretti, le parti metalliche devono essere collegate al circuito di protezione della macchina.

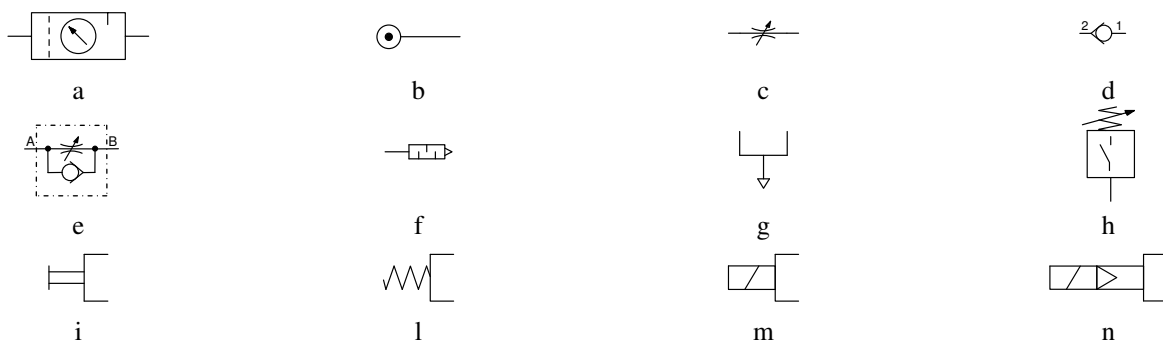


Fig. 6.315 - Esempi di simboli per circuiti pneumatici secondo le norme UNI ISO 1219/1: a) Gruppo di trattamento aria (gruppo FRL) - b) Sorgente di pressione - c) Regolatore di flusso variabile - d) Valvola di non ritorno senza molla - e) Regolatore di flusso unidirezionale - f) Silenziatore - g) Scarico da valvola con raccordo - h) Pressostato - i) Comando manuale generico - l) Comando meccanico a molla - m) Comando elettrico a singolo solenoide (azionamento diretto) - n) Comando combinato mediante solenoide e valvola pilota (valvola a comando indiretto).

Le valvole pneumatiche, e in particolare le elettrovalvole, come si è detto precedentemente, consentono di comandare i cilindri, che sono gli organi che consentono di trasformare l'energia immagazzinata nell'aria compressa in lavoro.

I cilindri consentono, in particolare, di ottenere facilmente un movimento rettilineo, anche se esistono cilindri che permettono di ottenere un movimento rotatorio, nonché motori pneumatici.

I principali tipi sono mostrati nella fig. 6.316.

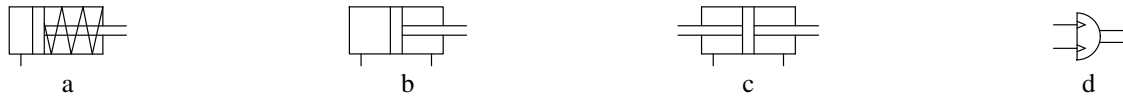
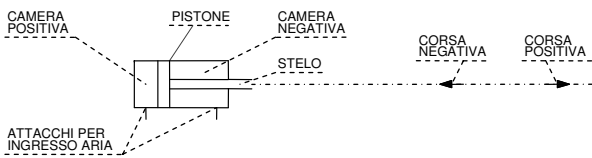


Fig. 6.316 - Esempi di simboli per cilindri pneumatici secondo le norme UNI ISO 1219/1: a) Cilindro a semplice effetto - b) Cilindro a doppio effetto non ammortizzato - c) Cilindro a doppio effetto, a doppio stelo, non ammortizzato - d) Attuatore pneumatico con rotazione angolare limitata (cilindro oscillante).

Si noti, nella fig. 6.316a, che il cilindro a semplice effetto è dotato di un solo attacco per il passaggio dell'aria, in quanto è la molla di ritorno che determina la posizione di riposo. Viceversa, il cilindro a doppio effetto, mostrato nella fig. 6.316b, ha due attacchi che, alimentati in modo opportuno, determinano il movimento del pistone.



Quando l'aria compressa è inviata nella camera positiva del cilindro, il pistone compie la corsa positiva; l'aria presente nella camera negativa è scaricata in atmosfera.

Quando l'aria compressa è inviata nella camera negativa del cilindro, il pistone compie la corsa negativa; l'aria presente nella camera positiva è scaricata in atmosfera.

Fig. 6.317 - Elementi caratteristici di un cilindro pneumatico e relativo funzionamento.

Nei circuiti elettropneumatici, l'azionamento dei cilindri avviene mediante elettrovalvole e la posizione del pistone è rilevata mediante dei sensori magnetici; in questo caso, è necessario che il pistone sia del tipo magnetizzato.

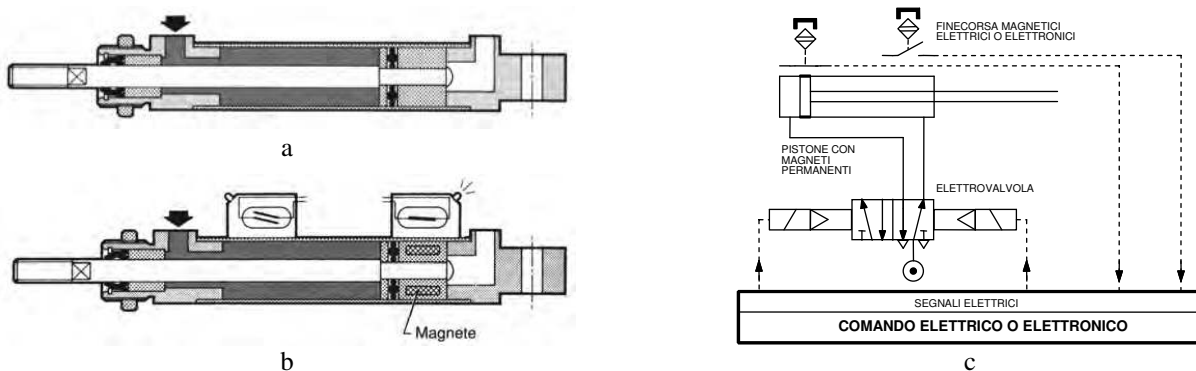


Fig. 6.318 - a) Cilindro a doppio effetto non previsto per finecorsa magnetici - b) Cilindro a doppio effetto per finecorsa magnetici. Sui cilindri è, in genere, possibile montare uno o più interruttori di posizione magnetici fissati al cilindro. Essi consentono di rilevare sia le posizioni di finecorsa sia le posizioni intermedie del pistone. La freccia indica la direzione del flusso di aria compressa - c) Struttura di un automatismo elettropneumatico.

Azionamento di un cilindro a semplice effetto		Azionamento di un cilindro a doppio effetto	
<p>SENSO DELLO STELO SENSO DELL'ARIA COMPRESSA</p>	<p>SENSO DELLO STELO SENSO DELL'ARIA COMPRESSA</p>	<p>SENSO DELLO STELO SENSI DELL'ARIA COMPRESSA</p>	<p>SENSO DELLO STELO SENSI DELL'ARIA COMPRESSA</p>
<p>L'aria compressa, entrando nella camera positiva del cilindro A, come indicato dalla freccia (senso dell'aria compressa), fa compiere al pistone, e quindi allo stelo, la corsa positiva. L'aria presente nella camera negativa è scaricata all'esterno attraverso un foro di scarico.</p>	<p>Togliendo l'azione dell'aria compressa, la molla di ritorno contenuta nel cilindro riporta il pistone nella posizione di riposo, facendogli compiere la corsa negativa. L'aria presente nella camera positiva è scaricata all'esterno (foro di scarico).</p>	<p>Quando l'aria compressa è inviata nella camera positiva del cilindro A, il pistone compie, come mostrato in figura, la corsa positiva; l'aria presente nella camera negativa è scaricata all'esterno.</p>	<p>Quando l'aria compressa è inviata nella camera negativa, il pistone compie, come mostrato in figura, la corsa negativa; l'aria presente nella camera positiva è scaricata all'esterno.</p>

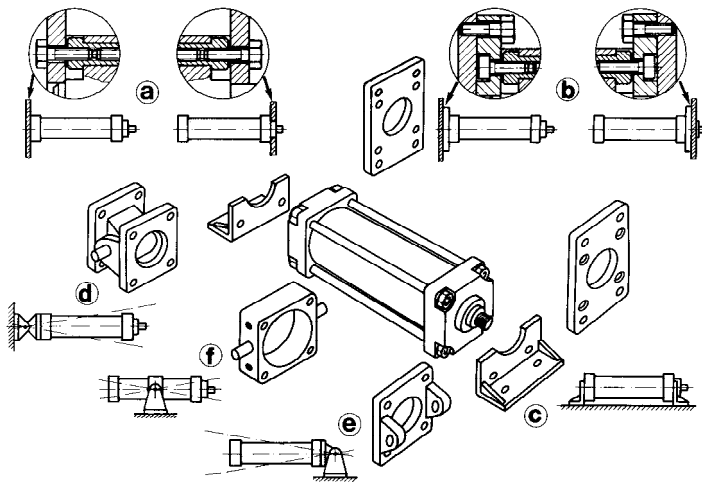
Fig. 6.319 - Esempi di azionamento dei cilindri a semplice e a doppio effetto.

A seconda del tipo di lavoro che il cilindro deve compiere, occorre predisporre un opportuno fissaggio ad un organo esterno; di seguito sono citati i più comuni fissaggi, illustrati nella fig. 6.320.

I **pedini posteriori** o **anteriori** sono usati per movimenti rettilinei, orizzontali, verticali o comunque inclinati.

Le **flange anteriori** o **posteriori** sono utilizzate per fissaggi a sbalzo orizzontali o verticali.

Le **cerniere posteriori** e i **perni anteriori** o **centrali** sono usati nei casi in cui l'estremità dello stelo deve seguire traiettorie curve durante la sua corsa (ovvero avere un grado di libertà); in alcuni casi, il fissaggio con cerniera posteriore prevede un giunto cardanico, che lascia al cilindro due gradi di libertà.



Ancoraggi rigidi.

a) Testa posteriore o anteriore fissata direttamente alla piastra dell'apparecchiatura; le viti di bloccaggio vanno avvitate dal retro della piastra.

b) Quando non è possibile il fissaggio tipo (a), occorre interporre una flangia, avvitata sulla testata che interessa, e fissata sulla piastra dell'apparecchiatura.

c) I pedini in lamiera sono fissati direttamente alle due testate, in modo da consentire il montaggio del cilindro su di un piano qualunque, purché parallelo all'asse del carico da muovere.

Ancoraggi oscillanti.

d) Questo ancoraggio è la combinazione di due cerniere, maschio e femmina; a volte, una delle due articolazioni è realizzata sulla struttura stessa dell'apparecchiatura.

e) Data la presenza dello stelo, questo ancoraggio è l'unico tipo possibile per la testata anteriore; il relativo supporto deve essere previsto sulla struttura della macchina.

f) Questo tipo offre la possibilità di essere fissato sui tiranti in una qualunque posizione tra le due testate, con il risultato di ottenere un cinematismo che evita il pericolo di inflessione dello stelo.

Fig. 6.320 - Esempi di utilizzo dei sistemi di fissaggio standard per cilindri pneumatici (Camozzi).

Per completare il fissaggio dei cilindri, occorre predisporre dei giunti per il collegamento dello stelo alla macchina. Il fissaggio può essere fatto semplicemente mediante l'estremità filettata, utilizzando dado e controdado, oppure mediante un collegamento a forcella o con testa a snodo sferico (v. fig. 6.321).

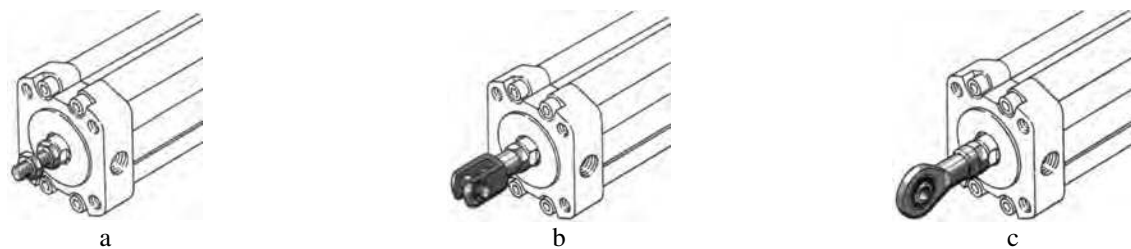


Fig. 6.321 - Esempi di giunto per lo stelo: a) Perno filettato - b) Forcella - c) Testa a snodo sferico.

Nella pratica, i cilindri sono spesso impiegati in combinazione con organi meccanici, al fine di ottenere una determinata automazione. Di conseguenza, il cilindro può essere utilizzato semplicemente tramite l'applicazione diretta della forza, oppure mediante un eccentrico, una leva, un cuneo, accoppiato ad una puleggia, con un pignone e una cremagliera e così via.

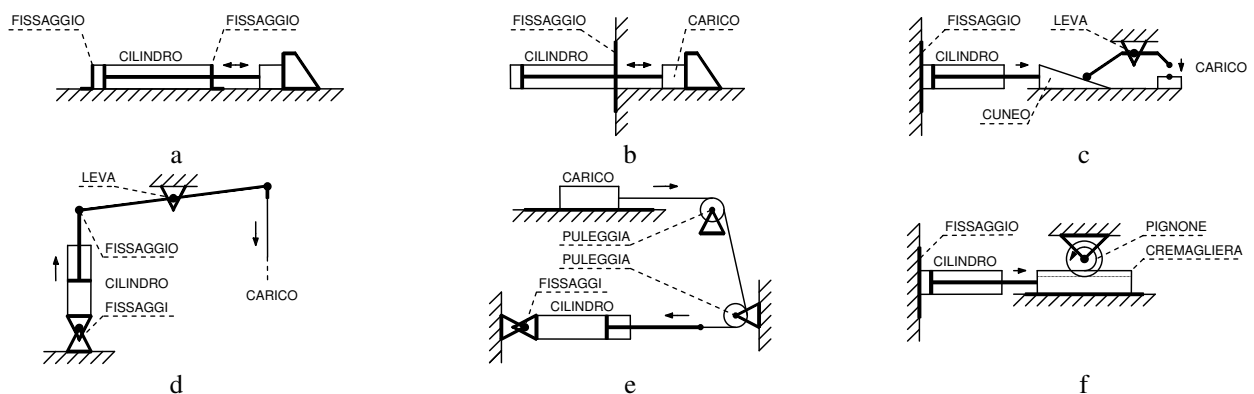


Fig. 6.322 - Esempi di combinazioni di cilindri pneumatici e relativi fissaggi con organi meccanici: a) Spinta diretta con fissaggio mediante piedino anteriore e posteriore - b) Spinta diretta con fissaggio mediante flangia anteriore - c) Bloccaggio tramite cuneo con fissaggio mediante flangia posteriore - d) Leva 1° genere con fissaggio grazie a cerniera posteriore - e) Accoppiamento con pulegge con fissaggio tramite cerniera posteriore - f) Accoppiamento pignone e cremagliera con fissaggio mediante flangia posteriore.

Per la regolazione della velocità, sono inseriti normalmente dei regolatori di flusso unidirezionali, i quali sono dotati di una valvola di strozzamento, e in derivazione una valvola di non ritorno.

Montando sul cilindro due regolatori di flusso unidirezionali (facendo attenzione, in fase di montaggio, al verso mostrato in fig. 6.323), è possibile regolare la velocità di avanzamento (corsa positiva) e di ritorno (corsa negativa). In particolare, per regolare la velocità della **corsa positiva**, è necessario agire sul regolatore di flusso, che controlla l'aria in scarico della **camera negativa** e viceversa (v. fig. 6.323).

Per regolare la forza di spinta o di tiro, si interviene, invece, sulla pressione presente nel circuito pneumatico tramite il regolatore di pressione, presente, per esempio, nel gruppo FRL, a parità delle caratteristiche dei cilindri.

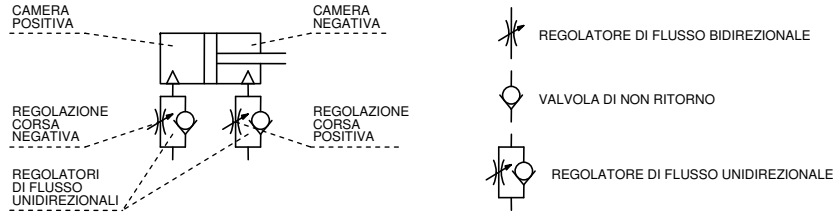


Fig. 6.323 - Regolazione della velocità di un cilindro pneumatico mediante regolatori di flusso unidirezionali. Un regolatore di flusso unidirezionale è realizzato mediante l'uso di una valvola di non ritorno e di un regolatore di flusso bidirezionale.

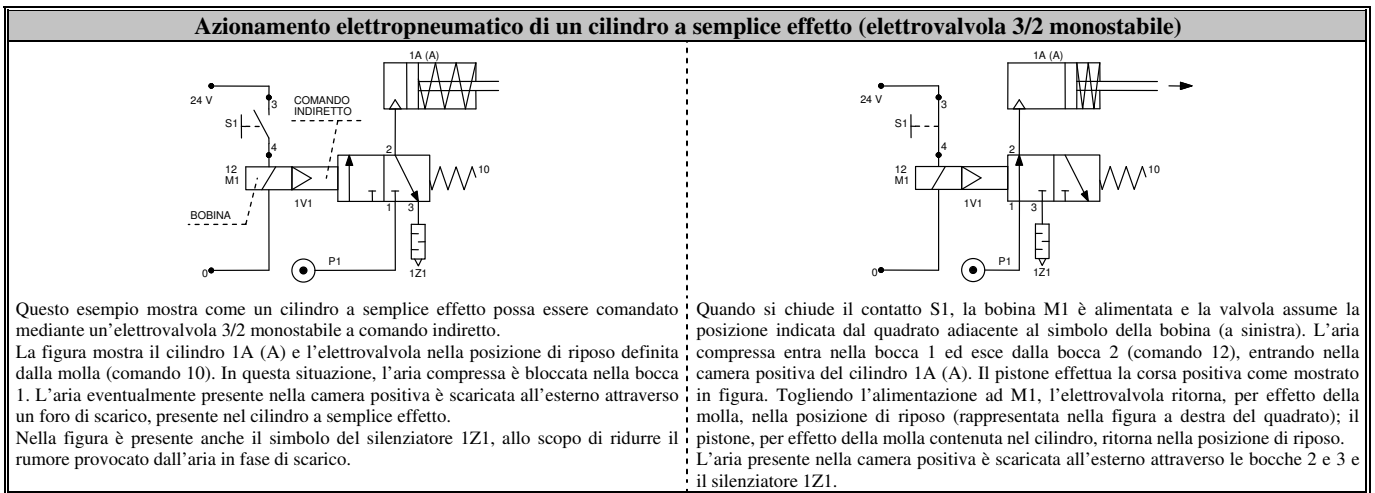


Fig. 6.324 - Esempio di azionamento elettropneumatico con valvola 3/2 monostabile e cilindro a semplice effetto. L'azionamento di questo tipo di cilindro può essere effettuato anche mediante l'uso di una elettrovalvola 3/2 bistabile, in questo caso la valvola sarà dotata di due bobine (v. fig. 6.325).

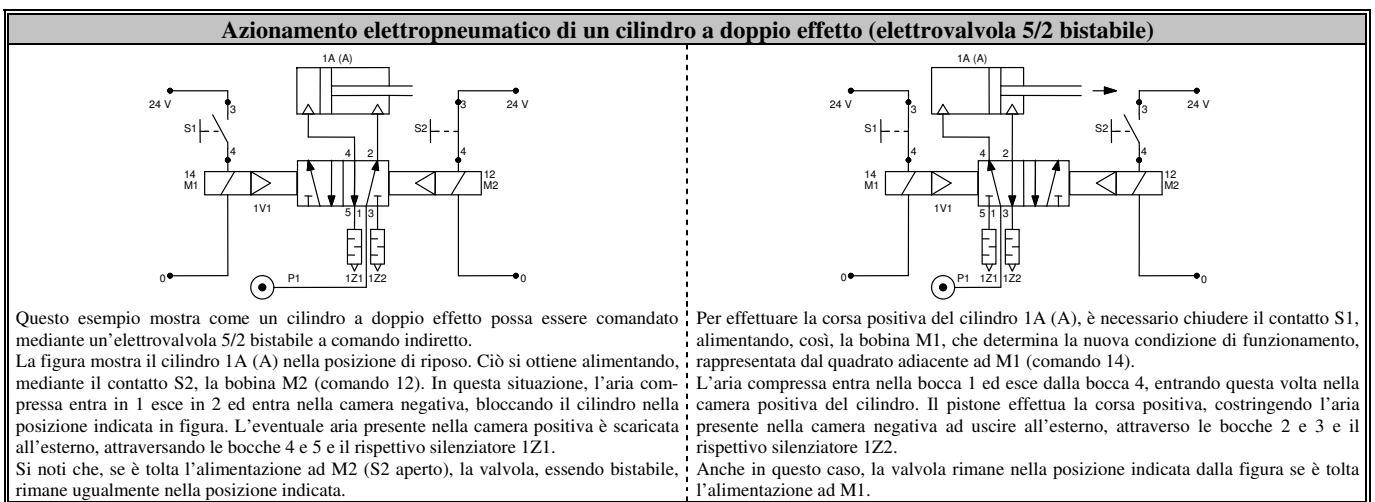


Fig. 6.325 - Esempio di azionamento elettropneumatico con valvola 5/2 bistabile e cilindro a doppio effetto. L'azionamento di questo tipo di cilindro può essere effettuato anche mediante l'uso di una elettrovalvola 5/2 monostabile; in questo caso, la valvola è dotata di una sola bobina e di molla di ritorno (v. fig. 6.324).

Nella fig. 6.324 e fig. 6.325 è mostrato l'azionamento elettropneumatico, rispettivamente, mediante una elettrovalvola 3/2 monostabile di un cilindro a semplice effetto e mediante una elettrovalvola 5/2 bistabile di un cilindro a doppio effetto.

Vale la pena notare che è necessario, nel caso di elettrovalvole bistabili, togliere l'alimentazione elettrica all'ultima bobina alimentata se la si vuole commutare, in quanto, se le due bobine sono alimentate contemporaneamente, non si ottiene nessuna commutazione.

Nel caso sia necessario, per effettuare l'automazione in logica cablata, avere dei contatti che si aprono o chiudono contemporaneamente all'eccitazione delle bobine di una elettrovalvola, occorre collegare, in parallelo alle stesse, delle bobine di relè e utilizzare i contatti di questi ultimi.

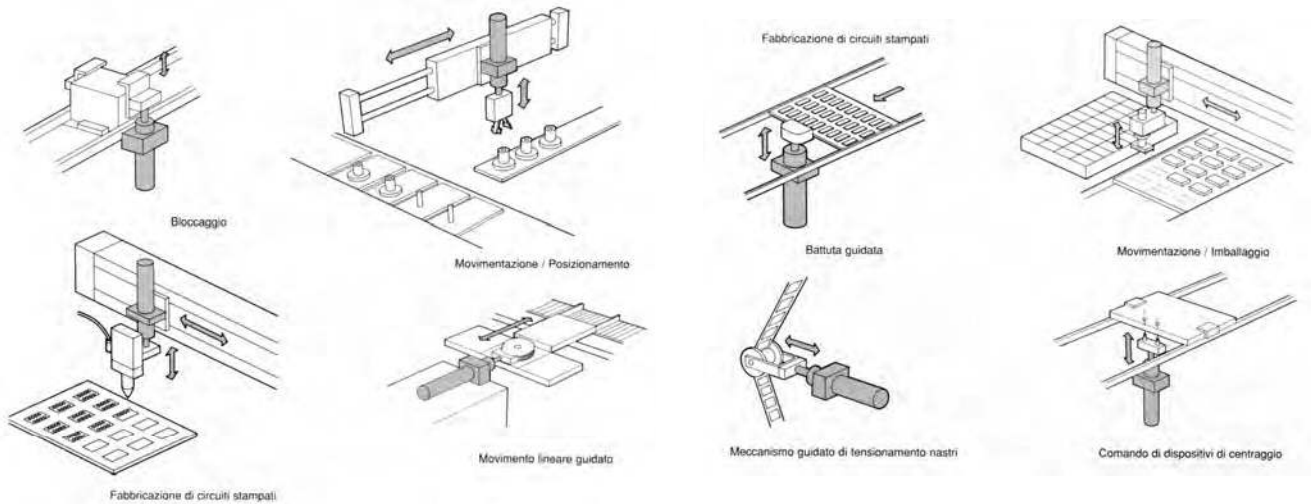


Fig. 6.326 - Esempi di applicazione dei cilindri pneumatici (Joucomatic).

Qualora l'aria compressa non sia disponibile e sia richiesto un piccolo spostamento lineare, non particolarmente preciso e con forza non elevata, sono disponibili dei particolari attuatori chiamati elettromagneti (solenoidi).

Questi attuatori sono costituiti da un telaio, una bobina e un nucleo mobile, che è in grado di scorrere all'interno della bobina. Quando la bobina è percorsa da corrente elettrica, nel nucleo nasce, in virtù del campo magnetico che si viene a creare, una forza, che è in grado di attrarre all'interno il nucleo. Il nucleo è mantenuto parzialmente lontano dalla bobina mediante una molla.

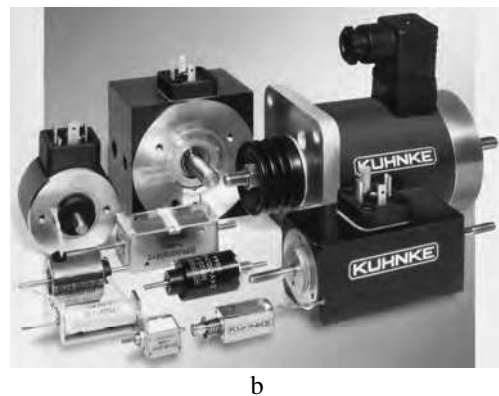
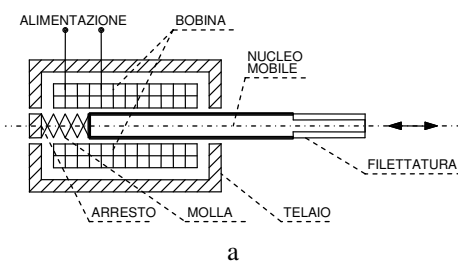


Fig. 6.327 - a) Sezione di un elettromagnete - b) Elettromagneti di ritenuta, rotanti, lineari. Nella figura si possono notare per ogni elettromagnete i connettori per l'alimentazione elettrica e il nucleo mobile, in alcuni casi filettato e passante, per il collegamento meccanico (KUHNKE).

Sebbene nelle parti fondamentali siano molto simili, gli elettromagneti alimentati in corrente continua (per esempio, 24 V) hanno caratteristiche costruttive e funzionali diverse da quelli alimentati in corrente alternata (per esempio, 24 V).

Gli elettromagneti alimentati in corrente continua presentano le seguenti caratteristiche:

- elevata forza di ritenuta;
- funzionamento silenzioso (non ronzano);
- corrente assorbita indipendente dalla posizione del nucleo mobile;
- temperatura di funzionamento indipendente dal numero di manovre;
- frequenza massima di manovra dipendente solamente dai tempi di attrazione e di ricaduta.

Gli elettromagneti alimentati in corrente alternata presentano le seguenti caratteristiche:

- la forza magnetica è elevata quando il nucleo è inserito, tende a stabilizzarsi per poi calare nella posizione di massimo spostamento;
- la corrente assorbita dipende dalla posizione del nucleo mobile (hanno una corrente di spunto 4÷5 volte superiore alla corrente nominale) e un eventuale bloccaggio del nucleo in una posizione intermedia corrisponde a un'elevata corrente assorbita, quindi a un'elevata produzione di calore, che può portare alla bruciatura della bobina. Per evitare questo inconveniente, si realizzano corse brevi e si ricorre a una bobina particolarmente robusta;
- la temperatura della bobina cresce con la frequenza della manovra, in quanto la bobina non riesce a smaltire il calore generato dalla corrente di spunto, che è particolarmente alta rispetto a quella nominale;
- possono diventare fonte di vibrazioni.

Gli elettromagneti, come le bobine dei contattori, possono provocare delle sovratensioni, che possono determinare fenomeni di perforazione di isolanti, consumo rapido dei contatti di comando, distruzione dei componenti elettronici di comando e interferenze ai circuiti elettronici. Questi inconvenienti possono essere ridotti o eliminati, utilizzando, come si è visto per i contattori, gruppi antidisturbo, come varistori, diodi, gruppi RC, collegati in parallelo alla bobina dell'elettromagnete.

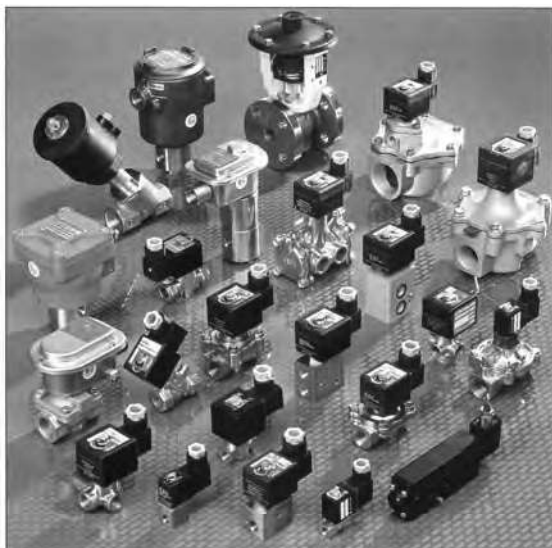
Per quanto riguarda la manutenzione degli elettromagneti, occorre sottolineare che è necessario, in relazione al loro utilizzo, pulirli più o meno frequentemente. Se l'elettromagnete funziona in corrente alternata, la sporcizia può impedire il regolare concatenamento del flusso e determinare, quindi, fastidiose vibrazioni.

Qualora l'elettromagnete si riscaldi eccessivamente, occorre ripartire in modo corretto la percentuale fra i periodi di lavoro e quelli di riposo. In alcuni casi (elettromagneti alimentati in AC), è possibile effettuare una regolazione della corsa del nucleo, che permette di limitare la potenza elettrica assorbita.

6.29 Elettrovalvole per fluidi industriali

Oltre alle elettrovalvole utilizzate per intercettare e convogliare l'aria compressa viste precedentemente, sono commercializzate anche le cosiddette elettrovalvole per fluidi industriali. Tali dispositivi consentono di stabilire e interrompere il passaggio di aria compressa, di liquidi, di gas e di vapori di vario genere.

Queste elettrovalvole trovano principalmente impiego sugli equipaggiamenti elettrici a bordo macchina, ma sono anche utilizzate in ambito domestico e terziario (per esempio, nei sistemi di sicurezza che rilevano le fughe di gas, nei controlli di livello di vasche e pozzi, nei rubinetti o nelle docce automatiche, nei sistemi di annaffiamento automatico per serre, giardini e fioriere, nella regolazione degli impianti di riscaldamento e nelle vasche per pesci).



a



b



c

Fig. 6.328 - a) Elettrovalvole per fluidi industriali (ASCO JOUCOMATIC) - b) Elettrovalvole per fluidi industriali. Sono adatte per fluidi (liquidi e gassosi) non aggressivi e compatibili con i materiali costitutivi (per esempio, ottone e acciaio inox) - c) Elettrovalvole a separazione totale. Questi tipi sono utilizzati nelle applicazioni nelle quali è necessario evitare che il fluido controllato, liquido o gassoso, entri a contatto con alcune parti interne della valvola (SIRAI).

Queste valvole sono generalmente di tipo compatto, con la bobina montata direttamente sul corpo della valvola.

Il nucleo mobile scorre in un canotto, intorno al quale si trova la bobina. In questo modo, si ottengono delle valvole compatte ed ermetiche. Un'elettrovalvola di questo tipo è composta da due parti principali:

- 1) una testa elettromagnetica (elettromagnete) e il suo nucleo mobile;
- 2) un corpo valvola, il cui foro è chiuso da un otturatore o da un disco.

L'apertura e la chiusura della valvola avvengono a seconda della posizione del nucleo, che si sposta per effetto del campo magnetico generato dalla bobina alimentata.

In un'elettrovalvola a comando diretto (v. fig. 6.329a), il nucleo è collegato meccanicamente all'otturatore, che apre o chiude il foro della valvola, a seconda che la bobina sia alimentata oppure no.

Il funzionamento non dipende né dalla portata né dalla pressione, che può essere zero o raggiungere la massima consentita. Un'elettrovalvola a comando indiretto o servoassistita (v. fig. 6.329b e fig. 6.329c) utilizza la pressione di ingresso per operare ed è dotata di due fori di comando, l'uno di pilotaggio e l'altro calibrato. Quando la bobina è alimentata, il foro di pilotaggio si apre, lasciando, così, depressurizzare la camera sopra la membrana o il pistone verso l'uscita della valvola. La differenza di pressione risultante provoca l'apertura della valvola, sollevando il pistone o la membrana dal foro principale.

Quando la bobina non è più alimentata, il foro di pilotaggio si chiude e tutta la pressione a monte, che entra dal foro calibrato, agisce sulla membrana o sul pistone, creando una forza che assicura la chiusura.

Le elettrovalvole servoassistite sono realizzate secondo due tipi di costruzione:

- 1) il tipo a membrana (o pistone) non guidata, nel quale è necessaria una pressione differenziale minima per aprire la valvola e mantenerla nella posizione aperta (v. fig. 6.329b);
- 2) il tipo a membrana guidata, nel quale la valvola, aperta meccanicamente dal nucleo sotto tensione, può funzionare da una pressione zero a quella massima consentita (v. fig. 6.329c).

Infine, è possibile trovare il tipo di valvola a comando esterno (a comando separato), azionata da una membrana o da un pistone e pilotata da un'elettrovalvola del tipo 3/2. L'elettrovalvola consente o impedisce il passaggio di una pressione esterna che agisce sulla membrana (o sul pistone), provocando, così, l'apertura o la chiusura della valvola (v. fig. 6.329d e fig. 6.329e).

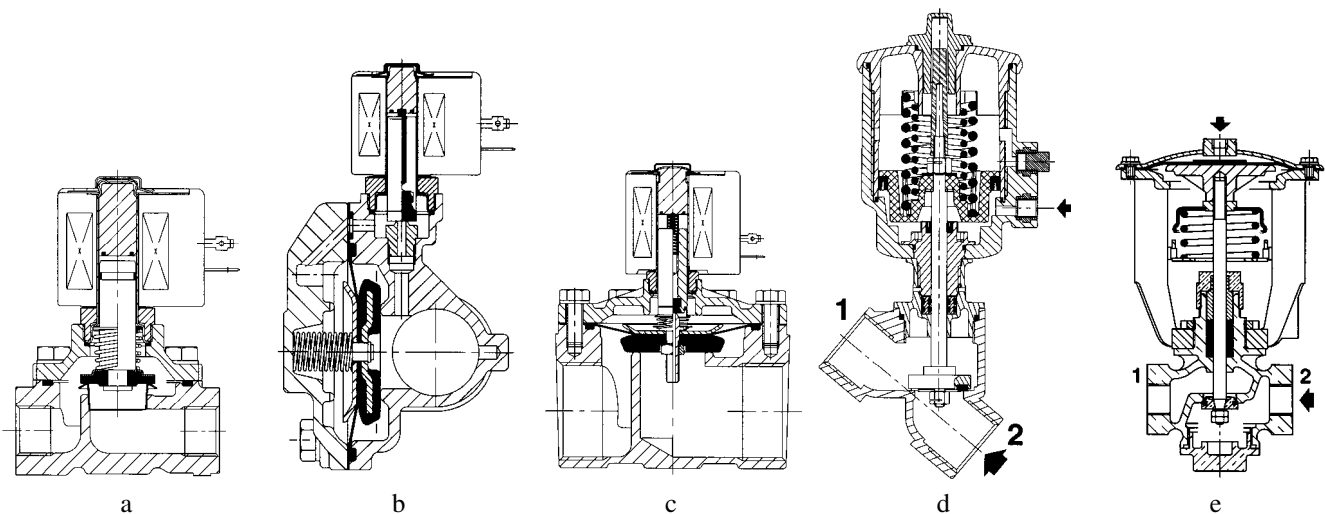


Fig. 6.329 - Elettrovalvole per fluidi industriali: a) A comando diretto - b) A comando servoassistito a membrana (o pistone) non guidata - c) A comando servoassistito a membrana (o pistone) guidata - d) ed e) A comando esterno (comando separato). Bocca 2: ingresso fluido controllato; bocca 1: uscita fluido controllato (ASCO JOUCOMATIC).

I costruttori propongono i seguenti tipi di elettrovalvole per fluidi: 2/2, 3/2, 4/2 e 5/2.

Le elettrovalvole 2/2 sono dotate di due connessioni raccordabili (arrivo e utilizzo). Esse sono proposte nella versione normalmente chiusa, ovvero chiusa in mancanza di alimentazione elettrica e aperta quando alimentata, oppure nella versione normalmente aperta, che si chiude quando è alimentata e si riapre quando è tolta l'alimentazione elettrica. Alcuni tipi di elettrovalvole per fluidi 2/2 sono costruiti con blocco in apertura o in chiusura a riarmo manuale per valvole di sicurezza.

Le elettrovalvole 3/2 sono dotate di tre connessioni raccordabili (arrivo, utilizzo e scarico) e due posizioni di funzionamento. Quando uno dei fori è aperto, l'altro è chiuso. Sono utilizzate, normalmente, per pressurizzare le valvole a membrana e, in pneumatica, per comandare cilindri a semplice effetto. Sono realizzate nelle versioni normalmente chiusa, normalmente aperta e universale; quest'ultimo tipo consente, a seconda del tipo di connessioni utilizzate, di realizzare la funzione svolta dai primi due tipi.

Generalmente, queste elettrovalvole sono del tipo normalmente chiuso. La molla spinge l'otturatore in modo da impedire il passaggio del fluido; questa modalità di funzionamento è particolarmente adatta per gli automatismi di sicurezza contro lo spandimento di liquidi o le fughe di gas, perché un guasto ai dispositivi di controllo elettrico/elettronico pone il sistema idraulico in condizione di sicurezza.

Quando, invece, si deve privilegiare la disponibilità del fluido, si ricorre ai tipi normalmente aperti.

Le elettrovalvole 4/2 o 5/2 sono utilizzate in pneumatica, come spiegato nel precedente paragrafo, per comandare cilindri a doppio effetto; possono essere del tipo monostabile e bistabile. In questo caso, le bobine possono essere eccitate temporaneamente o in modo permanente.

Di particolare importanza, per una corretta progettazione di un impianto, è il dimensionamento della valvola. La scelta di una valvola troppo grande o troppo piccola ha, infatti, effetti negativi sul funzionamento del sistema.

Il sottodimensionamento di una valvola può comportare:

- 1) la riduzione della portata voluta;
- 2) la vaporizzazione dei liquidi in uscita dalla valvola;
- 3) un'importante perdita di carico nelle tubazioni e nella valvola;
- 4) la diminuzione della pressione in uscita.

Il sovradimensionamento di una valvola può invece comportare l'aumento del costo degli impianti a causa di apparecchiature sovradimensionate. Inoltre, per le elettrovalvole ad azionamento indiretto o servoassistite, esso può comportare:

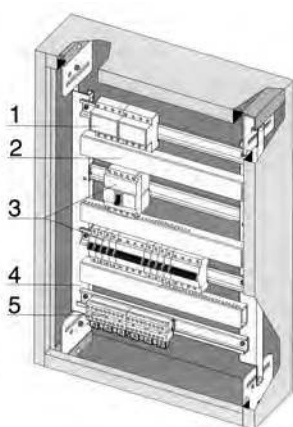
- 1) una portata variabile attraverso la valvola, oppure un comando irregolare della portata a causa di un Δp insufficiente;
- 2) la riduzione della durata di certe valvole a causa delle oscillazioni delle parti interne, quando la portata non è in grado di mantenere le pressioni differenziali interne richieste;
- 3) un impiego irregolare di alcune valvole (per esempio, una valvola a tre o quattro vie rischia di non cambiare posizione a causa di una portata insufficiente);
- 4) una riduzione della durata delle sedi e degli otturatori, in seguito all'apparizione del fenomeno di cavitazione collegato alla velocità di flusso del fluido.

6.30 Quadri elettrici, installazione, cablaggi

I quadri elettrici sono utilizzati quando è necessario riunire svariate apparecchiature elettriche in un unico contenitore. I quadri elettrici possono essere distinti in base alle dimensioni e al tipo di funzione svolta.

In particolare, se sono classificati secondo la funzione, possiamo considerare i quadri di distribuzione e i quadri di comando e segnalazione. Per quanto riguarda la forma, i quadri elettrici sono classificati in armadi, quadri di zona da incasso, a parete, da pavimento, a leggio e centralini per usi domestici o similari.

Nei quadri di distribuzione solitamente, è possibile trovare un interruttore generale, al quale arriva la linea di alimentazione, e un certo numero di interruttori automatici o fusibili, a seconda del numero di linee che partono dal quadro. Qualora si tratti di quadri di grande potenza, sono utilizzati quadri a celle e gli interruttori automatici sono, in genere, del tipo estraibile. Se la potenza è, invece, più modesta, si ricorre a quadri prefabbricati e gli interruttori possono essere anche del tipo modulare.



Legenda:

- 1) strumenti di misura;
- 2) canalette portacavi;
- 3) interruttori e dispositivi di comando e regolazione;
- 4) telaio interno estraibile;
- 5) morsettiere.

a



b

Fig. 6.330 - a) Architettura interna di un quadro modulare - b) Esempi di armadi componibili (Rittal).

I quadri di controllo, invece, comandano, normalmente, una determinata unità operativa (per esempio, macchina automatica, macchina utensile, motori elettrici) e contengono un interruttore generale, con dispositivo di blocco porta, che consente di disinserire automaticamente sia l'interruttore all'apertura della porta del quadro sia tutte le apparecchiature di comando e segnalazione elettriche ed elettroniche.

I quadri elettrici devono essere costruiti secondo quanto indicato dalla norma CEI 17-13 "Apparecchiature assemblate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)". In particolare, la norma prevede che le parti costituenti il quadro elettrico siano realizzate con materiali tali da garantire un'adeguata resistenza ad azioni meccaniche (per esempio, urti esterni, sovrappressioni causate da archi elettrici), elettriche (per esempio, sforzi elettrodinamici anche molto intensi in caso di cortocircuito), termiche (per esempio, sovratemperature dovute al riscaldamento delle apparecchiature elettriche), nonché una resistenza ad ambienti umidi, salini e con presenza di sostanze chimiche aggressive.

Normalmente, per realizzare gli armadi metallici sono utilizzate lamiere elettrozincate e verniciate con vernici epossidiche e al poliestere, mentre per la realizzazione di centralini e quadri di distribuzione è utilizzato materiale termoplastico autoestinguente.

Durante la realizzazione del quadro, occorre prevedere un certo spazio per permettere un agevole collegamento dei conduttori alle apparecchiature elettriche in esso contenute.

Affinché il quadro elettrico possa proteggere le apparecchiature che contiene dai corpi solidi e dai liquidi, è necessario che abbia un certo grado di protezione. Di conseguenza, occorre attenersi alle norme CEI 70-1, che classificano gli involucri in gradi IP. Di particolare importanza, al fine di garantire un buon grado di protezione in funzione dell'ambiente in cui dovrà operare, è la scelta di mezzi idonei ad impedire la penetrazione di corpi estranei (per esempio, entrata dei cavi e piastre di chiusura).

I quadri elettrici devono proteggere le persone contro i contatti diretti per mezzo di ripari ed involucri, che impediscano il contatto con le parti attive (circuiti principali e ausiliari), con un grado di protezione almeno IP20.

L'apertura dei ripari o la rimozione degli involucri per accedere alle parti in tensione deve avvenire mediante l'uso di appositi attrezzi o chiavi, oppure è necessario che sia previsto un interruttore con dispositivo blocco porta, che provveda a togliere l'alimentazione al quadro, qualora si effettui la sua apertura.

Sempre per impedire un contatto accidentale, deve essere previsto un riparo interno e, in questo caso, il quadro deve avere un grado di protezione pari almeno a IP40.

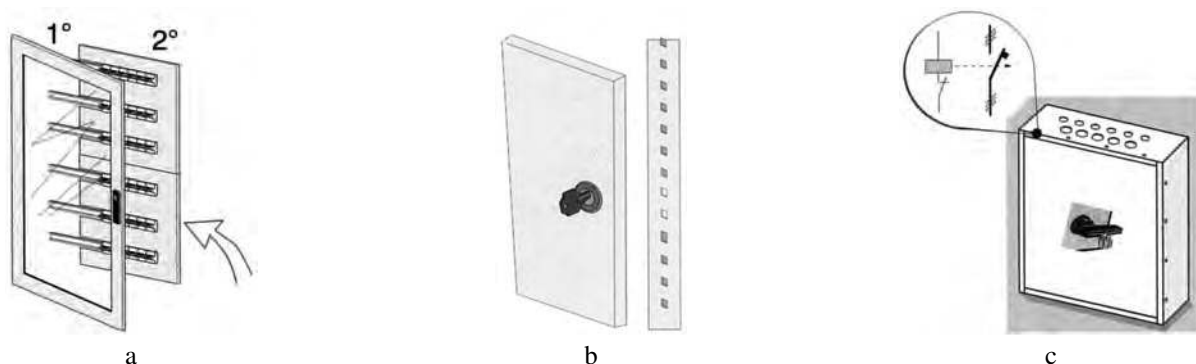


Fig. 6.331 - Per aprire un quadro elettrico: a) Secondo ostacolo dietro alla porta - b) Apertura con uso di chiave o attrezzo - c) Sezionalamento delle parti attive prima dell'apertura del quadro.

Si noti che il grado di protezione è garantito solo qualora l'assemblaggio e l'installazione siano realizzati secondo le indicazioni del costruttore del quadro. Nel quadro elettrico, sono presenti, come si è detto precedentemente, i circuiti principali e ausiliari, che costituiscono le parti attive del quadro.

I circuiti principali comprendono gli arrivi del quadro, le sbarre (profilati in rame utilizzati nei quadri di potenza più elevata), i cavi di collegamento e le partenze (montanti).

In particolare, i montanti sono costituiti dagli organi di collegamento con l'esterno (per esempio, morsettiera), dalle apparecchiature di manovra e protezione (interruttori, fusibili, ecc.) e, infine, dalle sbarre o dai cavi che costituiscono i collegamenti di potenza.

Oltre ai circuiti principali, nei quadri elettrici trovano posto anche i circuiti ausiliari, che hanno il compito di segnalare, comandare e di effettuare, con appositi strumenti, delle misure amperometriche, volumetriche e così via.

Di particolare importanza, per la corretta progettazione di un quadro, è la sovratemperatura che è in grado di sopportare. Infatti, le apparecchiature, i cavi e così via sviluppano, quando sono percorsi da corrente, una certa quantità di calore, che innalza la temperatura interna del quadro.

Le norme fissano i valori massimi di sovratemperatura che le apparecchiature e gli involucri possono raggiungere durante il funzionamento.

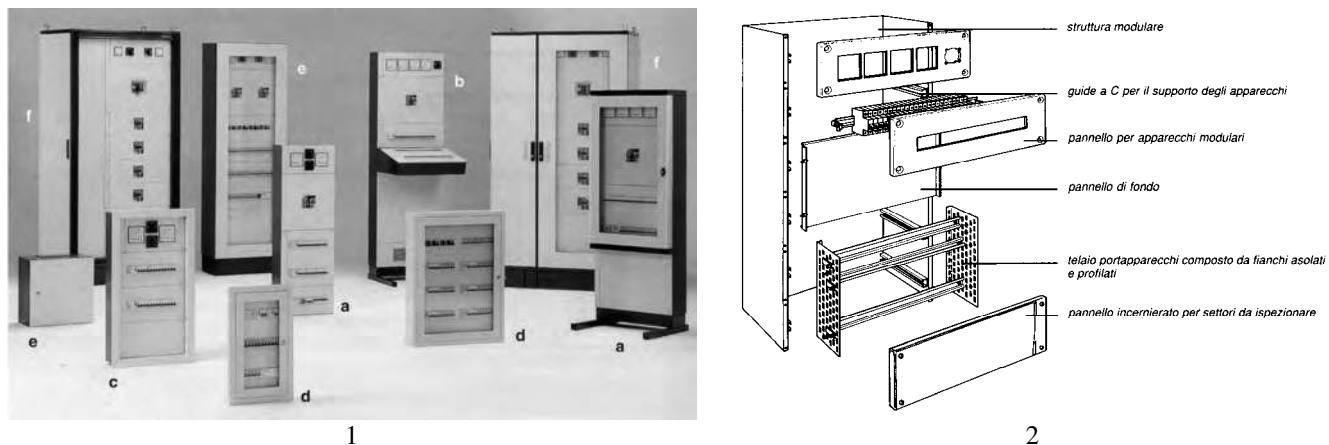


Fig. 6.332 - 1) Quadri modulari: a) Quadri a elementi modulari componibili, moduli con una larghezza di 400 e 600 mm sovrapponibili in numero limitato - b) Quadri a elementi modulari componibili con banco a leggìo - c) Quadri a telaio da incasso - d) Quadri modulari - e) Armadi in lamiera IP55 - f) Armadi modulari affiancabili - 2) Esempi di pannelli frontali per quadri elettrici modulari (bticino).

Per la progettazione dei quadri elettrici, in alcuni casi, data la complessità, è ormai indispensabile utilizzare i programmi per personal computer, che le case costruttrici dei quadri mettono a disposizione.

L'uso di questi programmi consente di dimensionare ed elencare i componenti del quadro, in tempi particolarmente ridotti, secondo la normativa vigente e, in particolare, per quanto riguarda i problemi legati alla dissipazione termica.

Il mercato rende disponibili sia quadri elettrici già assemblati dalle ditte costruttrici sia i componenti, che il quadrista può assemblare, secondo quanto indicato dalle norme e dal costruttore. I quadri assemblati prendono il nome di quadri costruiti in serie o, più brevemente, quadri AS. Essi sono conformi a un tipo o a un sistema costruttivo prestabilito o comunque senza scostamenti tali da modificarne in modo determinante le prestazioni rispetto alla configurazione provata e collaudata secondo le indicazioni delle norme CEI 17-13. In altre parole, è possibile realizzare i quadri tipo AS utilizzando componenti standard a catalogo (carpenteria, interruttori, ausiliari, supporti e accessori di cablaggio) in modo tale da non compromettere le prestazioni (e, quindi, rispettando le indicazioni, i criteri di scelta e le istruzioni di montaggio indicate sul catalogo e sui fogli di istruzione).

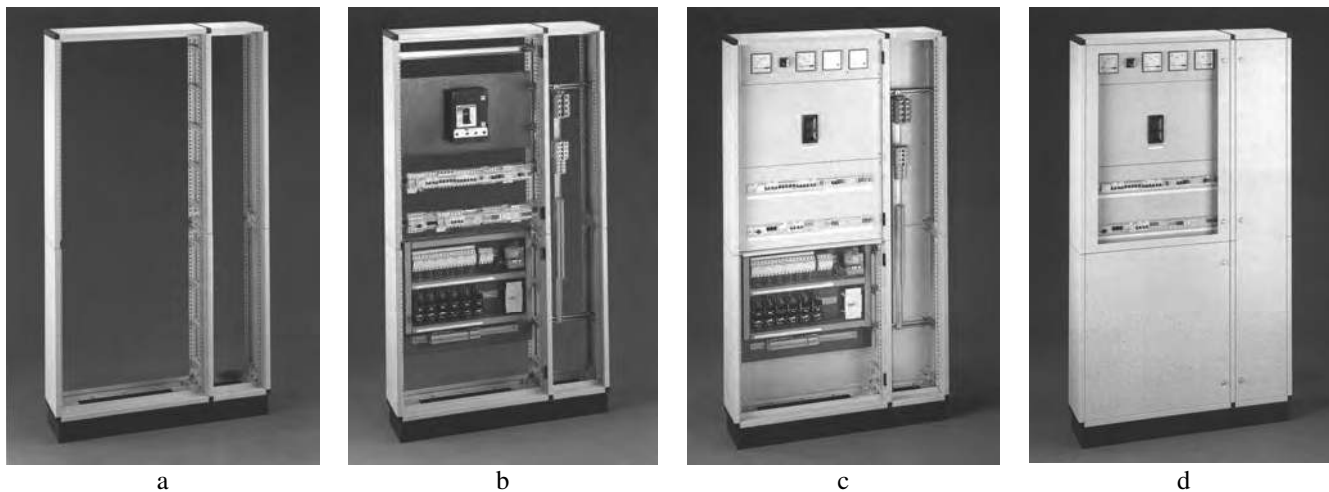


Fig. 6.333 - Quadri elettrici modulari: a) - b) Equipaggiamenti interni, cioè tutti quegli accessori e componenti destinati al fissaggio, alla regolazione, alla connessione e al cablaggio delle apparecchiature elettriche, modulari e di tipo tradizionale - c) Equipaggiamenti frontali costituiti da una serie di pannellature atte a soddisfare le più comuni esigenze di protezione delle apparecchiature - d) Equipaggiamenti esterni destinati al completamento del quadro, rappresentati da diverse porte cieche o trasparenti, nonché dai moduli a leggìo.

Quando, per ragioni di progetto, di adattamento allo spazio disponibile per il quadro o per altri motivi, il quadrista ha introdotto alcune modifiche nella disposizione o nel montaggio dei componenti utilizzati, rispetto a quanto indicato nel catalogo e nei fogli di istruzione del costruttore, occorre determinare (tramite prove e calcoli, in particolare, per quanto riguarda la temperatura e la resistenza ai cortocircuiti) le nuove caratteristiche e prestazioni del quadro, per verificarne la conformità alle norme CEI. Si parla, in questo caso, di quadri costruiti non in serie ovvero quadri tipo ANS.

Sia nel caso di quadri AS sia nel caso di quadri ANS, è necessario eseguire delle prove individuali a montaggio ultimato, per verificare se il montaggio è stato effettuato in modo corretto. In pratica, occorre eseguire:

- la verifica del cablaggio e del funzionamento elettrico;
- la verifica dell'isolamento mediante l'applicazione della tensione di prova in funzione della tensione nominale per un minuto;
- il controllo delle misure di protezione e verifica strumentale della continuità del circuito di protezione.

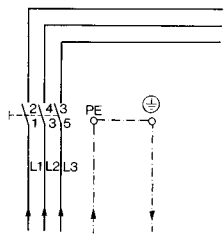
All'interno di un quadro elettrico, le apparecchiature devono essere fissate su appositi pannelli in lamiera forata o piena, oppure su di una struttura che prevede l'uso di guide DIN. Normalmente, i quadri sono dotati di guide che permettono la regolazione della profondità dei sostegni.

La progettazione di un quadro elettrico comporta la scelta e il posizionamento delle apparecchiature tenendo sempre libera, per futuri ampliamenti e modifiche, una superficie pari a circa il 10÷20% di quella utilizzata.

Per la realizzazione dei quadri più complessi, le ditte costruttrici rendono disponibili delle mascherine forate con le sagome in scala degli apparecchi, consentendo, così, la realizzazione di una planimetria del quadro, che potrà poi essere fornita al cablatore per la costruzione. Nei quadri più semplici, può essere sufficiente, per definire la posizione, appoggiare le apparecchiature stesse sul pannello.

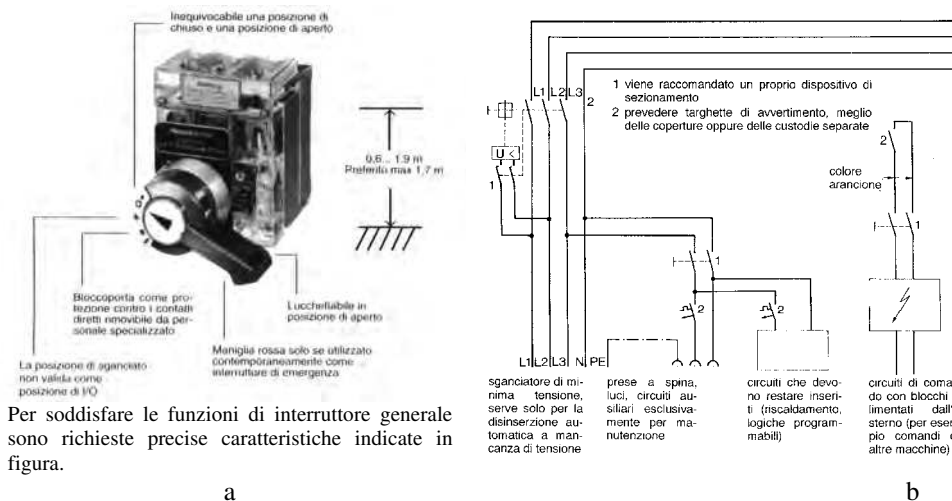
Sono disponibili attualmente dei programmi per personal computer che consentono la disposizione computerizzata del quadro. Normalmente, le apparecchiature devono rispettare un'altezza minima di 400 mm e massima di 2000 mm, rispetto al livello di servizio.

Le morsettiere devono essere facilmente accessibili e poste ad un'altezza non inferiore a 200 mm sempre rispetto al livello di servizio; esse devono trovare posto sempre lungo la fascia perimetrale, a seconda di come i cavi entrano nel quadro. Normalmente, l'ingresso della linea avviene dall'alto e, di conseguenza, l'interruttore generale deve essere posizionato nella parte alta del pannello frontale del quadro.



I cavi di alimentazione provenienti dalla rete dovrebbero essere collegati direttamente ai morsetti dell'interruttore generale, evitando morsetti di collegamento intermedi, mentre per la connessione del conduttore esterno di protezione deve essere previsto un punto di appoggio in prossimità dei conduttori di fase. Il morsetto per il conduttore di protezione esterno deve essere identificato dalla marcatura con le lettere "PE".

Fig. 6.334 - Collegamento alla rete di alimentazione.



Ottimale è il sezionamento con messa fuori tensione di tutto l'equipaggiamento elettrico, per rendere possibile lavorare sull'apparecchiatura in assoluta sicurezza.

Questo può comportare degli svantaggi se, per esempio, per lavori di manutenzione è necessaria l'illuminazione.

È tuttavia ammesso, come illustrato nella figura, effettuare degli allacciamenti a monte dell'interruttore generale.

È raccomandabile che questi circuiti siano chiaramente identificabili e muniti di un proprio dispositivo di disinserzione, in modo che, quando l'interruttore generale è disinserito, sia richiamata l'attenzione sulla possibilità di inserirsi liberamente nel circuito.

Fig. 6.335 - a) Caratteristiche dell'interruttore generale - b) Circuiti che possono essere prelevati a monte del dispositivo di sezionamento dell'alimentazione.

La maggior parte dei quadri elettrici è realizzata mediante l'uso di profilati e, di conseguenza, le apparecchiature sono fissate con un sistema di aggancio oppure possono essere dotate di una piastrina di adattamento.

Il tipo di profilato più utilizzato è quello detto "a cappello" normalizzato DIN 50022 (v. fig. 6.342c).

Quando nel quadro elettrico sono presenti apparecchiature elettriche ed elettroniche, queste ultime devono essere sistemate in una zona ben definita; inoltre, è opportuno separare gli elementi di potenza sia elettrici sia elettronici dal resto dei circuiti di comando, di controllo, di regolazione, elettrici ed elettronici.

In generale, le apparecchiature che tendono a scaldarsi devono essere posizionate nella parte alta del quadro.

Per poter effettuare un'agevole manutenzione, è opportuno scegliere apparecchiature che possano essere fissate con supporti accessibili dal fronte anteriore del quadro. Ogni apparecchiatura deve essere contraddistinta mediante

un'apposita targhetta che riporti la stessa sigla che appare sullo schema elettrico. Tale targhetta non deve poter essere rimossa, né in caso di sostituzione dell'apparecchio né in caso si debbano aprire delle canaline.

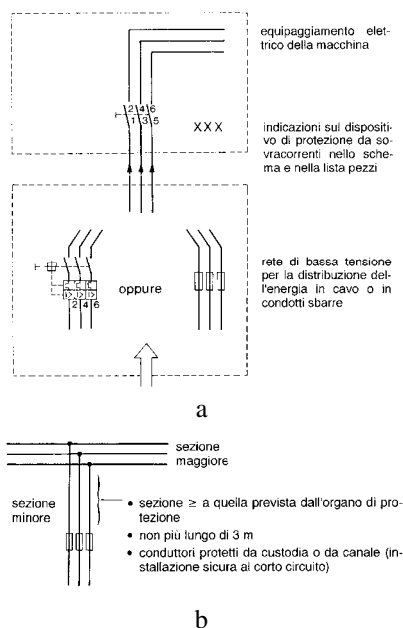
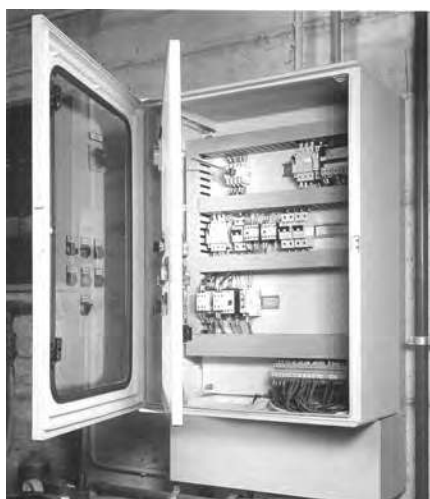


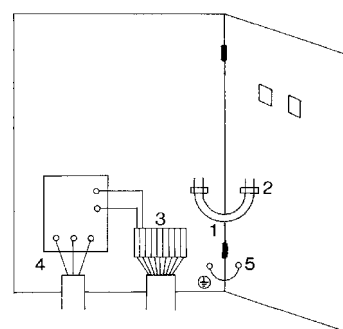
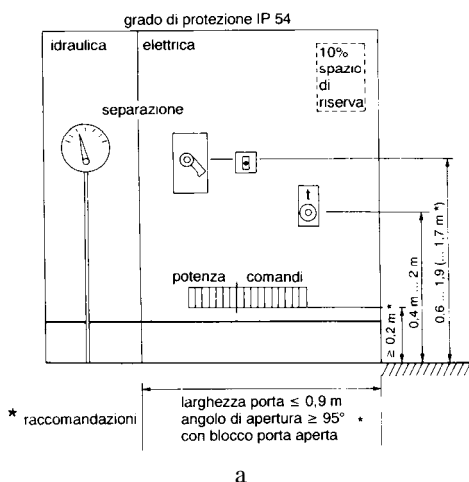
Fig. 6.336 - a) Protezione da sovracorrenti per i cavi di collegamento alla rete - b) Collegamento al dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.



Nel quadro elettrico è possibile distinguere:

- in alto a destra, il trasformatore di alimentazione dei circuiti ausiliari;
- di lato a sinistra, l'interruttore generale con dispositivo di blocco-porta (si noti la prolunga dell'albero di comando per raggiungere la manopola di comando);
- su tutto il perimetro e all'interno del quadro, le canalette che contengono i cavi di collegamento;
- al centro, quattro interruttori automatici e due contattori nella prima fila e due contattori e un temporizzatore nella seconda fila;
- in basso a destra, la morsetteria;
- a sinistra, il portello del quadro con alcune apparecchiature di comando (pulsanti, selettori, lampade di segnalazione);
- all'estrema sinistra, la porta trasparente con serrature.

Fig. 6.337 - Esempio di quadro elettrico cablato (Gewiss).



Legenda:

- 1) i collegamenti alle parti mobili devono essere eseguiti con conduttori flessibili e consentire movimenti continui;
- 2) fissaggio dei collegamenti alle parti fisse e mobili;
- 3) per i conduttori di comando in uscita bisogna prevedere dei morsetti oppure dei connettori;
- 4) i conduttori dei circuiti di potenza e di misura possono essere collegati direttamente agli apparecchi (significativo solo per quadri di piccole dimensioni);
- 5) prevedere dei punti di collegamento per i circuiti di protezione alle parti mobili. Se sulla porta non sono montati dei componenti, come collegamento sono sufficienti le cerniere.

Fig. 6.338 - a) Caratteristiche dei quadri elettrici e criteri di massima per la disposizione degli apparecchi - b) Cablaggio all'interno di un quadro elettrico (norma CEI 44-5).

Per il collegamento delle apparecchiature, sono normalmente utilizzati cavi unipolari flessibili. I cavi rigidi possono essere impiegati per i collegamenti fra apparecchiature fisse, ma devono essere evitati qualora ci si trovi in presenza di vibrazioni, che potrebbero determinare interruzioni nei collegamenti.

È possibile utilizzare anche conduttori nudi (tondini o sbarre) purché siano fissati in modo rigido e protetti contro i contatti accidentali (per esempio, con diaframmi isolanti).

Qualora sia utilizzato un cavo multipolare, è opportuno prevedere un certo numero (20%) di conduttori liberi di riserva per futuri ampliamenti o modifiche.

I cavi devono poter resistere alle sollecitazioni di carattere chimico, meccanico e termico; inoltre, è necessario che la guaina isolante sia sufficientemente robusta, in modo da evitare danni al cavo durante le operazioni di cablaggio.

Il colore dei cavi deve essere conforme alle indicazioni delle norme CEI; per esempio, per gli equipaggiamenti elettrici delle macchine industriali la norma di riferimento è la CEI 44-5 (v. fig. 6.339a).

In particolare, il circuito di protezione deve essere realizzato con un cavo di colore giallo/verde (GNYE), il conduttore neutro con un cavo blu chiaro (BU), i conduttori di potenza con un cavo nero (BK), la logica in corrente alternata con un cavo rosso (RD), la logica in corrente continua con un cavo blu (BU), gli interblocchi con un cavo arancio (OG).

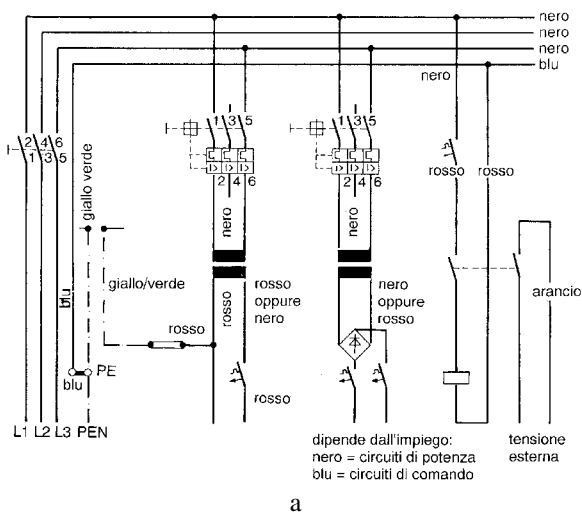


Fig. 6.339 - a) Colori per l'identificazione dei conduttori - b) Esempio di applicazione di canalette per cablaggio e accessori (Bocchiotti).

I cavi devono essere contraddistinti da segnafile, anche quando sono stati scollegati dai morsetti a cui erano connessi. La numerazione del cavo deve essere mantenuta uguale fintanto che il conduttore non sia interrotto, per esempio, da contatti o, più in generale, da apparecchiature o elementi attivi o passivi (per esempio, resistenze).

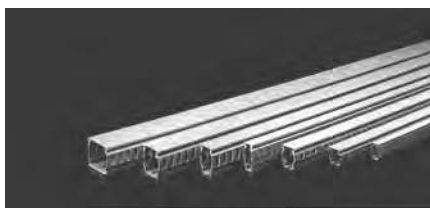
I contrassegni devono essere applicati ai capi dei cavi e riportati sullo schema elettrico.

Normalmente, il cablaggio nei quadri elettrici prevede l'uso di canalette apribili in PVC (oppure in materiale non infiammabile o autoestinguente); qualora il quadro preveda circuiti che funzionano a diverse tensioni, è necessario predisporre canalette a più scomparti o canalette distinte.

La distanza consigliata fra le canalette e i morsetti o le apparecchiature deve essere di almeno 25 mm.

Le canalette maggiormente usate presentano delle feritoie sui fianchi, che permettono un rapido collegamento con le apparecchiature (non è necessario l'uso di utensili per uscire con i cavi); tali feritoie non devono presentare, però, spigoli taglienti per non danneggiare l'isolamento dei cavi.

Durante la fase di progetto del quadro, è opportuno dimensionare le canalizzazioni in modo da prevedere uno spazio libero del 10÷20% per eventuali cavi necessari per modifiche o ampliamenti.



a



b

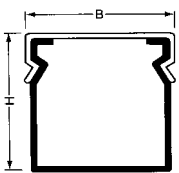


c

Fig. 6.340 - a) Canaline portacavi per cablaggio, nella versione aperta - b) Canaline portacavi per cablaggio, nella versione chiusa - c) Esempio di identificazione numerica per cavi (Legrand).

Base [mm]	Altezza [mm]					
	12,5	25	37,5	50	75	100
12,5	•	•	•			
25		•	•	•		
36,5		•	•	•	•	
50			•	•	•	
75				•	•	
100				•	•	•
125				•	•	

Tab. 6.35 - Misure normalizzate per canalette portacavi in materiale plastico.

Canalette con modulo 12,5 secondo le norme DIN 43659				Cavo H07V-U/R/K [mm ²]		
B= larghezza, H=altezza	Altezza (H)	Dimensioni (BxH)	Sezione [mm ²]	1	1,5	2,5
	25	25x25	460	43	32	22
		37,5x25	660	62	45	32
	37,5	50x37,5	1490	140	103	71
		25x50	990	93	68	47
	50	37,5x50	1500	141	103	72
		50x50	2060	194	142	99
		75x50	3200	302	220	154
		100x50	4330	408	298	208
		125x50	5370	506	370	258
	75	37,5x75	2330	220	160	110
		50x75	3200	302	220	154
		75x75	4940	466	340	237
		100x75	6650	627	458	319
	125	100x125	11415	1077	792	549

Tab. 6.36 - Sezione utile delle canalette e numero dei cavi che possono contenere a seconda della loro sezione (Bocchiotti).

All'interno del quadro elettrico, qualora sia necessario collegare fra loro parti mobili, è possibile fare uso di fascette in plastica o spirali in materiale plastico preformate, che consentano di realizzare un fascio di cavi compatto e, al tempo stesso, flessibile.

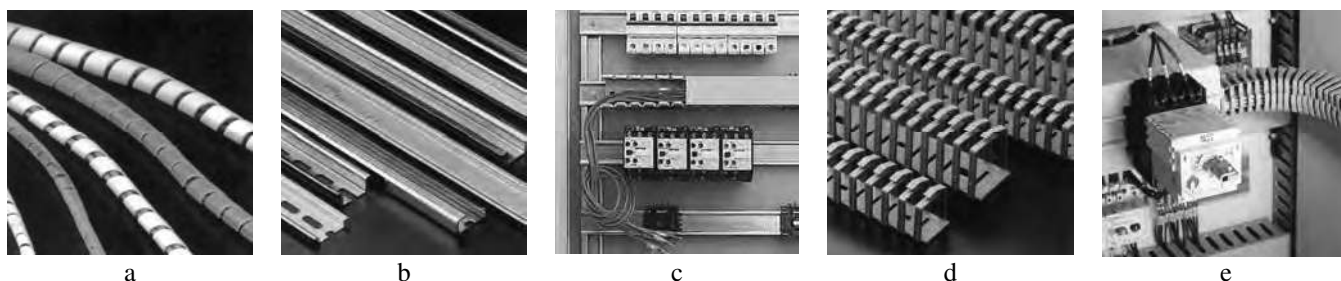


Fig. 6.341 - a) Spirale avvolgente universale - b) Guide profilate in acciaio zinco cromato - c) Esempio di applicazione delle canaline e delle guide profilate - d) Canalette flessibili autoadesive - e) Esempio di applicazione delle canalette flessibili (Bocchiotti).

In un impianto elettrico e, in particolare, in un quadro, le connessioni rappresentano un elemento molto importante per il buon funzionamento del circuito elettrico; infatti, molto spesso, nelle connessioni, si formano e si propagano i guasti.

È importante, infatti, serrare bene i morsetti e adottare vari accorgimenti affinché non si allentino, in quanto si riduce la resistenza di contatto, che è causa di pericolosi surriscaldamenti.

I morsetti e i capicorda devono perciò essere dimensionati in funzione delle correnti che circolano nel circuito.

I morsetti sono normalmente in materiale isolante e realizzati per essere fissati su guide normalizzate; vale la pena sottolineare l'importanza di questo componente che spesso è sottovalutato, ma che può diventare fonte di inconvenienti, se non addirittura causa di incidenti per elettrocuzione.

Il mercato offre numerosi modelli in grado di soddisfare svariate esigenze, dai tipi dotati di lampada spia, ai modelli sezionabili dotati di cavallotti (utili, per esempio, quando si deve effettuare una misura), ai morsetti dotati di fusibili, ai morsetti di terra bicolore giallo/verde, che prevedono il collegamento elettrico tra il morsetto e la guida DIN, mediante l'ancorina di fissaggio, in modo da realizzare un collettore di terra.

I morsetti di potenza sono normalmente montati e separati dai morsetti relativi ai circuiti ausiliari, mediante appositi separatori isolanti.

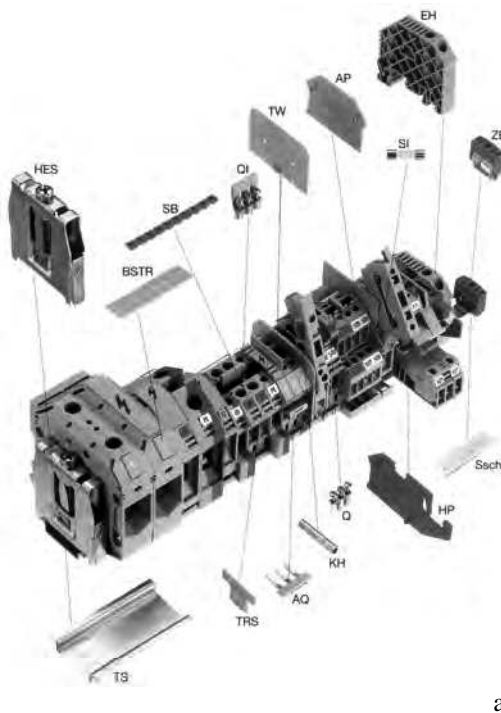
Analogamente a quanto visto per le canalizzazioni, anche per le morsettiere è opportuno prevedere un certo numero di morsetti di riserva, per esempio circa il 10%; inoltre, occorre, come per i cavi, identificare i morsetti con apposite targhette prestampate o neutre, da completare da parte dell'installatore.

Nei quadri elettrici, sono da evitare i cosiddetti morsetti volanti, utilizzando appositi capicorda. Se si dispone di un buon morsetto di serraggio e si è in presenza di vibrazioni che potrebbero allentare le viti, è preferibile l'esecuzione con il semplice cavo, senza i capicorda.

Normalmente, però, in testa ad ogni conduttore sono utilizzati capicorda pressati mediante un'apposita pinza. Un tubetto isolante colorato ricopre il tratto che serra il cavo e impedisce che il conduttore entri in contatto con i conduttori vicini.

La spellatura dei cavi è normalmente eseguita mediante apposite pinze automatiche sguainacavi, che consentono di togliere l'isolante nella giusta lunghezza e in modo corretto e uniforme.

La scelta del tipo di capicorda deve essere effettuata tenendo conto del tipo di connessione, che può essere, per esempio, a bullone o a morsetto.



Legenda.

- HES: piastra terminale.
- BSTR: cartellini per la siglatura.
- SB: cartellini per la siglatura.
- QI: ponticello premontato.
- TW: piastra di separazione o terminale.
- AP: piastra di chiusura.
- SI: fusibile (5x20 oppure 6,3x32)
- EH: piastra terminale.
- ZB: staffa di serraggio.
- TS: profilato tipo EN 50022.
- TRS: separatore per collegamenti trasversali.
- AQ: collegamenti esterni trasversali isolati.
- KH: bussola di contatto.
- Q: collegamento trasversale standard.
- HP: piastra di supporto.
- Ssch: barra conduttrice.

I morsetti in materiale plastico sono disponibili, in genere, con morsetti a vite o a molla, con una sezione per conduttori rigidi/flessibili da 2,5 mm² (0,5+4/0,5+2,5 mm²), da 4 mm² (0,5+6/0,5+4 mm²), da 6 mm² (0,5+10/0,5+6 mm²), da 10 mm² (0,5+16/0,5+10 mm²), da 16 mm² (0,5+25/0,5+16 mm²), da 25 mm² (0,5+35/0,5+25 mm²), da 35 mm² (1+50/1,5+35 mm²), da 70 mm² (1+95/1,5+70 mm²).

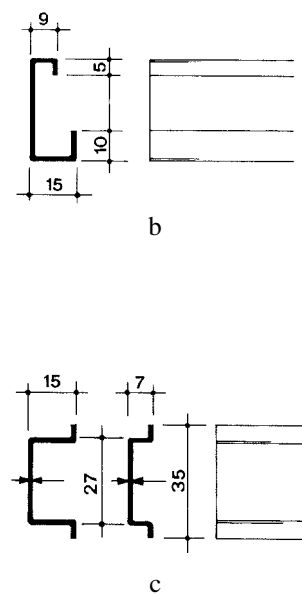


Fig. 6.342 - a) Esempio di morsettiere realizzata con vari tipi di morsetti componibili e relativi accessori. I morsetti sono fissati sul profilato tipo DIN 50022 - Profilati (guide) DIN: b) Tipo EN 50035 - c) Tipo EN 50022 (da notare i due tipi con altezza rispettivamente di 15 e 7 mm).

Per esempio, i capicorda ad occhio garantiscono un'elevata affidabilità e sono utilizzati per il collegamento con bulloni, come nel caso della messa a terra. I capicorda a puntale, invece, sono usati nelle morsettiere o con i morsetti delle apparecchiature. I capicorda a forcilla sono utilizzati per connessioni che utilizzano una semplice vite con rondella. I capicorda lamellari sono usati per il collegamento dei circuiti ausiliari.

I capicorda sono caratterizzati, come si è detto in precedenza, da un tubetto isolante colorato, che consente, mediante un codice a colori, di identificare il tipo di sezione per il quale un determinato terminale è utilizzabile (v. fig. 6.343).



Fig. 6.343 - Codici dei colori per l'identificazione dei capicorda a compressione preisolati. Esempi di capicorda: a) Ad occhio - b) A forcilla - c) A puntale rotondo - d) Per connettori di testa - e) A presa lamellare femmina - f) A presa lamellare maschio.

Per la terminazione dei cavi possono essere usati anche i terminali a tubetto con collare isolato, ad invito singolo. La colorazione dell'isolante di questi terminali, mostrati nella fig. 6.344, rispetta quanto disposto dalla norma DIN 46288/4, come riportato nella fig. 6.344b.



a

Sezione [mm ²]	Colore "D"	Sezione [mm ²]	Colore "D"	Sezione [mm ²]	Colore "D"
0,5	Bianco	2,5	Blu	16	Blu
0,75	Grigio	4	Grigio	25	Giallo
1	Rosso	6	Giallo	35	Rosso
1,5	Nero	10	Rosso	50	Blu

b

Fig. 6.344 - Terminali a tubetto con collare isolato: a) Esempi di tubetti in rame elettrolitico stagnato con l'isolante in polipropilene - b) Codice dei colori per l'identificazione secondo le norme DIN 46288/4 (Cabur).

Per il montaggio dei dispositivi di comando e segnalazione, è normalmente possibile fare uso di dime di foratura, che rappresentano le reali misure degli apparecchi, per quanto riguarda sia le misure esterne sia gli ingombri degli elementi interni (per esempio, blocco contatti).

I costruttori forniscono sui cataloghi le misure e gli interassi minimi dei fori di fissaggio.

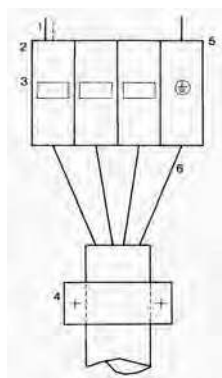
Queste apparecchiature possono arrivare ad un grado di protezione molto alto, pari a IP65, che prevede la completa tenuta contro la penetrazione della polvere dall'ambiente esterno e la protezione contro i getti d'acqua provenienti da tutte le direzioni.

Per quanto riguarda la disposizione, è bene disporre le apparecchiature di comando e segnalazione in modo ergonomico, in modo che l'operatore possa utilizzare il quadro elettrico nel modo più agevole possibile.

A tal fine, le lampade di segnalazione sono disposte al di sopra degli organi di comando, mentre il pulsante di arresto è posto sulla destra o inferiormente rispetto a quello di marcia.

I tasti con funzione di marcia non devono permettere l'inizio di alcun movimento in modo involontario.

Di conseguenza, è necessario evitare pulsanti di avvio sporgenti. Un'eccezione è costituita dai comandi a due mani, che sono equipaggiati, solitamente, con pulsanti a fungo.



Legenda:

- 1) è preferibile il collegamento in morsettiera di un solo conduttore. Se sono collegati due conduttori, questi devono essere di sezione inferiore (per esempio, due conduttori da 2,5 mm² in un morsetto da 6 mm²);
- 2) è bene che la parte terminale dei cavi sia dotata di puntalini oppure non trattata (prestare attenzione alle istruzioni del costruttore). È vietato stagnare la parte terminale;
- 3) i morsetti devono essere contrassegnati conformemente allo schema;
- 4) la parte terminale dei cavi flessibili multipolari deve essere assicurata in modo tale che eventuali azioni meccaniche di strappo non si ripercuotano sui collegamenti;
- 5) si raccomanda che il conduttore di protezione sia collegato al relativo cavo esterno;
- 6) su un morsetto può essere collegato un solo conduttore di protezione.

Fig. 6.345 - Collegamenti alla morsettiera.

Nella scelta della posizione delle apparecchiature di comando, è opportuno considerare lo spazio disponibile sul retro del pannello, dato che, quando si montano, molti contatti componibili possono impedire la chiusura del pannello.

Il quadro elettrico deve riportare una targhetta, in metallo o in plastica, con la folgore nera su sfondo giallo a bordo nero; sulla parte inferiore della targhetta deve comparire il valore della massima tensione presente nei circuiti contenuti nel quadro.

Altri tipi di targhetta possono segnalare, per esempio, la presenza di più linee di alimentazione oppure la potenza di condensatori che possono essere soggetti a pericolose cariche residue; in altri casi, dove sono presenti interruttori con blocco porta, può essere utile aggiungere la scritta: "Non aprire prima di aver tolto tensione".

Il dimensionamento dei circuiti di comando è di particolare importanza. Infatti, il funzionamento, per esempio, dei contattori è garantito per valori di tensione compresi tra 85% e 110% del valore nominale.

Valori di tensione maggiori o minori possono provocare, rispettivamente, surriscaldamenti o bruciature, oppure determinare un funzionamento incerto.

Inoltre, la caduta di tensione nei circuiti di comando non deve superare il 5% del valore nominale.

In pratica, la norma CEI 44-5 prevede che i circuiti di comando utilizzino tassativamente un trasformatore per l'alimentazione dei circuiti ausiliari.

La possibilità offerta dalla vecchia normativa di poter utilizzare l'alimentazione diretta con meno di 5 bobine non è più valida. Sono permesse solamente due eccezioni:

- 1) macchine con una potenza inferiore a 3 kW, una sola partenza motore e al massimo due componenti di comando esterni, come pulsanti e finecorsa;
- 2) elettrodomestici e macchine simili, nelle quali l'intero equipaggiamento elettrico si trova all'interno della custodia della macchina.

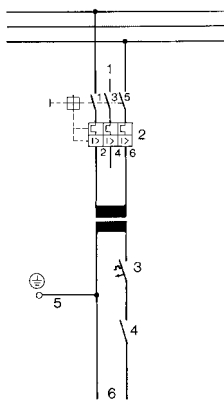
La protezione contro i cortocircuiti è necessaria, mentre quella contro il sovraccarico è consigliata; per entrambe vale quanto indicato nella tab. 6.38 e nella tab. 6.39.

Potenza nominale in VA IEC e CSA	Potenza istantanea ammissibile in VA IEC 989 con cos φ uguale a										Caduta tensione (ΔU) in % con cos φ uguale a			Perdite a vuoto(*) (W)	Perdite totali a carico nominale(*) (W Ferro + W Rame)	Rendimento con cos φ uguale a			Ucc (%)
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,3	0,6	1	0,3			0,6	1		
	40	140	120	100	88	79	71	64	59	55	3,4	5,8	8,6			4,7	7,6	0,61	
63	270	230	200	170	150	140	130	120	110	2,8	4,7	7,0	6,9	11,1	0,53	0,77	0,85	5,7	
100	380	320	280	240	220	200	180	160	150	3,0	5,0	7,4	8,5	14,9	0,67	0,80	0,87	6,1	
160	900	770	670	590	520	470	440	400	390	1,9	3,2	4,8	17,3	21,8	0,69	0,81	0,88	3,9	
250	1200	1000	870	870	680	620	570	530	510	2,2	3,7	5,3	19,8	30,9	0,71	0,83	0,89	4,4	
400	2000	1700	1500	1300	1200	1100	1000	940	940	2,4	3,5	4,5	27,4	39,6	0,75	0,86	0,91	3,8	
630	2200	1900	1700	1500	1300	1200	1200	1100	1200	2,4	3,5	4,3	32,4	54,8	0,78	0,87	0,92	3,7	
1000	4600	4000	3600	3300	3000	2800	2600	2500	2600	1,9	2,7	3,1	48,0	63,8	0,82	0,90	0,94	2,7	
1600	6600	5900	5400	4900	4600	4300	4100	4000	4300	1,6	2,1	2,3	60,5	84,2	0,85	0,92	0,95	2,1	
2500	6000	5600	5300	4900	4900	4800	4800	4900	6100	2,8	3,2	2,5	76,1	131,6	0,85	0,92	0,95	2,9	
4000	16000	14000	12000	10000	9000	8200	7500	6900	6700	2,1	3,3	4,6	58,5	255,3	0,82	0,90	0,94	3,8	

U₁
(tensione di alimentazione del primario):
230/400 V.

U₂
(tensione di uscita del secondario):
12/24 V,
24 V,
24/48 V,
115 V,
115/230 V,
230 V.

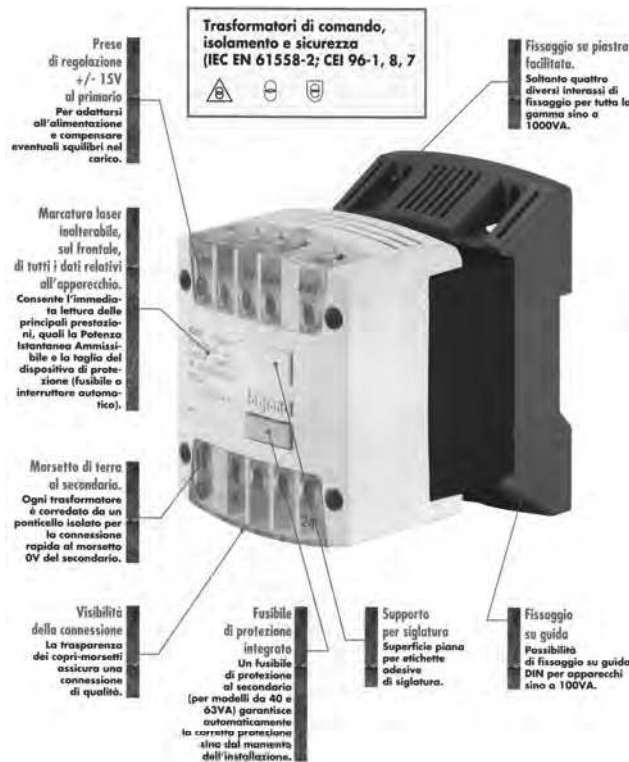
Tab. 6.37 - Caratteristiche elettriche di trasformatori monofase per circuiti di comando. La potenza nominale indica la potenza prelevabile al secondario senza superare i limiti di sovratemperatura prescritti dalle norme, in ambiente con temperatura massima di 35 °C a 1000 m sul livello del mare. In caso di funzionamento oltre i limiti di sovratemperatura nominali, occorre effettuare un declassamento e una conseguente riduzione della potenza prelevabile sull'avvolgimento secondario mediante la formula: $P = (10 - 0,14 \cdot (T - 35)) \cdot P_1$, dove T = temperatura ambiente, P₁ = potenza nominale a 35 °C (Legrand).



Legenda:

- 1) è preferibile (collegamento consigliato);
- 2) tarare l'interruttore di protezione sulla corrente del primario del trasformatore;
- 3) dispositivo di protezione contro le sovracorrenti sul conduttore non collegato a terra;
- 4) la grandezza dell'organo di protezione è determinata in base ai dati del costruttore, in relazione alla caratteristica di resistenza contro l'incollamento (saldatura) dei contatti ausiliari;
- 5) in caso di esercizio senza messa a terra, asportare il ponte e prevedere un dispositivo per il controllo dell'isolamento;
- 6) tensione ausiliaria massima 250 V.

a



b



Esempio di fissaggio su guida DIN.



Esempio di montaggio su piastra.

Fig. 6.346 - a) Prescrizioni per l'alimentazione del trasformatore del circuito di comando (norma CEI 44-5) - b) Esempio di trasformatore per l'alimentazione dei circuiti di comando secondo le norme IEC EN 61558-2 e relativo montaggio (Legrand).

Per determinare la potenza approssimata di un trasformatore, in particolare se il carico comprende anche automatismi, occorre considerare i seguenti punti:

- la potenza massima richiesta in un dato istante;
- la caduta di tensione;
- il fattore di potenza.

Data la variabilità dei carichi, non è possibile applicare rigidamente una regola; uno dei metodi consigliati per la determinazione della potenza richiesta, riportato nelle righe che seguono, è limitato dalle seguenti ipotesi:

- 1) la non contemporaneità di due spunti diversi;
- 2) un fattore di potenza $\cos \varphi = 0,45$;
- 3) il funzionamento contemporaneo di solo il 70% degli apparecchi (fattore di contemporaneità = 0,7).

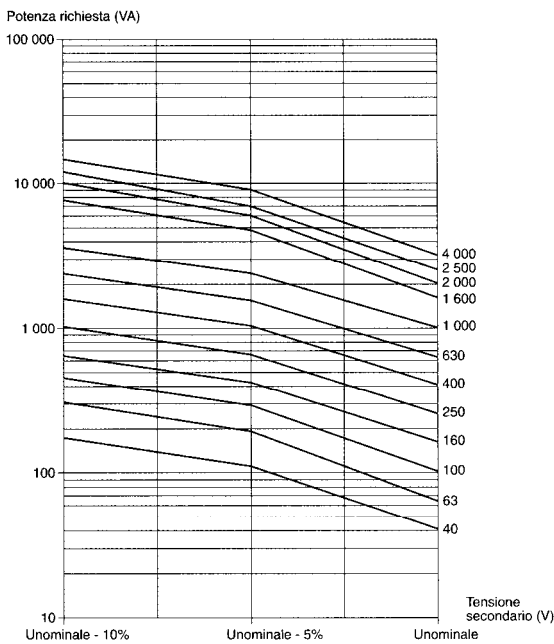
La potenza richiesta P_r può essere determinata utilizzando la seguente formula:

$$P_r = 0,8 \cdot (\sum P_m + \sum P_v + P_a) \text{ dove:}$$

- $\sum P_m$ rappresenta la somma di tutte le potenze di mantenimento dei contattori;
- $\sum P_v$ rappresenta la somma di tutte le potenze delle lampade di segnalazione;
- P_a rappresenta la potenza allo spunto del più grosso contattore.

A questo punto, una volta calcolato il valore della potenza richiesta, si può utilizzare la fig. 6.347b per definire il tipo di trasformatore in base alla sua potenza istantanea ammissibile.

È necessario verificare, infine, che la potenza del trasformatore sia almeno uguale alla somma delle potenze di mantenimento delle lampade di segnalazione e dei contattori, quando sono tutti alimentati (v. fig. 6.347a). Nella tab. 6.39b è riportato un esempio applicativo relativo ad un quadro di comando di una macchina utensile.



Trasformatore di isolamento. Trasformatore in cui gli avvolgimenti primari e secondari sono separati elettricamente da un isolamento doppio o rinforzato, per limitare, nel circuito alimentato lato secondario, rischi dovuti a contatti accidentali simultanei con la terra e con parti attive o masse che possono andare in tensione in caso di guasto all'isolamento fondamentale.

Trasformatore di sicurezza. Trasformatore di isolamento destinato ad alimentare circuiti a bassissima tensione di sicurezza (<50 V a vuoto). Il contatto accidentale sulle fasi dell'avvolgimento secondario può essere sopportato senza alcun pericolo per l'uomo.

Le curve della caduta di tensione (v. fig. 6.347a) forniscono, per ciascuna potenza nominale, la variazione (abbassamento) della tensione sul secondario, in funzione della potenza realmente richiesta. Tale diminuzione può essere incompatibile con il buon funzionamento del carico; per esempio, una tensione inferiore del 10% rispetto al valore nominale, può causare il malfunzionamento di un contattore. È dunque importante, per un dato $\cos \varphi$, conoscere preventivamente la tensione che si renderà disponibile quando la potenza richiesta supererà quella nominale.

Potenza nominale in VA IEC e CSA	Potenza istantanea ammissibile in VA IEC 989 conq di:								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
40	140	120	100	88	79	71	64	59	55
63	270	230	200	170	150	140	130	120	110
100	380	320	280	240	220	200	180	160	150
160	900	770	670	590	520	470	440	400	390
250	1200	1000	870	870	880	620	570	530	510
400	2000	1700	1500	1300	1200	1100	1000	940	940
630	2200	1900	1700	1500	1300	1200	1200	1100	1200
1000	4600	4000	3800	3300	3000	2800	2600	2500	2600
1600	6600	5900	5400	4900	4600	4300	4100	4100	4300
2500	6000	5600	5300	4900	4900	4800	4800	4900	6100
4000	16000	14000	12000	10000	9000	8200	7500	6900	6700

Fig. 6.347 - a) Curve per la determinazione della caduta di tensione per trasformatori di comando, sicurezza e isolamento per un $\cos \varphi = 0,5$ - b) Caratteristiche elettriche di trasformatori monofase per circuiti di comando (Legrand).

I trasformatori devono essere protetti contro i sovraccarichi e i cortocircuiti. Le norme non impongono l'ubicazione del dispositivo di protezione: è il costruttore che sceglie la posizione più adatta sia per il primario sia per il secondario. Nella tab. 6.38a e nella tab. 6.38b sono riportati i valori indicativi che segnalano, per i trasformatori di comando o di sicurezza e di isolamento, il tipo di fusibile o interruttore automatico (tipo C) da scegliere, in funzione della potenza e della tensione sull'avvolgimento secondario. Inoltre, la tab. 6.39a riporta il tipo di fusibile o interruttore automatico (tipo C o D) da inserire nella linea di alimentazione del primario del trasformatore (i valori forniti si riferiscono a trasformatori con una corrente di inserzione pari a circa 25 volte la corrente nominale).

Potenza nominale (VA) IEC e CSA	24V			48V			115V			230V		
	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C
	I (A)	tipo		I (A)	tipo		I (A)	tipo		I (A)	tipo	
40	2	T		1	T		0,4	T		0,2	T	
63	3,15	T		1,6	T		0,63	T		0,315	T	
100	4	gG	4	2	gG	2	1	gG	1	0,5	gG	0,5
160	8	gG	8	4	gG	4	2	gG	2	1	gG	1
250	10	gG	10	6	gG	6	2	gG	2	1	gG	1
400	16	gG	16	8	gG	8	4	gG	4	2	gG	2
630	25	gG	25	12	gG	12	6	gG	6	3	gG	3
1000	40	gG	40	20	gG	20	8	gG	8	4	gG	4
1600	63	gG	63	32	gG	32	16	gG	13	8	gG	8
2500	100	gG	100	50	gG	50	20	gG	20	10	gG	10
4000							32	gG	32	16	gG	16

Potenza nominale (VA)	12V			24V			48V			115V			230V		
	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C	Fusibile		Int. curva C
	I (A)	tipo		I (A)	tipo		I (A)	tipo		I (A)	tipo		I (A)	tipo	
50	4	T		2	T		1,5	T		0,5	T		0,2	T	
63	5	T		2,5	T		1,5	T		0,63	T		0,3	T	
100	8	gG	8	4	gG	4	2	gG	2	1	gG	1	0,5	gG	0,5
160	16	gG	16	8	gG	8	4	gG	4	2	gG	2	1	gG	1
250	20	gG	20	10	gG	10	6	gG	6	2	gG	2	1	gG	1
400	32	gG	32	16	gG	16	8	gG	8	4	gG	4	2	gG	2
630	50	gG	50	25	gG	25	12	gG	12	6	gG	6	4	gG	4
1000	80	gG	80	40	gG	40	20	gG	20	8	gG	8	4	gG	4
1600	125	gG	125	63	gG	63	32	gG	32	16	gG	16	8	gG	8
2500	200	gG	200	100	gG	100	50	gG	50	20	gG	20	10	gG	10

Tab. 6.38 - Caratteristiche delle apparecchiature di protezione da utilizzare sui secondari dei trasformatori: a) Di comando - b) Di sicurezza e di isolamento (Legrand).

Nei quadri elettrici, le apparecchiature elettroniche necessitano, per il loro funzionamento, di un alimentatore, il quale trasforma la tensione di rete trifase o monofase (400/230/115 V-50 Hz) in tensione continua e stabilizzata normalmente a 24 V DC, indispensabile ai PLC e ad altri circuiti, come, per esempio, le unità di ingresso e di uscita, i sensori. In ogni caso, per ogni applicazione occorre dimensionare gli alimentatori in relazione all'assorbimento energetico delle unità, effettuando la somma delle correnti che esse richiedono per poter funzionare.

Potenza VA	230 V Mono			400 V Mono			400 V Tri		
	Fusibile aM	Int. C	Int. D	Fusibile aM	Int. C	Int. D	Fusibile aM	Int. C	Int. D
40	1	1		1	1		1		
63	1	2		1	1		1		
100	1	3		1	2		1		
160	1	6		1	2		1		
250	2	6		1	3		1		
400	4	10		2	6		2		
630	6	16	10	4	10	2	6		
1000	10	20	10	6	16	6	10	6	
1600	10	32	16	10	20	10	16	6	
2500	16		20	10	32	16	20	10	
4000	20		32	16		20	10	16	
6300	25		40	20		32	16	20	
10000	50		63	32		40	20	32	
12500							25	32	
16000							32	40	
20000							40	50	
25000							40	63	
31500							50	75	
40000							63	75	

a

Esempio relativo ad un quadro di comando di una macchina utensile che comprende:

- 10 contattori per motori da 4 kW con una potenza di mantenimento di 8 VA;
- 4 contattori per motori da 18,5 kW con una potenza di mantenimento di 20 VA;
- 1 contattore per un motore da 45 kW con una potenza di mantenimento di 20 VA e una potenza richiesta allo spunto di 250 VA con un fattore di potenza $\cos \varphi = 0,5$;
- 25 relè ausiliari con una potenza di mantenimento di 4 VA;
- 45 lampade di segnalazione con un consumo di 1 VA.

In primo luogo si deve determinare la potenza richiesta, $P_r = 0,8 \cdot (\Sigma P_m + \Sigma P_v + P_s)$; $P_m = 10 \cdot 8 + 4 \cdot 20 + 1 \cdot 20 + 25 \cdot 4 = 280$ VA; $P_v = 45 \cdot 1 = 45$ VA; $P_s = 250$ VA

La potenza richiesta risulta $P_r = 0,8 \cdot (280 + 45 + 250) = 460$ VA con un $\cos \varphi = 0,5$. A questo punto, si determina la potenza del trasformatore, leggendo il valore nella tabella che ci fornisce un valore pari a 160 VA. Ora è possibile controllare se con il 70% dei relè, contattori e lampade di segnalazione alimentate contemporaneamente, la potenza del trasformatore è sufficiente. Nell'esempio riportato, la potenza risulta essere: $0,7 \cdot (280 + 45) = 228$ VA. La potenza del trasformatore, determinata in base alla tabella, è insufficiente per assicurare il mantenimento dei contattori. È necessario, perciò, scegliere una potenza di 250 VA.

b

Tab. 6.39 - a) Caratteristiche delle apparecchiature di protezione relative alla linea di alimentazione del primario del trasformatore - b) Esempio applicativo (Legrand).

In genere, esiste sempre la possibilità di adattare la tensione dell'alimentatore a quella disponibile dalla rete (in genere, 110-115 e 220-230 V monofase o 380-400 V trifase in corrente alternata AC) mediante un commutatore o utilizzando la morsettiera. Sul frontale dell'apparecchiatura sono collocati, in genere, un diodo LED (POWER), che segnala, con la sua accensione, se è presente l'alimentazione in AC, e un diodo LED (DC ON), che segnala se è presente la tensione continua in uscita. Normalmente, sul lato in corrente alternata, è posizionato un fusibile di protezione; su alcune unità, l'eventuale sostituzione di questo fusibile (per esempio, in caso di bruciatura) è facilitata dal fatto che esso è accessibile dall'esterno dell'unità. In certi modelli, è possibile ritrovare un relè che consente di avere, in caso di guasto o anomalia dell'alimentatore, un segnale di allarme (per esempio, in caso di sovraccarico).

Sono utilizzati sempre più spesso alimentatori detti switching, compatti e adatti per il montaggio su guida DIN (v. fig. 6.348a); essi rappresentano la soluzione ottimale nel caso sia necessario alimentare PLC, sensori, moduli I/O di interfaccia.

Questi alimentatori sono così chiamati perché hanno al loro interno un circuito di conversione DC/DC, che utilizza un transistor per commutare la tensione, raddrizzata e livellata, in corrente alternata ad una frequenza superiore a 20 kHz (20÷200 kHz), per poi ritrasformarla in corrente continua del valore desiderato. Tali alimentatori hanno, però, la caratteristica di generare dei disturbi, a causa delle rapide variazioni di tensione e di corrente nei componenti elettronici. I disturbi così creati possono essere irradiati o condotti sui collegamenti e interferire con altre apparecchiature elettroniche.

Diverse sono le tecniche usate dai costruttori per ridurre a limiti accettabili questi disturbi; normalmente, comunque, gli alimentatori switching in commercio sono realizzati in conformità alle normative, che prescrivono limiti precisi alle interferenze elettromagnetiche generate (EMI, *Electro Magnetic Interference*).

Esistono, infatti, indicazioni sia da parte delle normative internazionali IEC, sia da quelle europee CISPR (automazione d'ufficio), tedesche VDE e statunitensi FCC (per l'automazione industriale e d'ufficio).

Gli alimentatori switching sono dotati, in genere, di una serie di protezioni e di particolari funzioni; solitamente, sono dotati di fusibile per la protezione, di filtro per limitare i disturbi di rete, di un circuito di limitazione della corrente di picco all'accensione, di soppressori di transistori (sovratensioni) in ingresso e, talvolta, di apposito circuito di spegnimento, nel caso la tensione scenda al disotto di un certo valore prestabilito.

Per proteggere il carico, si utilizzano, normalmente, un circuito di limitazione della corrente d'uscita (protezione contro il cortocircuito) e una protezione contro le sovratensioni e la tensione inversa sull'uscita.

Oltre alle protezioni di cui si è detto, si possono incontrare, su alcuni modelli, alcune funzioni interessanti, come, per esempio, la funzione di sensing, che consiste nella possibilità di compensare la caduta di tensione che si verifica sui cavi, utilizzati per il collegamento del carico all'alimentatore, grazie a un circuito di compensazione, in grado di rilevare il valore della caduta di tensione. Questa funzione permette di evitare l'uso di conduttori con sezioni sovradimensionate. Un'altra funzione è quella della regolazione di tensione a distanza: con questi alimentatori, è possibile, mediante un potenziometro incorporato, regolare entro certi limiti la tensione in uscita; in alcuni casi, si può effettuare la regolazione a distanza mediante un potenziometro (trimmer di regolazione - V adj) (v. fig. 6.348b). C'è talvolta la possibilità, mediante un comando a distanza, di inibire il funzionamento dell'alimentatore; questa opportunità risulta utile nel caso si abbia un impianto con alimentazione distribuita.

Infine, è spesso possibile il funzionamento in parallelo, per ottenere una maggiore potenza d'uscita o per avere la continuità di funzionamento di almeno uno degli alimentatori, in caso di guasto dell'altro.

Resta da dire, infine, che, se anche l'alimentatore di tipo tradizionale ha un costo allineato con il tipo switching, il costo globale della sua utilizzazione (maggiori dimensioni, maggiore peso e necessità di smaltire il calore) è vantaggioso solo per potenze inferiori a 20÷30 W. Per quanto concerne gli alimentatori switching, i problemi legati ai disturbi che essi generano durante il funzionamento sono estremamente limitati. Se dimensionati correttamente, essi possono essere utilizzati in modo ottimale, con un alto rendimento, vale a dire con inferiore perdita di potenza (che, inevitabilmente, si trasforma in calore), minore invecchiamento dei componenti, scarsa possibilità di rotture, più basso costo di raffreddamento e, quindi, in definitiva, elevata sicurezza di funzionamento.



Tensione trifase (L1, L2, L3) nominale di ingresso [V AC]: 400. Potenza [W]: 120, 240, 480, 960. Tensione di uscita [V]: 24. Corrente di uscita [A]: a seconda dei modelli da 5, 10, 20, 40. Rendimento: >78%. Filtro antidisturbo: Sì. Protezione contro le sovracorrenti. Raffreddati con ventilazione naturale, garantiscono maggiore affidabilità degli alimentatori con ventilazione forzata. Possono essere collegati in serie o parallelo per ottenere rispettivamente una tensione o una corrente più alta. Conformi alle normative EN61000-3-2.

a



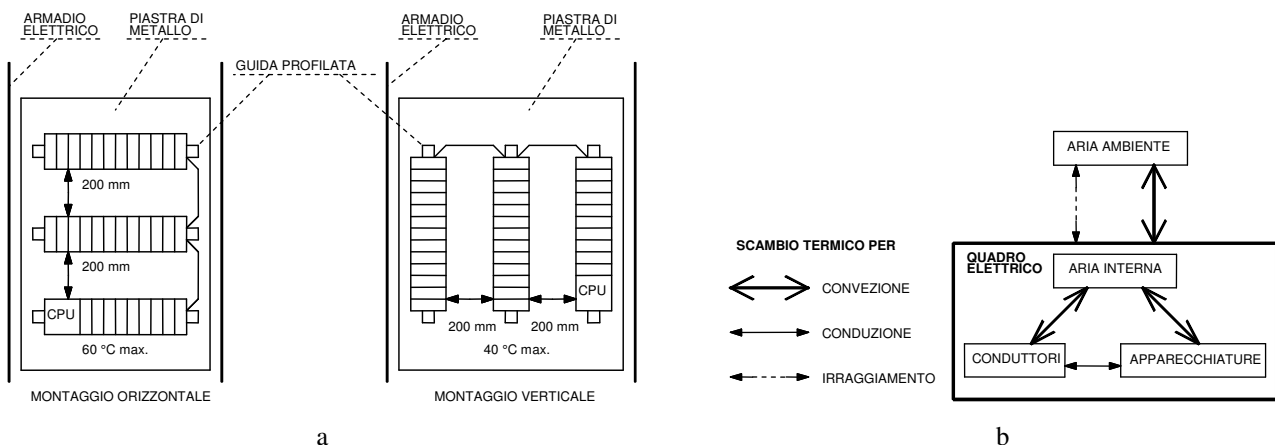
Tensione monofase (L, N) nominale di ingresso [V AC]: 100÷240. Potenza [W]: 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240. Tensione di uscita [V]: 5, 12, 24. Corrente di uscita [A]: a seconda dei modelli da 0,65 a 10 A. Rendimento: >77%. Filtro antidisturbo: Sì. Protezione contro le sovracorrenti. Raffreddati con ventilazione naturale, garantiscono maggiore affidabilità degli alimentatori con ventilazione forzata. Possono essere collegati in serie o parallelo per ottenere rispettivamente una tensione o una corrente più alta. Alcuni modelli sono dotati di display e tastierino che consentono di impostare e controllare i parametri dell'alimentatore (per esempio, tensione e corrente di uscita, picco di corrente erogata, ore di funzionamento).

b

Fig. 6.348 - Alimentatori switching per montaggio su guida DIN: a) Tipo trifase con uscite da 5 a 40 A - b) Tipo compatto con display di monitoraggio (Omron).

Affinché le apparecchiature, in particolare quelle elettroniche come i controllori logici programmabili (PLC) oppure gli inverter, possano operare in modo corretto, devono essere garantite alcune condizioni ambientali, quali la temperatura di funzionamento e l'umidità relativa fissate dal costruttore.

Infatti, molti modelli non devono lavorare a temperature inferiori a 0 °C o maggiori di 60 °C e devono essere protetti da brusche variazioni di temperatura, che possono dar luogo a fenomeni di condensa. L'umidità relativa dell'ambiente in cui operano non deve essere né minore del 30% né maggiore dell'80%. Per quanto concerne la temperatura di funzionamento, è opportuno installare il controllore con i fori per l'aerazione posti in modo da favorire lo scambio termico per convezione. In genere, tale posizione corrisponde a quella orizzontale.



a

b

Fig. 6.349 - a) Montaggio di un PLC su più file - b) Tipi di scambio termico tra le apparecchiature e i conduttori posti all'interno del quadro elettrico e l'ambiente esterno.

Se tale installazione non fosse realizzabile, si può sistemare il controllore verticalmente, avendo cura, però, di ridurre la temperatura massima ammissibile all'interno del quadro elettrico di circa un terzo (per esempio, da 60 °C a 40 °C). Sia nel montaggio orizzontale sia in quello verticale, è opportuno rispettare le distanze minime tra le unità che compongono il controllore (PLC modulari), al fine di garantire un corretto raffreddamento. Nel montaggio

orizzontale, infine, è bene installare l'unità centrale nella parte bassa del quadro elettrico, per evitare che essa sia investita dal calore prodotto dalle altre unità.

Il controllore deve essere protetto da gas corrosivi o infiammabili, polveri, particelle di sale o ferro (che, da sole o mischiate a vapori, possono diventare conduttrici), spruzzi di acqua, olio o sostanze chimiche.

È perciò necessario che le schede elettroniche siano chiuse in un armadio elettrico che abbia un grado di protezione di almeno IP54, vale a dire che eviti la penetrazione di polvere e liquidi. Questo tipo di protezione presenta, però, l'inconveniente di impedire lo smaltimento del calore che si produce all'interno del quadro elettrico; di conseguenza, si ricorre ad un sistema di ventilazione, impedendo, così, che la temperatura superi i 60 °C.

Quando il controllore lavora in ambienti non ostili (assenza di polvere, vapori, ecc.), può essere installato in armadi elettrici con opportune feritoie che consentano lo scambio diretto dell'aria calda all'interno dell'armadio con l'aria esterna più fredda. Questo scambio termico può avvenire spontaneamente, in quanto l'aria calda tende a salire verso l'alto, oppure può essere effettuato forzatamente con opportuni ventilatori; in alcuni casi, si rende necessario usare filtri protettivi, disposti, in genere, nella parte bassa del quadro elettrico.

L'impiego di filtri richiede una manutenzione periodica, in quanto il loro intasamento provoca una notevole riduzione del flusso dell'aria, con un conseguente aumento della temperatura interna.

Qualora l'ambiente sia ostile, è necessario che le apparecchiature elettroniche siano disposte in armadi aventi un certo grado di protezione (come si è detto, almeno IP54); in questo caso, il calore prodotto all'interno riscalda le pareti dell'armadio, le quali, per convezione e irraggiamento, scambiano il calore con l'esterno.

Può essere necessario installare dei ventilatori che, facendo circolare l'aria all'interno, rendono più uniforme la temperatura e permettono, così, di prevenire la formazione di sacche d'aria calda, che spesso creano problemi alle schede elettroniche.

Talvolta si utilizzano degli scambiatori di calore aria-aria, che permettono di raffreddare l'interno dell'armadio senza che si crei una via di comunicazione tra l'aria interna e quella esterna, consentendo, così, un elevato grado di protezione. Qualora la quantità di calore sia molto elevata, si può ricorrere a scambiatori aria-acqua o a condizionatori. Questi dispositivi consentono di portare la temperatura all'interno dell'armadio anche a valori inferiori a quelli dell'ambiente esterno, garantendo sempre un elevato grado di protezione.

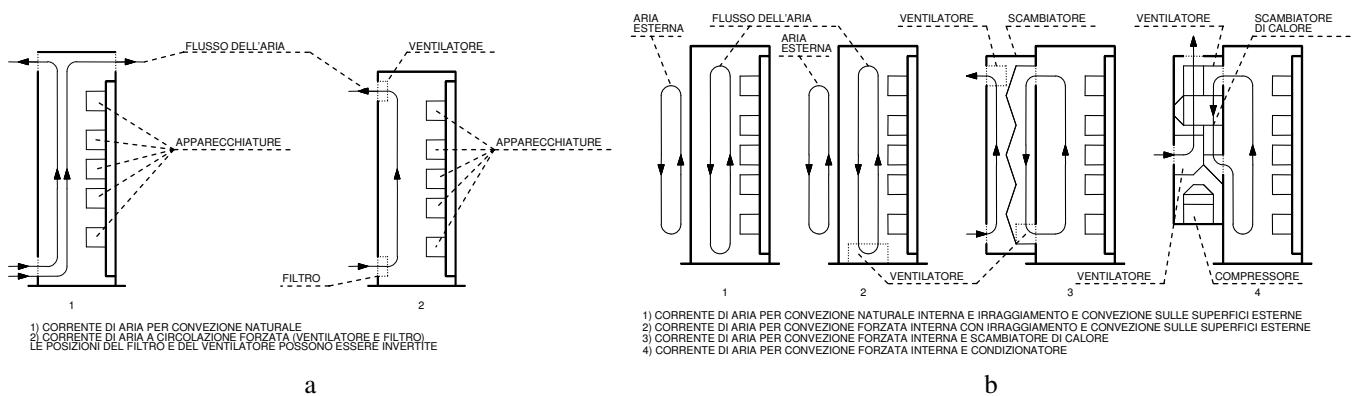


Fig. 6.350 - Tecniche di raffreddamento di un armadio elettrico: a) Aperto - b) In esecuzione chiusa.

Nel caso in cui l'altitudine del luogo di installazione dell'armadio elettrico sia superiore a 1000 m slm, devono essere usate apparecchiature elettroniche adeguate o declassate, secondo le indicazioni del costruttore, per tenere conto della riduzione della rigidità dielettrica dell'aria e del suo ridotto effetto raffreddante.

Qualora il quadro elettrico debba lavorare, invece, in ambienti con basse temperature, si possono utilizzare resistenze anticondensa, che permettono di mantenere una temperatura positiva (>0 °C) all'interno dei quadri ed evitano dannose formazioni di condensa, dovute alle differenti temperature determinate dal funzionamento dei componenti elettrici ed elettronici (v. fig. 6.351a).

Le suddette resistenze hanno un corpo in alluminio con grandi alette, al fine di garantire un buon irraggiamento del calore; possono essere dotate di un ventilatore che migliora l'efficacia della resistenza riscaldante aumentando la convezione dell'aria ed evitando, così, l'accumulo del calore attorno alla resistenza.

I costruttori di quadri elettrici forniscono delle tabelle o dei software per PC che consentono di determinare la portata di un ventilatore o la potenza raffreddante di un condizionatore per armadi, in base alla potenza interna dispersa in calore ed alla differenza di temperatura fra l'interno e l'esterno del quadro. La perdita in calore dei componenti elettrici può essere indicativamente calcolata in base ai valori riportati in fig. 6.352a.

Naturalmente, il calcolo deve essere fatto tenendo conto dei tempi di lavoro previsti per ogni componente. È consigliabile soprattutto per componenti di elevata potenza consultare i cataloghi dei costruttori dei componenti elettrici ed elettronici, al fine di evitare errori di valutazione in eccesso o difetto.



Fig. 6.351 - a) Esempio di installazione di una resistenza anticondensa in un quadro elettrico - b) Quadro elettrico con PLC.

Alla dissipazione dei componenti è necessario aggiungere o sottrarre il calore assorbito o smaltito dal quadro elettrico attraverso le pareti metalliche, a seconda che la temperatura interna sia inferiore a quella ambientale esterna (uso del condizionatore) o superiore ad essa (uso di ventilazione forzata o scambiatori di calore aria-aria).

È possibile calcolare la potenza raffreddante W di un condizionatore necessaria in un armadio elettrico con la seguente formula pratica:

$$W = S \cdot k \cdot \Delta t$$

dove:

- S indica l'intera superficie libera dell'armadio in metri quadrati [m^2],
- k è il coefficiente di scambio termico (circa $5 \text{ W} \cdot m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ per gli armadi in lamiera),
- Δt è la differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno dell'armadio.

Il calcolo è facilitato dal diagramma mostrato nella fig. 6.352b.

Calore dissipato in percentuale [%] rispetto alla potenza impegnata, da parte di alcuni componenti elettromeccanici ed elettronici:

- trasformatori (2÷5);
- azionamenti e inverter (5);
- PLC (150 W);
- controllo numerico (200 W);
- alimentatori (10);
- bobine di relè e contattori (3);
- lampade ad incandescenza (100);
- resistenze (100).

Se, per esempio, dopo aver calcolato la potenza dissipata secondo le indicazioni dei costruttori oppure secondo i valori medi riportati nella fig. 6.352a, la potenza risulta di 1000 W, il grafico riporta, per una differenza di temperatura di $20^\circ C$, una superficie libera del quadro elettrico di 10 m^2 .

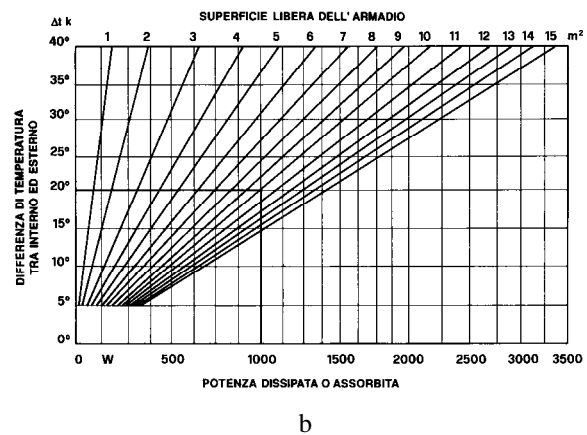


Fig. 6.352 - a) Esempi di perdite di calore di alcuni componenti elettrici - b) Diagramma per il calcolo della potenza dissipata o assorbita da un armadio elettrico (Kelvin).

Qualora la superficie sia inferiore e si voglia mantenere la stessa differenza di temperatura, è necessario installare un condizionatore o uno scambiatore di calore, come quelli mostrati in fig. 6.353 che sono caratterizzati da un indice, riportato nella tabella di fig. 6.353, denominato resa.

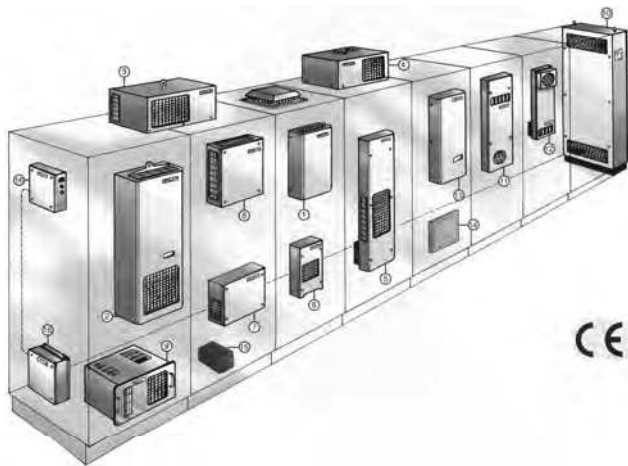
Quando la temperatura dell'armadio è superiore alla temperatura esterna, si ha un vantaggio, nel caso inverso (temperatura esterna superiore a quella interna), la potenza che l'armadio riceve dall'ambiente deve essere tolta dal condizionatore, insieme alla potenza prodotta dalle apparecchiature elettriche.

Nella definizione della portata dei ventilatori, è sempre bene considerare una riduzione del rendimento fino al 20%, in seguito alla progressiva saturazione dei filtri (lavabili in acqua o con un soffio di aria compressa).

È consigliabile che la temperatura all'interno del quadro elettrico non scenda al disotto di $30^\circ C$, per evitare la formazione di condensa sui componenti all'apertura delle porte. In caso di utilizzo di condizionatori, un'elevata formazione di acqua dovuta alla condensa indica un cattivo grado di tenuta del quadro dalle guarnizioni o dai fori di passaggio dei cavi. È altresì necessario togliere l'alimentazione elettrica all'apertura della porta.

Se sono previste basse temperature ambientali, è necessario installare scandiglie anticondensa.

È bene, infine, evitare che le apparecchiature elettroniche (per esempio, PLC) siano esposte alla luce solare diretta e che lavorino in ambienti con forti vibrazioni o urti superiori ai livelli indicati dai costruttori.



Rif.	Descrizione	Resa	Applicazione
1	Condizionatore d'aria	300÷1000 W	Parete
2	Condizionatore d'aria	1080÷4000 W	Parete
3	Condizionatore d'aria	490÷4000 W	Soffitto
4	Condizionatore d'aria	490÷1800 W	Soffitto
5	Condizionatore d'aria	1000÷2100 W	Parete
6	Condizionatore d'aria	340 W	Parete
7	Condizionatore d'aria	340 W	Parete
8	Condizionatore d'aria	670÷810 W	Parete
9	Condizionatore d'aria	650÷1450 W	Rack 19"
10	Condizionatore d'aria	3500÷8500 W	Parete
11	Scambiatore aria/aria	12÷100 W/K (IP54)	Esterno/interno
12	Scambiatore aria/aria	27÷32 W/K (IP55)	Parete/soffitto
13	Scambiatore aria/acqua	500÷9000 W	Parete
14	Sistemi di ventilazione	150÷850 m ³ /h	Parete/soffitto
15	Scandaglia anticondensa	10÷400 W	Interno
16	Free-cooling	1800÷3800 W	Parete

Fig. 6.353 - Posizionamento e caratteristiche dei condizionatori e scambiatori per quadri elettrici (Kelvin).

I quadri elettrici possono essere completati da strumenti di misura, in genere di tipo digitale, in grado di misurare tutte le grandezze elettriche, in vero valore efficace (TRMS) ovvero anche in presenza di armoniche, per sistemi monofase, bifase e trifase, con o senza neutro.

Gli strumenti di misura sono utilizzati per i sistemi di distribuzione, di cogenerazione dell'energia elettrica (per esempio, impianti fotovoltaici), per i gruppi elettrogeni e a bordo delle macchine automatiche.

È possibile, così, installare voltmetri, amperometri, wattmetri, frequenzimetri e cosfimetri, se necessario, per esempio, per elevati valori di corrente (40÷1000 A), mediante trasformatori di corrente TA con corrente di uscita standard di 5 A (v. fig. 6.354 rif. (8)).

Questi dispositivi sono disponibili sia in versione modulare (per esempio, 3 moduli), da installare mediante guida DIN, sia da incasso (per esempio, 96x48 mm) da montare sui pannelli frontali dei quadri (v. fig. 6.354).

A catalogo sono presenti strumenti in grado di effettuare più misure (multimetri) e in grado di controllare e misurare anche centinaia di grandezze elettriche (per esempio, 47 oppure 251). È così possibile misurare grandezze elettriche quali la potenza attiva, reattiva e relative energie, effettuare l'analisi armonica, l'asimmetria delle tensioni e così via.

Questi strumenti, di cui si riportano gli schemi di collegamento nella fig. 6.355, possono essere dotati di uscite digitali a relè o statiche programmabili, utili, per esempio, per segnali di allarme (per esempio, tensione o corrente minima/massima, potenza massima).

I modelli più evoluti sono dotati di interfaccia seriale tipo RS485 e RS232, che consente, mediante un bus di campo o mediante PC, il controllo remoto, la programmazione e il monitoraggio.



Legenda.

- 1) Strumento digitale modulare trifase (voltmetro).
- 2) Strumento digitale modulare trifase (amperometro).
- 3) Multimetro digitale modulare.
- 4) Strumento digitale da incasso monofase (voltmetro).
- 5) Multimetro digitale da incasso.
- 6) Strumento digitale da incasso trifase.
- 7) Multimetro digitale da incasso.
- 8) Trasformatore di corrente (TA) (40÷1000 A)/5 A.

Grado di protezione sul fronte IP40 per i modelli modulari e IP54 per i modelli da incasso.

Temperatura di impiego -20÷+60 °C.

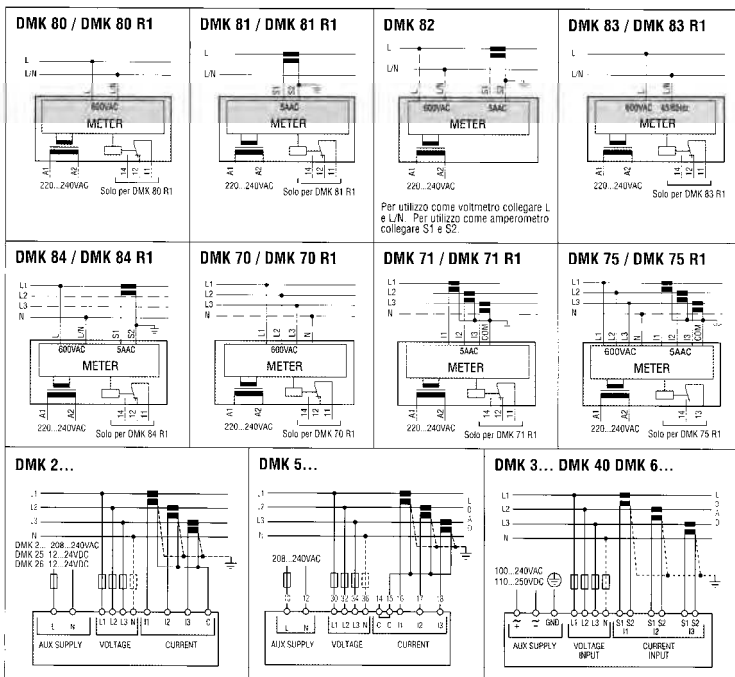
Tensione di alimentazione 12÷24 V DC oppure 220÷240 V AC, 50/60 Hz.

Fig. 6.354 - Strumenti di misura digitali per quadri elettrici modulari e da incasso e trasformatore di corrente TA (Lovato).

Di seguito sono riportati ulteriori suggerimenti per la realizzazione di quadri elettrici. Essi si rivelano particolarmente validi nei casi di quadri elettrici contenenti apparecchiature elettroniche.

- Se i carichi collegati alle uscite dei PLC sono di tipo induttivo, come contattori, relè ed elettrovalvole, occorre installare, in parallelo al carico, un soppressore di disturbi, formato da un gruppo RC, o un VDR o un diodo, secondo le modalità descritte nell'approfondimento riportato nel CD-ROM.

- Non si devono utilizzare, per l'illuminazione interna del quadro elettrico, normali lampade fluorescenti, che sono causa di forti disturbi. Qualora non si possa fare a meno di questo tipo di lampada, diventa necessario utilizzare apposite plafoniere precablate, che incorporano sia un filtro antidisturbo sia uno starter di tipo elettronico.
- Per l'alimentazione delle unità di programmazione (per esempio, un personal computer portatile), bisogna prevedere, in ogni quadro elettrico contenente un PLC, almeno una presa monofase a 230 V AC, che deve essere utilizzata in caso di manutenzione. Tale presa è alimentata dalla rete ed è collegata al conduttore di protezione dell'armadio.
- Si ricorda di non inserire o rimuovere parti di PLC (moduli, CPU, ecc.) quando il sistema è alimentato, al fine di evitare un loro eventuale danneggiamento.
- L'alimentazione di un PLC può essere effettuata sia in DC sia in AC, a seconda del tipo di controllore scelto e in base al tipo di alimentazione disponibile. Normalmente, sono alimentati a 24 V DC o a 115/240 V AC, mentre gli ingressi e le uscite possono essere alimentati a diverse tensioni e con diverso tipo di corrente.



Legenda.

Strumenti monofase.

- DMK 80/DMK 80 R1: voltmetro.
- DMK 81/DMK 81 R1: amperometro.
- DMK 82: voltmetro o amperometro.
- DMK 83/DMK 83 R1: frequenzimetro.
- DMK 84/DMK 84 R1: cosfmetro.

Strumenti trifase con o senza neutro.

- DMK 70/DMK 70 R1: voltmetro.
- DMK 71/DMK 71 R1: amperometro.
- DMK 75/DMK 75 R1: voltmetro, amperometro e wattmetro.

Multimetri trifase con o senza neutro.

- DMK 2...: multimetro da incasso che visualizza 47 grandezze elettriche.
- DMK 5...: multimetro modulare che visualizza 47 grandezze elettriche.
- DMK 3..., DMK 40, DMK 6...: multimetro che visualizza 251 grandezze elettriche.

Negli schemi, è possibile notare i morsetti necessari per effettuare la o le misure (per esempio, corrente, tensione), i morsetti per l'alimentazione (A1-A2) e, infine, i morsetti del relè di uscita (per esempio, per gli allarmi). Si noti, infine, l'uso dei trasformatori amperometrici TA, nelle inserzioni sia monofase sia trifase.

Fig. 6.355 - Schemi elettrici di inserzione degli strumenti per quadri elettrici (Lovato).

6.31 Prove da eseguire sui quadri e sugli equipaggiamenti elettrici delle macchine

Sull'equipaggiamento elettrico delle macchine (quadro elettrico e relativi circuiti e dispositivi a bordo macchina), nella condizione di collegamento di ogni sua parte, devono essere effettuate delle prove, trattate dalla norma CEI EN 60204-1. Le prove devono essere ripetute, limitatamente alle parti interessate, in occasione di sostituzioni o modifiche all'impianto.

Tipo di prova	Metodo di esecuzione
1) Continuità del circuito di protezione equipotenziale	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica a vista dell'integrità dei conduttori. • Verifica del grado di serraggio delle connessioni. • Verifica strumentale della caduta di tensione fra il morsetto PE e i vari punti del circuito di protezione equipotenziale (secondo quanto riportato nella tab. 6.41).
2) Prova della resistenza d'isolamento	La resistenza R deve essere maggiore o uguale a $1 \text{ M}\Omega$ tra il circuito di potenza e il circuito di protezione equipotenziale, con applicata una tensione di 500 V DC.
3) Prova di tensione	Deve essere applicata una tensione di 1000 V alla frequenza di 50 Hz (o un valore pari al doppio di U_n , se risulta superiore a 1000 V), ottenuta tramite un trasformatore di almeno 500 VA e applicata per almeno 1 s fra i conduttori di tutti i circuiti (esclusi quelli elettronici e quelli dei sistemi PELV, SELV o FELV). Prima della prova, è necessario scollegare tutti i componenti non in grado di sopportare tali valori di tensione (per esempio, circuiti elettronici).
4) Protezione contro le tensioni residue	Verificare che sui condensatori non permangano, dopo 5 s dal venire meno della tensione, valori di potenziale residuo superiori a 60 V.
5) Compatibilità elettromagnetica (EMC)	Devono essere effettuate in conformità all'ambiente d'installazione, secondo le indicazioni riportate dalla Pubblicazione IEC 801.
6) Prove funzionali	Provare il ciclo automatico, manuale e, se presente, il ciclo a sicurezze escluse.

Tab. 6.40 - Prove sull'equipaggiamento elettrico secondo la norma CEI EN 60204-1.

Sezione massima del circuito in prova [mm ²]	ΔU_{\max} [V]
1,0	3,3
1,5	2,6
2,5	1,9
4,0	1,4
6,0	1,0

Tab. 6.41 - Caduta di tensione massima ammissibile sul circuito di protezione equipotenziale.

Le apparecchiature di misura, per poter essere utilizzate, devono rispondere ai requisiti indicati dalle norme.

Il costruttore del quadro o dell'equipaggiamento elettrico della macchina è tenuto a redigere la dichiarazione CE di conformità alle direttive relative; in tal modo, il costruttore potrà apporre la marchiatura CE.

Le direttive applicabili sono la Direttiva macchine e la Direttiva bassa tensione. È possibile conferire la presunzione del soddisfacimento dei requisiti essenziali delle direttive utilizzando, per esempio per la progettazione e la costruzione, le norme tecniche relative.

Le norme alle quali occorre fare riferimento sono la norma CEI 17-13/1 (CEI EN 60439-1) relativa ai quadri elettrici tipo AS e ANS, la norma CEI 23-51 relativa ai quadri elettrici per uso domestico e similari, la norma CEI 44-5 (CEI EN 60204-1) relativa agli equipaggiamenti elettrici delle macchine.

Per comprendere il campo di applicazione delle norme indicate precedentemente e individuare quali prove si devono eseguire in funzione dei tipi di apparecchiature che si vogliono realizzare, è importante conoscere le principali definizioni. I quadri elettrici per uso domestico e similare devono essere conformi alla norma CEI 23-51.

Per rientrare nell'ambito di questa norma, il quadro deve presentare le seguenti caratteristiche:

- deve essere per uso domestico o similare, realizzato assemblando componenti che dissipano una potenza in involucri vuoti realizzati conformemente alla norma CEI;
- deve funzionare con una tensione nominale non superiore a 440 V AC;
- deve presentare una corrente totale in entrata non superiore a 125 A;
- deve avere una corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione non superiore a 10 kA;
- deve essere installato in un ambiente con una temperatura media non superiore a 25 °C.

La norma CEI 23-51 è di particolare importanza in quanto si applica a circa il 90% dei quadri elettrici installati.

Qualora il quadro sia realizzato secondo la norma CEI 17-13/1, è necessario distinguere se è del tipo AS o del tipo ANS. In pratica, quasi tutti i quadri elettrici realizzati in conformità alla norma CEI 17-13/1 sono del tipo ANS, poiché, generalmente, si utilizzano per la realizzazione componenti di diversi costruttori (carpenteria metallica, interruttori, connettori, dispositivi di segnalazione e comando, ecc.) e, quindi, ben difficilmente il quadro può essere per tutti i suoi componenti riconducibile ad un prototipo provato da un singolo costruttore o ad un sistema costruttivo prestabilito (quadro tipo AS).

Quando il quadro elettrico, da solo o insieme ad altre apparecchiature o componenti, è montato su di una macchina, diventa parte integrante dell'equipaggiamento elettrico della macchina; in questo caso, esso deve essere conforme alla norma CEI 44-5. Le prove devono essere eseguite dall'impresa o ditta che assembla il quadro elettrico alla fine della sua realizzazione e prima di essere messo in servizio. Quando lo stesso quadro è collegato ad una macchina, essa deve essere provata successivamente dal suo costruttore, in conformità alle prescrizioni della norma CEI 44-5, insieme agli altri componenti dell'equipaggiamento elettrico che la compongono.



Funzioni disponibili.

- Continuità e caduta di tensione sul circuito di protezione con $I > 10$ A, $U < 12$ V AC.
- Continuità del circuito di protezione con $I > 10$ A, $U < 6$ V AC.
- Resistenza di isolamento con tensione di 500 V AC.
- Rigidità dielettrica con tensione di 1000 V, 2500 V AC.
- Rigidità dielettrica con tensione programmabile fino a 4000 V AC.
- Impedenza di Loop/Linea ad alta risoluzione (con accessorio opzionale IMP57).
- Timer programmabile e soglie limite impostabile sulle misure.
- Corrente di dispersione sulla spina della macchina.
- Prova funzionale misura corrente sulla spina.
- Display a LED rossi sul pannello frontale.
- Memoria interna e interfaccia seriale RS232.
- Sicurezza EN61010-1.
- Categoria di misura CAT III 240 V.
- Alimentazione 230 V/50 Hz.

Fig. 6.356 - Strumento multifunzione per le verifiche sulle macchine elettriche secondo le norme EN60204-1 e sui quadri elettrici secondo le norme EN60439-1 (CEI 17-13).

Tra gli strumenti di misura fondamentali, il più diffuso e conosciuto è il **tester** o **multimetro**. Questo strumento è realizzato sia in versione portatile sia in versione da laboratorio e consente, generalmente, di eseguire almeno misure di **tensione**, di **corrente** e di **resistenza** in corrente continua (DC) e in corrente alternata (AC), con diverse portate per ogni funzione. Per questo motivo, il tester è definito uno strumento multifunzione o multimetro. I tester sono disponibili in versione sia analogica sia digitale e hanno diverse portate, ottenute mediante commutazione manuale o automatica.

Un altro strumento molto diffuso, descritto nel Capitolo 5, è la **pinza amperometrica**, che consente di misurare correnti anche molto elevate, senza bisogno di interrompere il circuito di misura (v. fig. 5.112c).

Verifica della resistenza di isolamento (norme CEI 17-13/1, 23-51, 44-5). Questa misura (v. fig. 6.357) deve essere eseguita utilizzando un misuratore della resistenza di isolamento con una tensione di prova di 500 V DC.

Nei quadri elettrici, si deve accertare che il valore della resistenza di isolamento tra ogni conduttore attivo e le masse e tra i conduttori attivi fra loro non sia inferiore a 230 k Ω per ciascun circuito, con una tensione nominale verso terra di 230 V, per i quadri di tipo ANS e per uso domestico e similare.

Per gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, si deve accertare che il valore della resistenza di isolamento non sia inferiore a 1 M Ω tra ogni conduttore del circuito di potenza e il circuito di protezione equipotenziale.

Si noti che, se sono presenti delle apparecchiature elettroniche, installate nel quadro o nell'equipaggiamento elettrico, che possono essere danneggiate, esse devono essere scollegate durante la prova; inoltre, si ricorda che la norma CEI 64-8 prescrive, con una tensione di 500 V di prova, una resistenza di isolamento minima di 500 k Ω per ogni circuito inteso nella sua completa estensione (quadro più impianto).

Di conseguenza, per evitare problemi dopo l'installazione del quadro, è consigliabile utilizzare lo stesso valore di resistenza d'isolamento minima di 500 k Ω anche per i quadri elettrici.

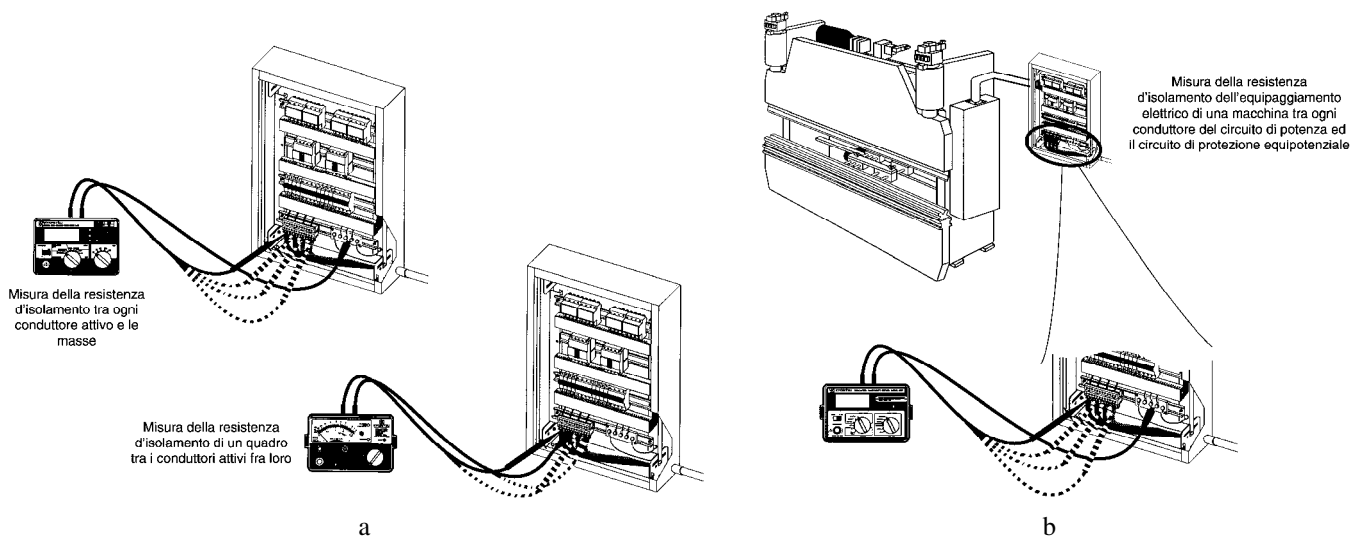


Fig. 6.357 - a) Misura della resistenza di isolamento in un quadro elettrico - b) Misura della resistenza di isolamento di una macchina.

Qualora si debba valutare la resistenza d'isolamento di un motore asincrono, occorre misurare la resistenza tra gli avvolgimenti e la massa, quindi, dopo aver aperto l'eventuale collegamento a triangolo o a stella, si deve misurare la resistenza tra ogni fase e la massa.

La misura della resistenza d'isolamento non fornisce delle misure quantitative, ma solo qualitative.

Generalmente, per motori nuovi e in condizioni climatiche normali, il valore della resistenza d'isolamento supera il valore di 100 M Ω .

Nel caso di motori riavvolti o sottoposti a condizioni di funzionamento in ambienti umidi, il valore minimo della resistenza d'isolamento può essere calcolato con la seguente formula.

$$R_i = (U \cdot 10^2) / P_n \cdot 1000 \text{ [M}\Omega\text{]}$$

dove:

- R_i è la resistenza di isolamento in megaohm [M Ω];
- U è la tensione nominale della macchina in volt [V];
- P_n è la potenza nominale della macchina in kilowatt [kW].

Qualora la resistenza d'isolamento risulti inferiore al valore sopraindicato, è necessario aumentarne il valore, essiccando il motore in un apposito forno, oppure, nel peggiore dei casi, può essere necessaria la sua sostituzione.

Prova di continuità del circuito di protezione (norme CEI 17-13/1, 23-51, 44-5). Questa prova (v. fig. 6.358) è effettuata solo sui quadri con involucri metallici, mediante uno strumento misuratore della resistenza o prova di

continuità. Essa deve verificare che la resistenza tra il terminale d'ingresso del conduttore di protezione e la massa ad esso collegata sia sufficientemente bassa.

Negli equipaggiamenti elettrici delle macchine, è richiesto di misurare la caduta di tensione tra il morsetto PE (barra o nodo equipotenziale) e le masse ad esso collegate, utilizzando una corrente di prova di 10 A AC a 50 Hz.

La tensione misurata alla corrente di prova di 10 A, tra il morsetto PE e le masse, non deve superare i valori riportati nella tab. 6.41. Per evitare di commettere errori di valutazione, dovuti ai parallelismi fra i diversi conduttori di protezione ed equipotenziali, è consigliabile eseguire la prova di continuità con una delle terminazioni dei conduttori (per esempio, alla barra o al nodo equipotenziale) scollegata.

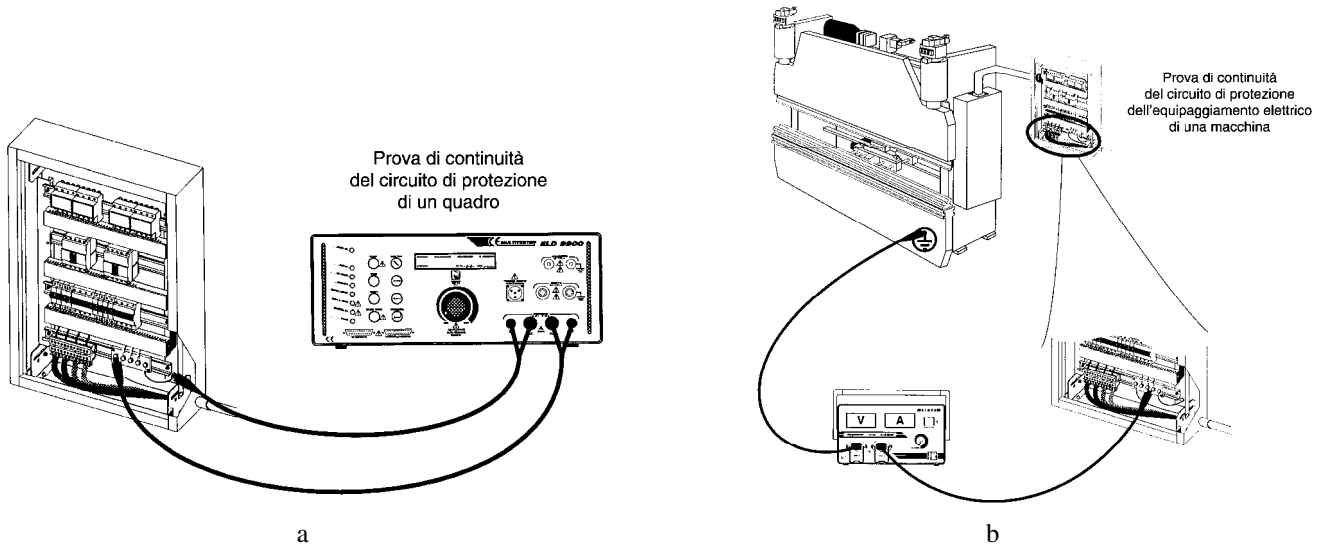


Fig. 6.358 - a) Prova di continuità del circuito di protezione in un quadro - b) Prova di continuità del circuito di protezione negli equipaggiamenti elettrici delle macchine.

Prova di tensione applicata (rigidità dielettrica) (norme CEI 17-13/1, 44-5). Questa prova (v. fig. 6.359a e fig. 6.359c) si realizza utilizzando un'apparecchiatura per la prova della rigidità dielettrica, in grado di fornire le tensioni di prova richieste alla frequenza di rete (50 Hz) mediante un trasformatore di potenza nominale minima di 500 VA.

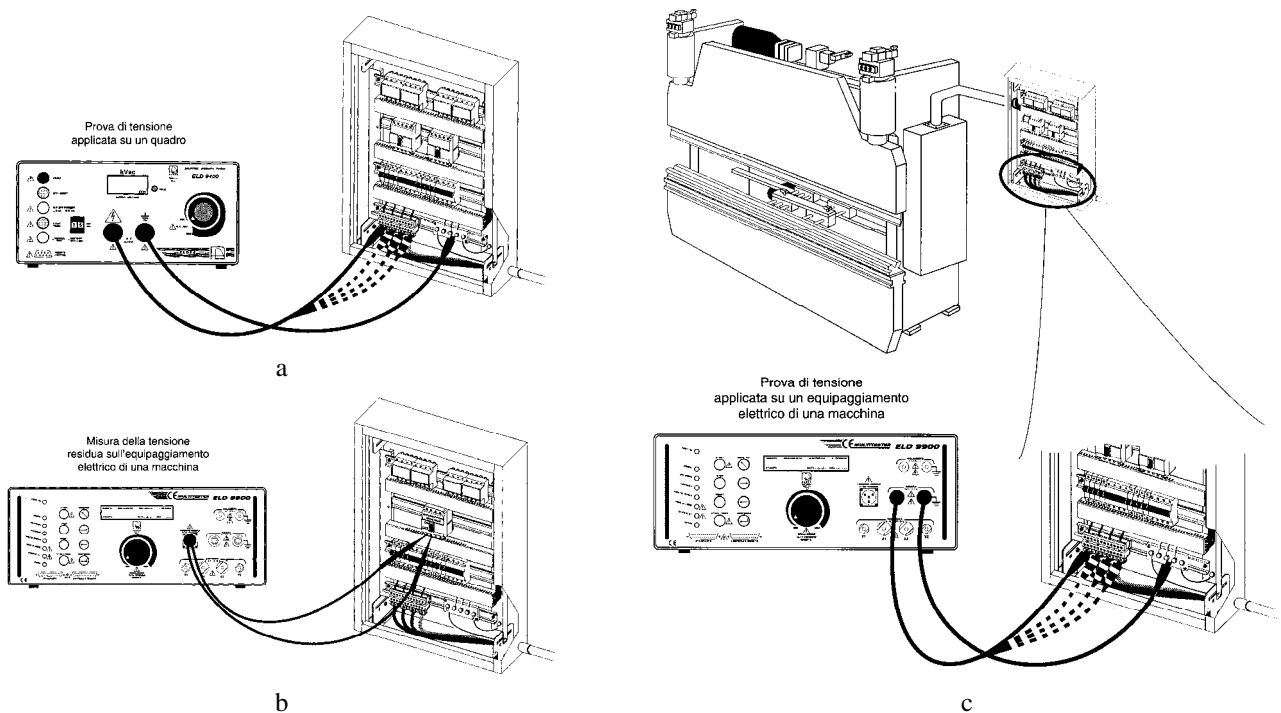


Fig. 6.359 - a) Prova di tensione applicata su un quadro elettrico - b) Prova per il controllo della presenza di tensioni pericolose all'interno della macchina - c) Prova di tensione applicata su un equipaggiamento elettrico di una macchina.

La prova deve accertare che, all'applicazione della tensione di prova, tra tutti i circuiti attivi e le masse non si verifichino scariche superficiali o in aria.

Per i quadri elettrici di tipo AS, il valore della tensione di prova deve essere di 2500 V per un minuto.

Per gli equipaggiamenti elettrici delle macchine, il valore della tensione di prova deve essere di 1000 V per un secondo. I componenti, in particolare quelli elettronici, che non sono dimensionati per sopportare tali tensioni devono essere scollegati durante la prova.

Prova contro le tensioni residue (norma CEI 44-5). Questa prova (v. fig. 6.359b) ha lo scopo di accertare che all'interno della macchina non permangano tensioni pericolose, dopo che è stata tolta l'alimentazione.

Si deve accertare che la tensione residua sull'impianto elettrico della macchina sia inferiore a 60 V dopo 5 s dall'interruzione dell'alimentazione.

6.32 Interfacce per sensori e attuatori (nel CD-ROM allegato)

6.33 Misure per la protezione delle apparecchiature elettroniche dai disturbi elettrici (nel CD-ROM allegato)

6.34 Circuito antidisturbo (nel CD-ROM allegato)

6.35 Tecniche di sicurezza (nel CD-ROM allegato)

6.36 Domande di verifica (nel CD-ROM allegato)

6.37 Tabella di conversione tra la siglatura AWG (nord America) e le sezioni commerciali europee (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 7

MOTORI E AZIONAMENTI ELETTRONICI

7.1 Motori elettrici

I motori elettrici sono macchine che hanno la caratteristica di trasformare l'energia elettrica in energia meccanica. Essi trovano tantissime applicazioni in ambito sia civile sia industriale.

Queste macchine elettriche sono disponibili con potenze che variano da frazioni di watt a decine di migliaia di kilowatt; possono funzionare, secondo il modello, nelle più svariate situazioni e condizioni ambientali; hanno normalmente un funzionamento silenzioso e, rispetto ai motori a combustione interna, non generano gas tossici; sono pronti per funzionare e, nel peggiore dei casi, necessitano di semplici dispositivi di avviamento.

Negli ultimi anni, l'uso dell'elettronica ha consentito di migliorare ulteriormente le prestazioni dei motori elettrici: è possibile, infatti, variare le caratteristiche meccaniche, cioè la coppia motrice e la velocità di rotazione dell'albero, in modo continuo e, in alcuni casi, con apparecchiature semplici, compatte e poco costose.

Il principio di funzionamento del motore elettrico, come si vedrà meglio in seguito, si basa sull'interazione tra campi magnetici generati, in genere, da correnti elettriche che percorrono delle spire (avvolgimenti), realizzate normalmente in filo di rame e poste su una parte fissa (statore) ed una parte mobile (rotore). Tali interazioni determinano la nascita di una coppia motrice, che pone in rotazione il rotore.

I motori sono caratterizzati da grandezze elettriche e meccaniche come la tensione di alimentazione U [V], la corrente assorbita I [A], la potenza meccanica P [W] (si noti che la potenza meccanica è inferiore alla potenza elettrica assorbita dalla linea di alimentazione a causa delle perdite che si verificano durante il funzionamento), la velocità di rotazione del rotore n [giri/min], la coppia motrice T [N m].

In commercio sono disponibili svariati tipi di motori elettrici con differenti principi di funzionamento, quali, per esempio, motori asincroni trifase e monofase, motori in corrente continua, motori sincroni, motori a collettore, motori passo-passo, motori brushless.

Di seguito sono presentati, in particolare, i motori elettrici più diffusi in ambito industriale: il motore asincrono trifase e monofase e i motori in corrente continua, che, insieme, coprono circa l'85% del mercato.

7.2 Motori asincroni trifase: principio di funzionamento

Se si alimentano due bobine per mezzo di un sistema bifase, cioè con due correnti alternate di uguale frequenza e valore efficace, ma sfasate tra di loro di 90° elettrici, si genera un campo magnetico di intensità costante, che ruota, però, uniformemente rispetto all'asse geometrico del motore (v. fig. 7.1a).

Il campo rotante così ottenuto induce nel cilindro conduttore, posto all'interno delle bobine, delle correnti che, per la legge di Lenz, danno luogo a un flusso che si oppone alle cause che l'hanno generato, costringendo il cilindro a seguire la rotazione del campo rotante induttore (v. fig. 7.1b).

Un risultato analogo è ottenuto anche nel caso in cui il campo magnetico rotante sia prodotto da tre bobine identiche, spostate l'una rispetto all'altra di un angolo pari a 120° elettrici, corrispondenti ad un terzo di periodo, e alimentate da una terna di tensioni trifase.

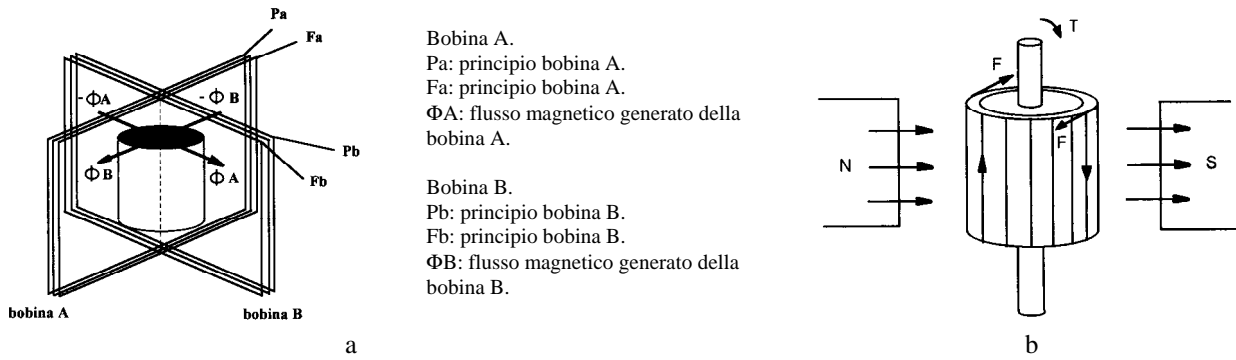


Fig. 7.1 - Principio di funzionamento dei motori asincroni: a) Campo magnetico rotante - b) Formazione nel rotore della coppia motrice.

La velocità del campo magnetico rotante, detta velocità di sincronismo, è costante e pari alla frequenza della corrente.

Se per ogni fase si dispongono più bobine in modo da formare più campi, si ottengono i motori multipolari.

In questo caso se si indica con f la frequenza (Hz) e con p il numero dei poli, la velocità di sincronismo n_0 è data dalla seguente formula:

$$n_0 = 120 \cdot f/p$$

Numero di poli	2	4	6	8	10	12	16	24	32	48
n_0 [giri/min] a 50 Hz	3000	1500	1000	750	600	500	375	250	188	125
n_0 [giri/min] a 60 Hz	3600	1800	1200	900	720	600	450	300	226	150

Tab. 7.1 - Velocità di sincronismo tipiche dei motori asincroni funzionanti alle frequenze di 50 e 60 Hz.

I motori funzionanti ad una frequenza di 60 Hz hanno velocità di sincronismo maggiori del 20%.

Il campo magnetico rotante induce nei conduttori del rotore (che costituiscono la parte mobile del motore) delle forze elettromotrici (f.e.m.) che fanno circolare delle correnti nel circuito rotorico, che è chiuso.

Le correnti rotoriche danno origine a un campo magnetico che, interagendo con il flusso del campo rotante statorico, dà luogo a una coppia, la quale tende a far ruotare il rotore nello stesso senso del campo magnetico rotante.

Se la coppia motrice è superiore alla coppia resistente applicata al rotore, quest'ultimo si pone in rotazione.

I conduttori rotorici, per effetto delle f.e.m. indotte che fanno circolare correnti di direzione perpendicolare al campo induttore, saranno soggetti ad una forza che può essere espressa mediante la seguente relazione:

$$F = B \cdot l \cdot i$$

dove: B è l'induzione del campo magnetico, l è la lunghezza dei conduttori soggetti al campo e, infine, i è la corrente.

La direzione della forza F è determinata con la regola della mano sinistra: una forza di uguale intensità, verso opposto e direzione parallela alla forza F interesserà il conduttore rotorico di ritorno e le due forze daranno origine alla coppia T (v. fig. 7.1b).

Quando il motore funziona a vuoto, la velocità del rotore è prossima alla velocità di sincronismo, che corrisponde, come si è detto precedentemente, a quella del campo magnetico rotante statorico.

Quando si applica un carico, la velocità del rotore diminuisce, mentre aumenta la velocità relativa fra campo statorico e rotorico, con conseguente incremento delle correnti indotte nei conduttori del rotore e della coppia motrice. Quando si arriva a regime, la velocità del rotore diminuisce fino a eguagliare la coppia resistente.

Si noti che la velocità del rotore non può mai raggiungere la velocità di sincronismo, perché, se così fosse, il flusso rotante statorico e i conduttori posti sul rotore avrebbero sempre la stessa posizione relativa e, di conseguenza, non si avrebbe nessuna variazione di flusso nei conduttori del rotore, condizione questa necessaria affinché possano essere generate f.e.m. indotte, quindi correnti indotte (il circuito del rotore è chiuso) e, in definitiva, una coppia motrice.

La differenza tra la velocità di sincronismo n_0 e la velocità effettiva di rotazione del rotore è detta scorrimento ed è normalmente espressa in percentuale (%) della velocità sincrona, secondo la seguente formula:

$$s = (n_0 - n)/n_0 \cdot 100$$

dove: s esprime lo scorrimento in percentuale, n_0 la velocità sincrona in giri/min ed n la velocità effettiva di rotazione del rotore.

Durante il funzionamento a vuoto, la velocità di rotazione del rotore è di poco inferiore a quella di sincronismo (scorrimento inferiore allo 0,5%); durante il normale funzionamento a potenza nominale, il valore dello scorrimento varia, invece, dallo 0,5÷1% dei motori di grande potenza al 6÷8% dei motori di piccola potenza.

Per esempio, se si considera un motore a 4 poli da 0,75 kW, esso avrà una velocità di sincronismo pari a 1500 giri/min, e una velocità nominale (riportata sui cataloghi), per esempio, di 1400 giri/min a pieno carico (potenza nominale). In questo caso, lo scorrimento diventa uguale a $s = (1500 - 1400)/1500 \cdot 100 = 6,67\%$.

Di conseguenza, i motori asincroni sono scelti quando non è richiesta una velocità di rotazione molto precisa. Infatti, come si è visto precedentemente, la loro velocità dipende dall'entità del carico applicato al suo asse.



Parti fondamentali per la costruzione di un motore asincrono con rotore a gabbia di scoiattolo:

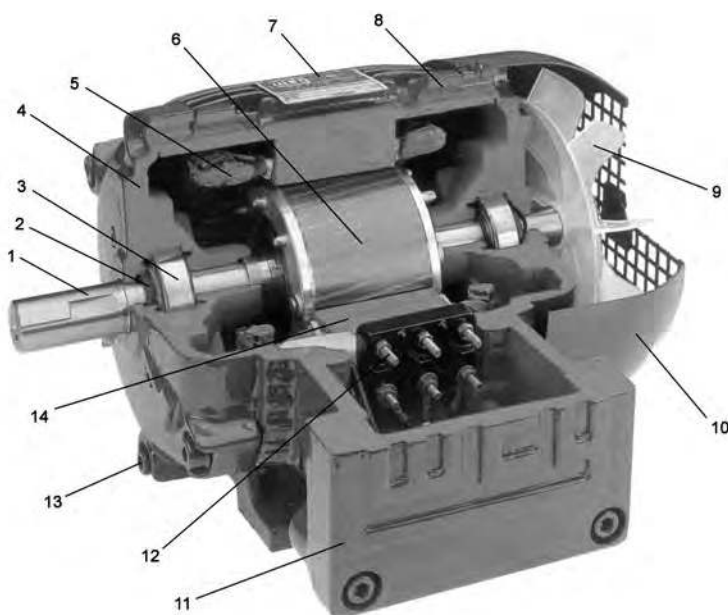
- carcassa alettata con pacco lamellare, coprimorsettiera, morsettiera a 6 perni con dadi e piastrine per il collegamento delle fasi a stella o a triangolo;
- rotore a gabbia di scoiattolo pressofuso in alluminio, albero in acciaio con sedi per i cuscinetti e sporgenza d'asse rettificato;
- due cuscinetti radiali a sfera;
- 2 coperchi, una ventola di raffreddamento, una calotta di aspirazione;
- quattro tiranti in ferro filettati con dodici dadi e dodici ranelle spaccate;
- anello di compensazione per cuscinetti, chiave, viteria.

Parti fondamentali per la realizzazione di un avvolgimento elettrico per un motore asincrono con rotore a gabbia di scoiattolo:

- matasse di filo di rame smaltato relative al tipo di motore e alla tensione di alimentazione;
- tubetto sterlingato per la protezione dei collegamenti delle saldature tra le matasse;
- morsettiera completa di filo isolato in neoprene;
- isolamento per le cave in mylar bordato;
- tegolini chiudicava in mylar;
- isolatori tra fase e fase per le corone degli avvolgimenti;
- separatori di cava per avvolgimenti con doppia matassa;
- cordino per la legatura delle testate degli avvolgimenti.

Fig. 7.2 - Esempio di materiale per la costruzione di piccoli motori asincroni trifase (SICEI).

Si noti che la velocità di rotazione, sia a vuoto sia a carico, dipende dalla frequenza della tensione di alimentazione; inoltre, scambiando due delle tre fasi di alimentazione, si ottiene l'inversione del senso di rotazione del flusso magnetico e, di conseguenza, anche l'inversione della coppia che pone in movimento il rotore.



- 1) Albero.
- 2) Anello di tenuta.
- 3) Cuscinetto.
- 4) Scudo laterale.
- 5) Avvolgimento.
- 6) Rotore.
- 7) Targhetta.
- 8) Carcassa.
- 9) Ventola.
- 10) Copriventola.
- 11) Coprimorsettiera.
- 12) Morsettiera.
- 13) Tappo di scarico (per drenaggio condensa).
- 14) Statore.

Fig. 7.3 - Esempio di vista interna di un motore asincrono trifase (WEG).

7.3 Struttura costruttiva dei motori asincroni

Dal punto di vista costruttivo, il motore asincrono è costituito da due parti fondamentali, l'una fissa, denominata statore, e l'altra mobile, che è chiamata rotore ed è posta, in modo coassiale, all'interno dello statore. Lo spazio che esiste tra le due parti è chiamato traferro.

Il motore è costituito da parti che hanno una funzione magnetica ed elettrica, come i lamierini e gli avvolgimenti dello statore e del rotore, e gli isolanti. Inoltre, esso è formato da parti che costituiscono la struttura meccanica, che serve per fissare il motore e trasmettere la coppia motrice, come la carcassa, l'albero, i supporti, i cuscinetti, gli scudi e le flange. Completano il motore alcuni importanti accessori, come la ventola di raffreddamento, la calotta coprimentola, la morsettiera, la scatola porta morsettiera, i pressacavi, viti e bulloni per il serraggio e, infine, la targa con i dati caratteristici.

Di seguito sono presentate le caratteristiche delle parti fondamentali di un motore asincrono trifase.

Il primo elemento che si vuole prendere in considerazione è la carcassa, vale a dire l'involucro esterno del motore. Essa ha la funzione di sostenere lo statore; è normalmente realizzata in lega di alluminio ad elevata resistenza meccanica, ma può anche essere fatta in ghisa, in lamiera stampata o in acciaio saldato.

Attualmente, la tendenza è quella di realizzare la carcassa in lega di alluminio in pressofusione, che, pur richiedendo alti quantitativi di produzione, ha la caratteristica di avere un favorevole rapporto peso/potenza, nonché bassi tempi e brevi cicli di lavorazione che, normalmente, portano a prodotti di qualità.

Molto diffusi sono i motori chiusi autoventilati, con ventilazione superficiale esterna: essi presentano una caratteristica carcassa alettata, che aumenta la superficie di dispersione del calore generato dalle perdite. In questo caso, lo scambio termico è facilitato dalla presenza di un fluido refrigerante, che normalmente è l'aria.

La carcassa è dotata, inoltre, di fori o di piedi per il fissaggio al basamento o ad una flangia e, quindi, per l'accoppiamento con la macchina.

Sulla carcassa è situata, inoltre, la morsettiera, vale a dire l'elemento per il collegamento tra gli avvolgimenti del motore e la rete di alimentazione.

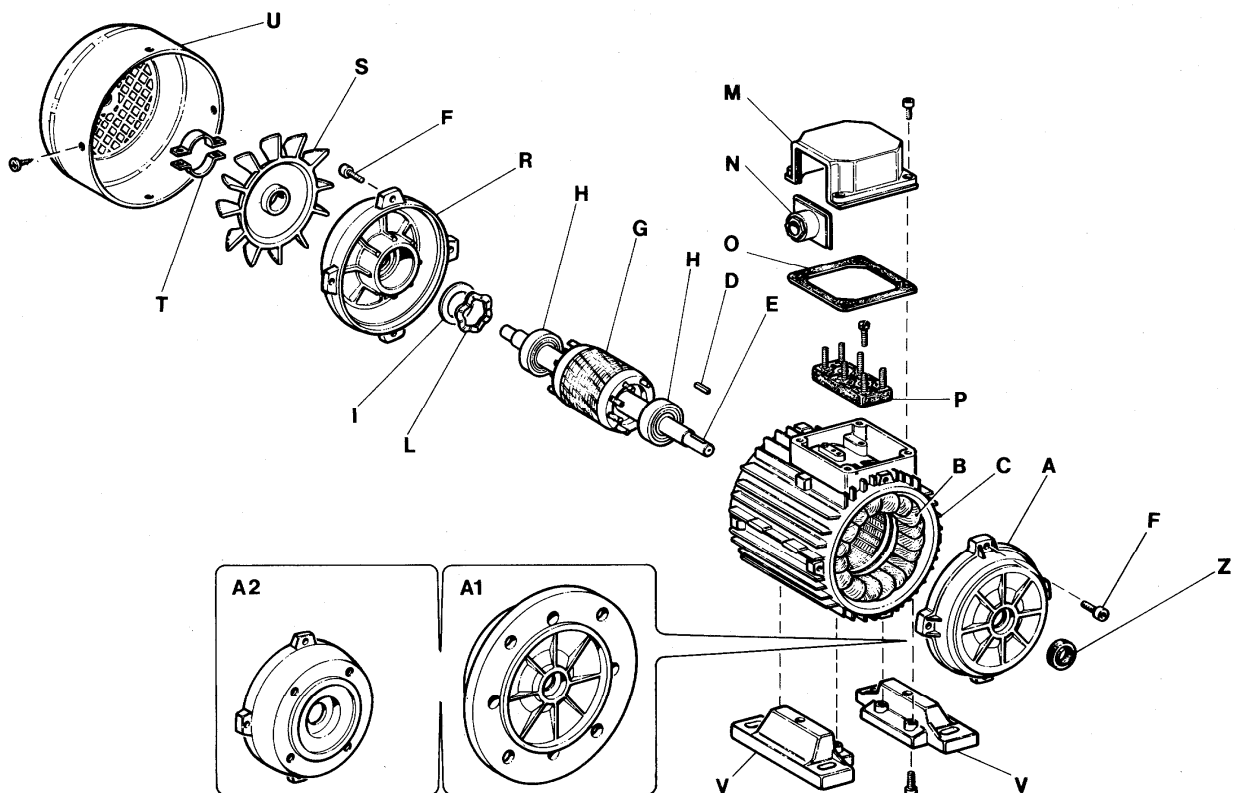


Fig. 7.4 - Motore asincrono trifase. *Legenda:* A) Scudo anteriore - A1) flangia tipo per fissaggio tipo B5 - A2) flangia tipo B14 - B) Statore avvolto - C) Carcassa motore - D) Linguetta - E) Albero motore - F) Vite - G) Rotore - H) Cuscinetto - I) Anello di rasamento - L) Anello di compensazione - M) Coprimorsettiera - N) Pressacavo - O) Guarnizione - P) Morsettiera e componenti - R) Scudo posteriore - S) Ventola di raffreddamento - T) Fascetta stringiventola - U) Coprimentola - V) Piedini motore tipo B3 - Z) Anello di tenuta (ICME MOTORI).

La collocazione della morsettiera varia da modello a modello, anche se normalmente è situata nella parte superiore del motore. La calotta di protezione della morsettiera è normalmente dotata di pressacavi per il passaggio dei cavi di alimentazione e, in alcuni casi, può essere orientabile di 90° in 90° per facilitare l'ingresso dei cavi nelle varie direzioni.

Oltre ai morsetti di alimentazione, che per altro consentono di collegare le fasi del motore a stella o a triangolo mediante appositi ponticelli, è normalmente previsto anche il morsetto per il collegamento a terra, che deve essere fatto mediante un cavo di rame di sezione adeguata secondo quanto indicato dalle norme CEI.

Il circuito magnetico che caratterizza questo tipo di motore è realizzato mediante l'uso di lamierini posti sullo statore e sul rotore.

Il pacco di lamierini che costituisce il rotore è realizzato mediante lamierini magnetici aventi uno spessore di circa 0,5 mm. Nella parte più vicina al traferro sono praticate delle scanalature longitudinali chiamate cave. La parte di lamierino tra una cava e l'altra è chiamata dente, mentre la parte cilindrica più lontana è denominata corona. Normalmente le cave dei motori asincroni sono di tipo semiaperto per facilitare il montaggio automatico degli avvolgimenti.

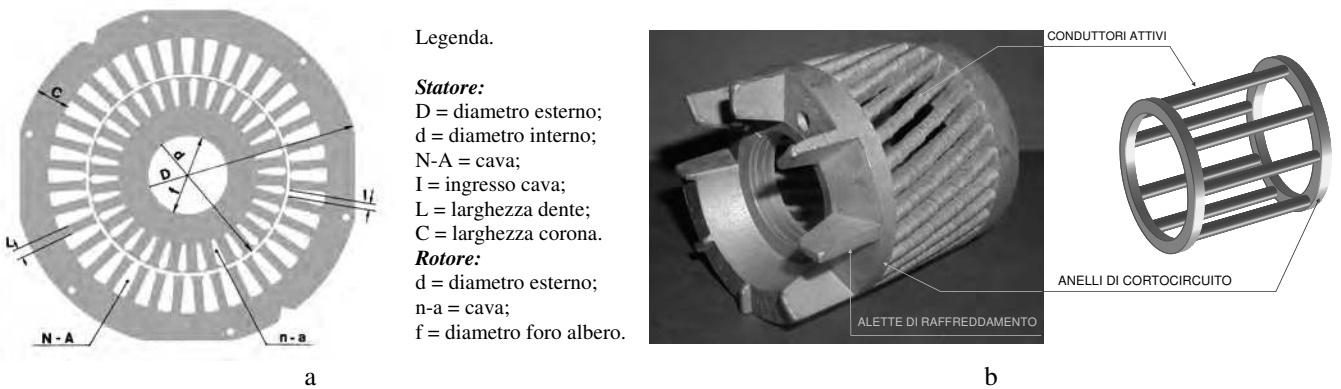


Fig. 7.5 - a) Esempio di lamierino statorico e rotorico per un motore asincrono - b) Rotore a gabbia di scoiattolo con alette di raffreddamento in alluminio pressofuso.

Per ridurre le perdite nel ferro, i lamierini utilizzati sono isolati tra di loro con un isolamento realizzato mediante vernice, oppure semplicemente mediante uno strato di ossido.

I lamierini sono impilati, in genere, mediante un processo tecnologico denominato impaccatura: essa prevede il serraggio del pacco con graffatura o saldatura e riduce, in questo modo, anche le vibrazioni dei lamierini, garantendo, così, un funzionamento del motore con una ridotta rumorosità.

Per quanto riguarda il rotore, i lamierini sono tranciati per dare origine a due tipi di motori, vale a dire:

- 1) i motori con rotore a gabbia di scoiattolo o in cortocircuito;
- 2) i motori con il rotore avvolto o ad anelli.

Il rotore a gabbia di scoiattolo o in cortocircuito è costituito da barre di alluminio, leghe di alluminio o rame, distribuite in modo uniforme nelle cave e collegate frontalmente da anelli dello stesso materiale, che collegano le barre in cortocircuito (v. fig. 7.5b e 7.6b).

Grazie alle moderne tecnologie, è possibile realizzare con macchine automatiche rotori a gabbia completi di anelli di cortocircuito, di alette di raffreddamento e di eventuali pioli di equilibratura.

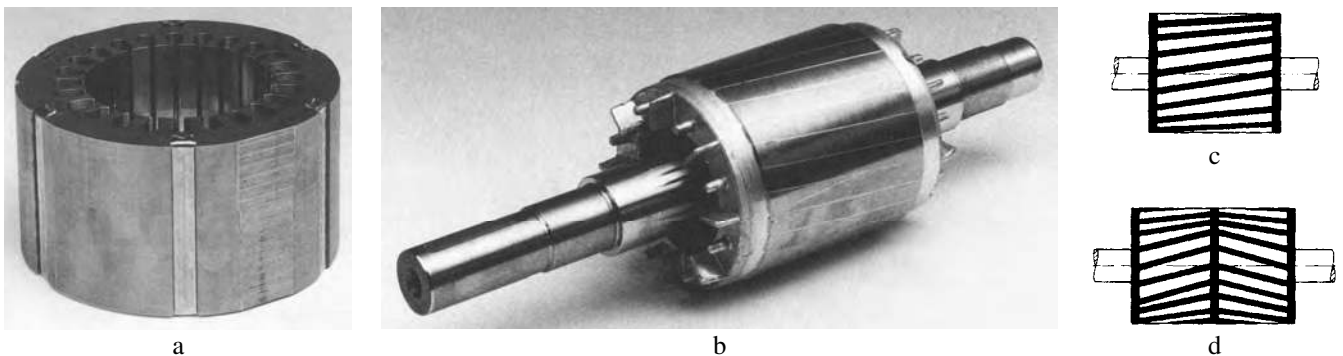


Fig. 7.6 - Motori asincroni: a) Pacco lamellare statorico - b) Rotore a gabbia di scoiattolo in alluminio pressofuso - c) Barre di alluminio della gabbia a disposizione obliqua singola - d) Barre di alluminio della gabbia a disposizione obliqua doppia.

Per motori di grande potenza o per applicazioni particolari sono utilizzati rotor con barre di rame saldate agli anelli di cortocircuito. Osservando un rotore a gabbia di scoiattolo, è possibile notare, come mostrato nella fig. 7.6c e nella fig. 7.6d, che le cave sono inclinate longitudinalmente per ridurre il rumore e le vibrazioni durante il funzionamento (fluttuazioni della coppia). L'andamento delle coppie può essere in gran parte adattato all'applicazione nei motori asincroni trifase. Due importanti proprietà sono una bassa corrente di avviamento e un'elevata coppia di avviamento. L'andamento della coppia e il valore della corrente di avviamento sono determinati principalmente dal tipo di gabbia del rotore e dalla forma della scanalatura del rotore. Alcuni esempi sono mostrati nella fig. 7.7.

Un'elevata alta coppia di spunto iniziale T_A e una ridotta corrente di avviamento I_A possono essere ottenute mediante una resistenza del rotore relativamente alta. In generale, durante la fase di avviamento, si verifica un "effetto di spostamento della corrente" più o meno accentuato (effetto pelle) che è evidente per tutti i tipi di rotore.

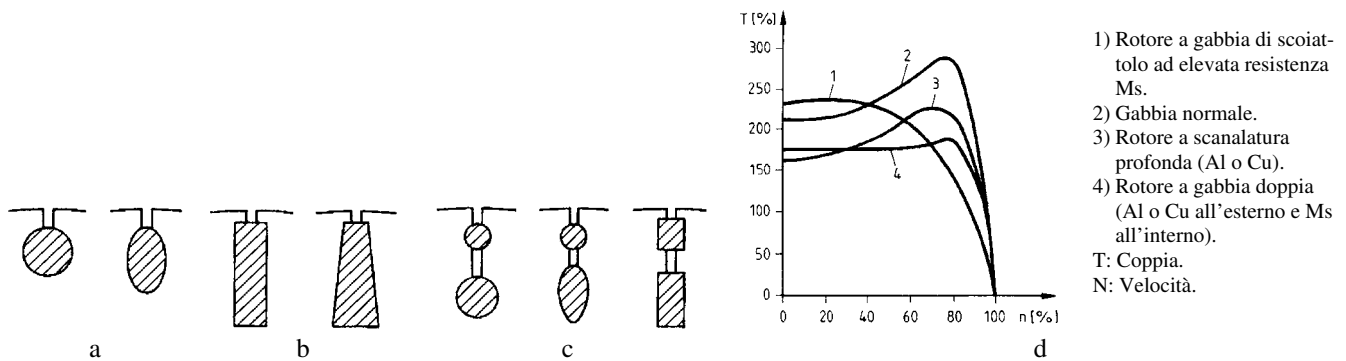


Fig. 7.7 - Forme di scanalature di rotor a gabbia di scoiattolo: a) Rotore a gabbia unica (gabbia semplice) per versione pressofusa - b) Rotore a gabbia con scanalature profonde, definito anche rotore ad addensamento di corrente - c) Rotore a doppia gabbia - d) Andamento caratteristico della coppia in funzione della velocità di rotazione secondo il tipo di gabbia di scoiattolo.

In particolare, i rotor possono essere costruiti nei seguenti modi.

- **Rotori a gabbia di scoiattolo normali, con scanalatura unica e rotonda.** I conduttori a sezione rettangolare o trapezoidale, normalmente in alluminio (Al), sono caratterizzati da una coppia di avviamento relativamente elevata (pari a $1,8 \div 2,5 T_n$) e da una corrente di avviamento pari a $5 \div 10 I_n$.
- **Motori in cortocircuito, definiti anche rotor a scanalatura profonda.** Se le sbarre della gabbia sono alte e strette, all'accensione, si genera l'effetto pelle, in quanto la frequenza della corrente nel rotore è elevata. La presenza dell'effetto pelle ha come conseguenza un aumento della resistenza. Questo fenomeno determina una buona coppia di avviamento T_a e una corrente di avviamento I_a particolarmente bassa. Durante il normale funzionamento, l'effetto pelle di fatto svanisce, in quanto la frequenza della corrente nel rotore diventa molto bassa (parametri di funzionamento nominali).
- **Rotori a doppia gabbia di scoiattolo.** Questo tipo di rotor presenta le barre divise in due parti separate, normalmente isolate elettricamente l'una dall'altra. La gabbia esterna presenta una resistenza ohmica elevata, mentre la gabbia interna è caratterizzata da una resistenza ohmica di basso valore. Questo avviene grazie all'uso di particolari materiali e al corretto dimensionamento delle sezioni trasversali dei conduttori. All'avviamento, la corrente attraversa praticamente solo la gabbia esterna, provocando una riduzione della corrente di avviamento I_a e, contemporaneamente, un aumento della coppia di avviamento T_a . Durante il normale funzionamento, la corrente si distribuisce tra le due gabbie in base alla resistenza ohmica che presenta.
- **Rotori a gabbia di scoiattolo ad elevata resistenza.** Le scanalature di questo tipo di rotor hanno la forma tipica di quelle di un normale rotore a gabbia di scoiattolo. Contrariamente a quanto accade nei normali rotor a gabbia di scoiattolo, nei quali sono utilizzati, generalmente, conduttori in alluminio (Al) o in qualche caso rame (Cu), in questo tipo di rotor sono utilizzati conduttori di ottone o lega di alluminio che presentano un'elevata resistenza ohmica. Questa caratteristica determina un aumento della resistenza ohmica, che, diversamente a quanto accade nel rotore in cortocircuito, rimane costante per l'intera gamma di velocità e, durante il normale funzionamento, porta ad un elevato scorrimento, con un andamento della velocità flessibile e senza una pronunciata coppia massima di avviamento. La coppia di avviamento T_a è elevata in virtù della resistenza del rotore, determinando anche una minore corrente di avviamento. Poiché l'elevata resistenza ohmica è presente durante il normale funzionamento, si verificano perdite relativamente consistenti (funzionamento non economico). Di conseguenza, oggi questi rotor non sono largamente utilizzati, in quanto le caratteristiche desiderate possono essere ottenute, con perdite ridotte, mediante l'uso di apparecchiature elettroniche come i convertitori di frequenza (inverter).

Qualora il rotore sia del tipo avvolto, esso monta un avvolgimento trifase, normalmente realizzato in filo o piastrina di rame, analogo a quello utilizzato per lo statore.

L'avvolgimento è collegato a stella o a triangolo e i capi lasciati liberi sono collegati a degli anelli, uno per ogni fase, sui quali strisciano delle spazzole, come mostrato nella fig. 7.8a.

In fase di avviamento, sono collegate al circuito rotorico, mediante le spazzole e gli anelli, delle resistenze, che sono gradatamente escluse a mano a mano che il rotore accelera.

Durante il funzionamento normale, gli anelli sono chiusi in cortocircuito e, quindi, il rotore avvolto si comporta come un rotore a gabbia.

Le resistenze hanno lo scopo di ridurre la corrente di spunto, nonché di modificare la caratteristica meccanica del motore in modo da ottenere la coppia massima in fase di spunto. Attualmente, è possibile ottenere questo risultato anche con i motori a gabbia, adottando un sistema di azionamento di tipo elettronico (convertitore di frequenza o inverter) che, tra l'altro, consente di avere una regolazione continua della velocità, oltre che della coppia.

I motori con rotore avvolto sono normalmente utilizzati per applicazioni particolari come gru di sollevamento, carroponte e così via.

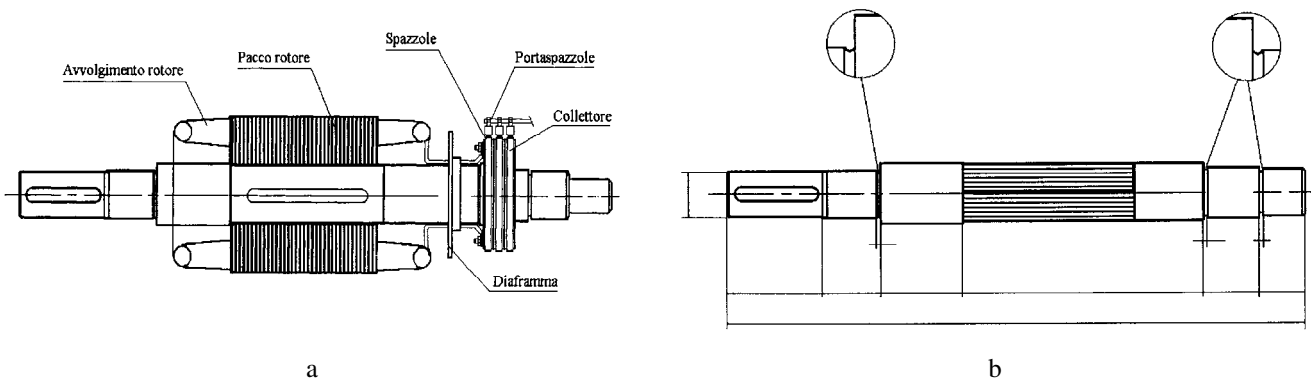


Fig. 7.8 - a) Esempio di rotore avvolto completo di gruppo collettore e spazzole - b) Esempio di albero per motore asincrono, le diverse sezioni sono raccordate al fine di evitare brusche variazioni di diametro che possono essere fonte di rotture dell'albero a fatica.

Per poter trasmettere la coppia motrice, il pacco rotorico è calettato e bloccato sull'albero, che consente di trasmettere il moto alla macchina.

L'albero è normalmente cilindrico, con sezioni che variano in modo decrescente dalla mezzeria alle due estremità. Inoltre, sono normalmente presenti dei raccordi per evitare brusche variazioni di diametro che potrebbero causare rotture (v. fig. 7.8b).

L'albero è normalmente costruito in acciaio al carbonio e le sue caratteristiche geometriche dipendono da vari fattori come, per esempio, la velocità di rotazione, la resistenza all'usura, al valore di durezza e al momento torcente.

L'estremità dell'albero è unificata per quanto riguarda sia il valore del diametro sia la sporgenza (questo per favorire la scelta e per facilitare la manutenzione o l'eventuale sostituzione del motore); sempre sull'estremità dell'albero, in un'apposita scanalatura, è inserita una chiavetta che consente la trasmissione della coppia alla puleggia, all'ingranaggio e così via.

Ogni albero è normalmente equilibrato per evitare la nascita di vibrazioni che possano alterare il buon funzionamento del motore e della macchina ad esso accoppiata.

Infatti, tali vibrazioni possono influire negativamente sulla vita operativa dei cuscinetti e aumentare l'inquinamento acustico del locale dove è installato il motore.

L'albero può ruotare in quanto monta due cuscinetti, alloggiati in sedi appositamente ricavate negli scudi o nelle flange di fissaggio, sia sul lato dove avviene l'accoppiamento sia su quello opposto.

Nei motori di uso comune, sono utilizzati cuscinetti a sfere autolubrificati a vita (normalmente hanno una vita operativa minima di 20000 ore per motori a 4 poli, con frequenza di 50 Hz). Questi cuscinetti sono prevaricati assialmente con opportune molle per ottimizzare il funzionamento, garantendo, così, valori minimi di vibrazioni e rumore.

In casi particolari, per esempio con temperature elevate, alte velocità e nei motori di taglie superiori, sono usati cuscinetti con lubrificazione tramite ingrassatore, provvisti di scarico del grasso.

In presenza di carichi radiali o assiali particolarmente elevati, sono usati, rispettivamente, i cuscinetti a rulli e cuscinetti assiali con opportuni accorgimenti di montaggio. I principali tipi di cuscinetti utilizzati sulle macchine elettriche sono mostrati nella fig. 7.9.

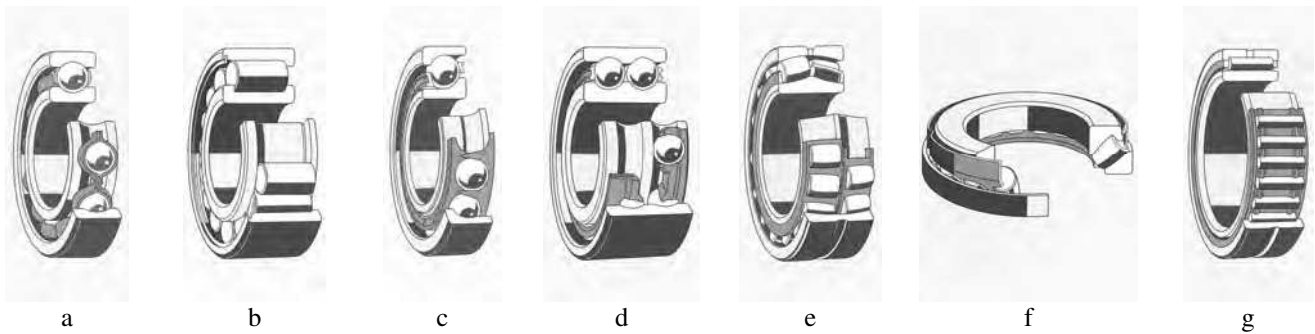
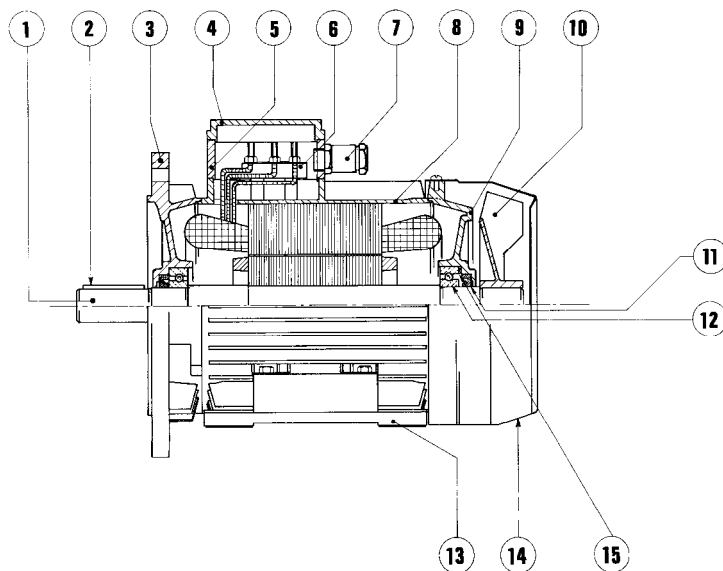


Fig. 7.9 - Principali tipi di cuscinetti: a) Radiale rigido a sfere ad una corona - b) A rulli cilindrici - c) Obliquo a sfere ad una corona - d) Obliquo a sfere a due corone - e) Orientabile a rulli a foro cilindrico - f) Assiale orientabile a rulli - g) A rullini (SKF).

Per quanto riguarda le possibili applicazioni dei cuscinetti in fig. 7.9 su macchine rotanti, occorre tenere presente che:

- quelli radiali rigidi a sfere ad una corona sono usati nelle macchine elettriche di piccole e medie dimensioni ($h \leq 80$ mm), tenendo presente che questi cuscinetti possono sopportare anche spinte assiali;
- quelli a rulli cilindrici sono utilizzati nelle macchine elettriche di medie e grandi dimensioni e nei motori di trazione, ricordando che essi possono sopportare elevati carichi radiali;
- quelli obliqui a sfere ad una corona sono impiegati nei motori ad asse verticali, dato che essi possono sopportare elevati carichi assiali a velocità abbastanza elevate, ricordando, però, che devono essere montati in coppia con un altro cuscinetto;
- quelli obliqui a sfere a due corone sono utilizzati nei motori ad asse verticale, in quanto hanno un'elevata capacità assiale in entrambi i sensi;
- quelli orientabili a rulli a foro cilindrico sono impiegati nei motori ad asse orizzontale di grosse dimensioni a basse velocità di rotazione;
- quelli assiali orientabili a rulli sono usati nelle macchine ad asse verticale, in quanto possono sopportare elevatissimi carichi assiali e basse velocità;
- quelli a rullini sono utilizzati negli elettrotensili, nell'equipaggiamento per autoveicoli e nelle macchine da calcolo.



Legenda:

- gruppo albero motore;
- linguetta;
- flangia per montaggio tipo B5;
- coprimorsettiera;
- porta coprimorsettiera;
- morsettiera completa di parti metalliche;
- bocchettone entrata cavi;
- carcasa motore forma B5;
- scudo posteriore (uguale allo scudo anteriore);
- ventola di raffreddamento;
- corteco (protezione contro la penetrazione di polveri fini o getti d'acqua);
- cuscinetto posteriore (uguale al cuscinetto anteriore);
- pedini di fissaggio;
- convogliatore d'aria;
- anello di compensazione.

Fig. 7.10 - Esempio di motore asincrono trifase (Seipee).

Se dal punto di vista meccanico sono in particolare i cuscinetti a determinare la vita di un motore, dal punto di vista elettrico sono, invece, le caratteristiche dell'avvolgimento e del relativo isolamento che ne determinano la durata. Infatti, in particolare, il riscaldamento, causato dalle perdite che si hanno nel motore, accelera il processo chimico che deteriora le proprietà degli isolanti presenti nel motore (la durata degli isolanti si dimezza, generalmente, con un incremento della temperatura di 10°C).

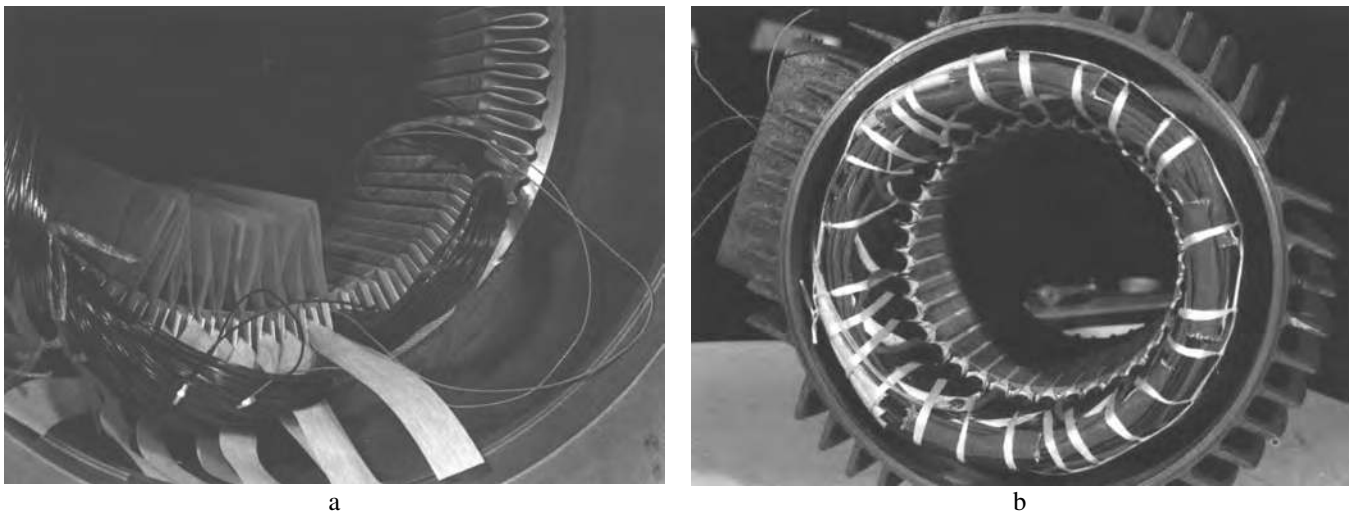


Fig. 7.11 - Esempi di avvolgimenti statorici per motori asincroni trifase: a) Fase di inserimento degli avvolgimenti nelle cave statoriche - b) Avvolgimento statorico completato (ISGEV).

Le norme europee EN 60034-1, corrispondenti alle norme CEI 2-3, hanno classificato i materiali isolanti in classi (E, B, F, H), fissando, per ognuna di esse, la temperatura massima ammissibile T_m : essa si compone della temperatura ambiente convenzionale T_a (per esempio, 40 °C), della sovratemperatura limite D_T e di un margine di sicurezza.

Quest'ultimo parametro tiene conto del fatto che, con il metodo usualmente impiegato per misurare la temperatura, che si basa sulla variazione della resistenza degli avvolgimenti, non si misura il punto più caldo dell'avvolgimento, ma un valore medio del riscaldamento che esso subisce.

Classe di isolamento	E	B	F	H	Per esempio, se un motore asincrono è realizzato con materiali isolanti appartenenti alla classe di isolamento B, esso ammette: una temperatura massima $T_m = 130$ °C, una temperatura ambiente di convenzionale $T_a = 40$ °C, una sovratemperatura limite $D_T = 80$ °C, un margine di sicurezza pari a 10 °C.
Temperatura ambiente [°C]	40	40	40	40	
Sovratemperatura limite [°C]	75	80	105	125	
Margine di sicurezza (punto più caldo) [°C]	5	10	10	15	

Tab. 7.2 - Sovratemperature e classi di isolamento nei motori asincroni trifase secondo le norme CEI EN 60034-1. In funzione della classe di isolamento, la tabella evidenzia le sovratemperature ammesse, considerando il funzionamento ad una temperatura ambiente di 40 °C, alla tensione nominale.

In genere, i motori sono costruiti con un sistema di isolamento in classe F; su richiesta possono essere forniti, però, anche nella versione con isolamento in classe H.

La classe F consente incrementi di temperatura, misurati con il metodo di misura che si basa sulla variazione di resistenza (CEI EN 60034-11), fino a 105 °C con una temperatura ambiente di 40 °C, fissando a 155 °C la temperatura massima consentita.

Inoltre, il processo di impregnazione con una vernice tropicalizzata conferisce al motore un'elevata protezione contro gli agenti ambientali dannosi, tra i quali, per esempio, un elevato tasso di umidità dell'aria (fino al 90%), eventuali escursioni termiche o parassiti.

In esecuzioni speciali realizzate in classe H, il motore può essere utilizzato in ambienti a temperatura elevata o in condizioni di funzionamento estremamente gravose.

I motori asincroni trifase sono costruiti, generalmente, in modo tale da non superare una temperatura di 80 °C in condizioni di normale utilizzo (temperatura ambiente pari a 40° C, altitudine inferiore a 1000 m, tensione e frequenza nominali, carico nominale). L'utilizzo del motore ai valori estremi di tensione di alimentazione nominale ($\pm 10\%$ di U_n) produce generalmente un sovrariscaldamento inferiore a 10 °C.

Componente	Materiali impiegati			
	Classe E	Classe B	Classe F	Classe H
Filo smaltato	Formex	Saldavex F	Tenvex H	Tenvex 220
Contromossa	Latheroide-Mylar	Mylar	Nomex-Mylar	Nomex 414
Diaframma	Latheroide-Mylar	Mylar	Nomex-Mylar	Nomex 414
Interstrato	Latheroide	Latheroide	Nomex-Mylar	Nomex 410
Tegolo	Latheroide	Latheroide-Mylar	Nomex-Mylar	Nomex 410
Vernice di impregnazione	Epossidica	Epossidica poliestere	Poliestere	Siliconica

Tab. 7.3 - Parti costituenti e relative classi d'isolamento degli isolanti utilizzati nei motori elettrici.

Gli schemi elettrici degli avvolgimenti delle macchine elettriche e, in particolare, dei motori asincroni trifase e monofase sono eseguiti normalmente mediante la rappresentazione *circolare* e *rettangolare*.

Nel primo caso, il disegno rappresenta contemporaneamente tutte le cave con i relativi avvolgimenti e collegamenti, come se un osservatore guardasse lo statore nel senso assiale. Nel secondo caso, invece, lo statore è rappresentato come se fosse stato tagliato lungo una generatrice a metà di un dente e, in seguito, sviluppato su di un piano.

Nella rappresentazione rettangolare, che per altro è la più utilizzata per la costruzione dei motori asincroni, i lati attivi delle matasse contenute nelle cave sono rappresentati da segmenti paralleli, contrassegnati da numeri progressivi; mentre i lati attivi sono collegati tra di loro dalle connessioni frontali.

Qualora si tratti di avvolgimenti trifase, le cave sono occupate da tre avvolgimenti, che sono inseriti simmetricamente nelle cave di statore uguali.

Gli avvolgimenti trifase sono comunemente realizzati con tre avvolgimenti, chiamati fasi, uguali, ma sfasati di 120° elettrici l'uno dall'altro; ogni fase occupa un terzo delle cave di statore.

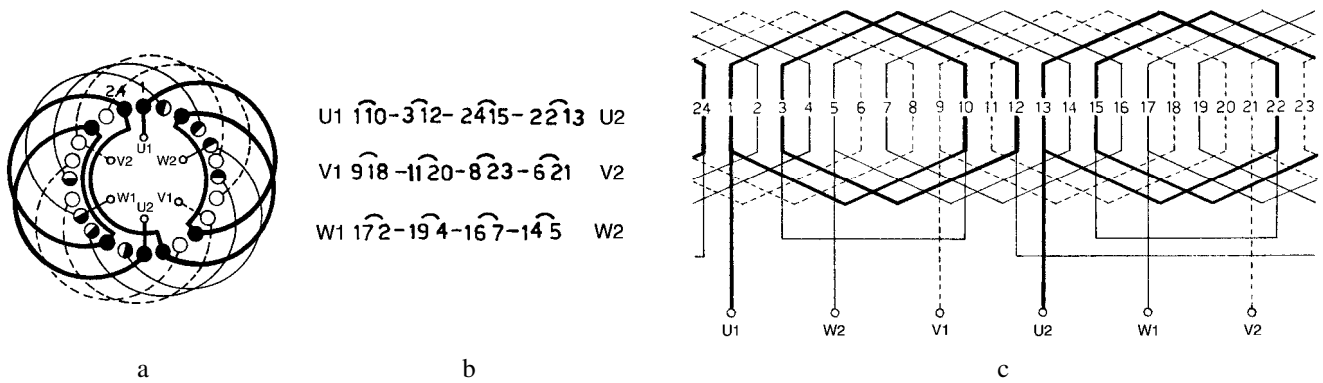


Fig. 7.12 - Avvolgimento statorico per motore asincrono trifase a gabbia con 24 cave, semplice stato, a spirale embricate, 2 poli, passo $Y_n = 9$, collegamento delle matasse in serie, 6 morsetti. a) Schema circolare - b) Tabella d'avvolgimento - c) Schema rettangolare.

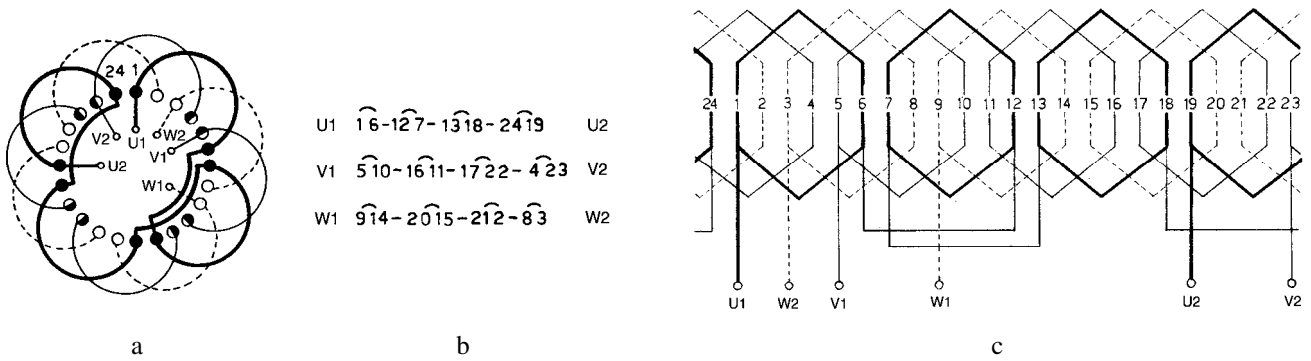


Fig. 7.13 - Avvolgimento statorico per motore asincrono trifase a gabbia con 24 cave, semplice stato, a spirale embricate, 4 poli, passo $Y_n = 5$, collegamento delle matasse in serie, 6 morsetti. a) Schema circolare - b) Tabella d'avvolgimento - c) Schema rettangolare.

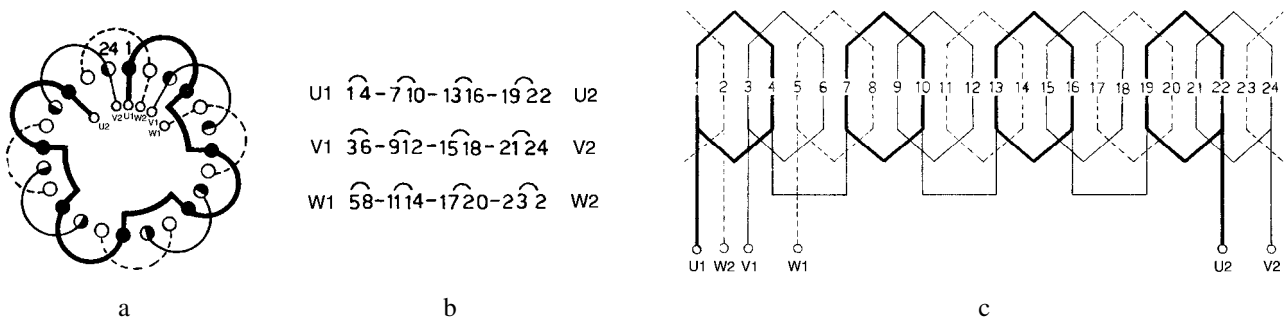


Fig. 7.14 - Avvolgimento statorico per motore asincrono trifase a gabbia con 24 cave, semplice stato, a spirale embricate, 8 poli, passo $Y_n = 3$, collegamento delle matasse in serie, 6 morsetti. a) Schema circolare - b) Tabella d'avvolgimento - c) Schema rettangolare.

Nelle fig. 7.12, 7.13, 7.14, sono presentati, a titolo di esempio, alcuni tipi di avvolgimenti per motori asincroni trifase a 2, 4 e 8 poli; oltre alle rappresentazioni circolare e rettangolare, è indicata anche la tabella di avvolgimento, nella quale gli archi indicano la posizione delle matasse nelle cave, mentre i tratti rappresentano i collegamenti tra le matasse e tra gruppi di matasse.

Negli esempi riportati è indicato anche il passo di avvolgimento, che rappresenta il numero di cave abbracciate da una bobina: se, per esempio, una bobina ha un lato posto nella cava 1 e un lato posto nella cava 10, si dice che il passo dell'avvolgimento è pari a 9 (10 - 1).

Al fine di semplificare il disegno gli schemi sono riferiti ad avvolgimenti a spirale embricate (con matasse uguali), con tutte le bobine poste in serie e a semplice strato.

Tutti gli schemi sono disegnati con i capi aperti, perché i collegamenti a stella o a triangolo delle fasi sono realizzati nella morsettiera mediante appositi ponticelli.

7.4 Metodi di raffreddamento

Il motore asincrono è una macchina elettrica che trasforma l'energia elettrica assorbita dalla rete in energia meccanica disponibile all'albero.

Durante il funzionamento, una parte dell'energia assorbita è trasformata in calore in seguito alle perdite che si registrano nella macchina, vale a dire, in particolare, le perdite nel ferro dello statore, le perdite nel rame nello statore e nel rotore e, infine, le perdite meccaniche.

Le perdite nel rame sono dovute a causa dell'effetto Joule, che si verifica quando gli avvolgimenti (di statore e rotore) sono percorsi da corrente elettrica, e dipendono dalla corrente al quadrato.

Le perdite nel ferro sono localizzate, invece, nei lamierini di statore. Esse non dipendono dal carico applicato al motore, ma dalle caratteristiche magnetiche dei lamierini (cifra di perdita) e dal quadrato dell'induzione magnetica, nonché dalla frequenza della tensione di alimentazione. Di conseguenza, queste perdite sono costanti durante il funzionamento normale.

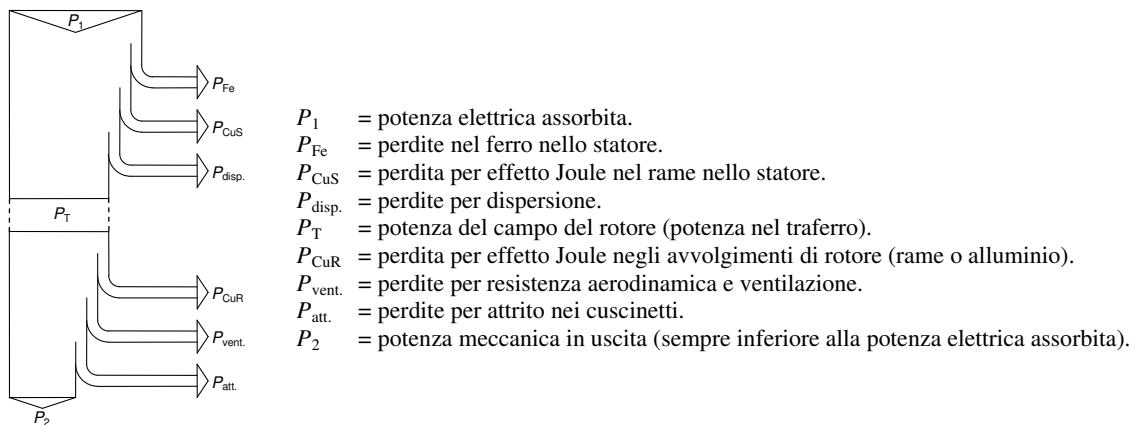


Fig. 7.15 - Potenze e perdite in un motore asincrono trifase.

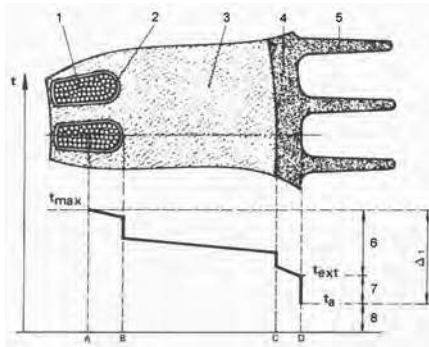
Le perdite per dispersione sono causate prevalentemente dalle correnti parassite nelle parti metalliche della macchina.

Le perdite meccaniche devono essere considerate costanti rispetto al valore del carico e derivano sia dall'attrito registrato nei cuscinetti sia dall'azione delle ventole di raffreddamento. Le perdite dovute ai cuscinetti dipendono sostanzialmente dal quadrato della velocità, mentre quelle dovute alla ventola di raffreddamento dipendono dal cubo della stessa. La descrizione generale del comportamento termico di un motore è indispensabile per poter definire la potenza erogabile dal motore stesso, sia in caso di servizi continui sia, a maggior ragione, in caso di servizi diversi da quello nominale. La potenza nominale di un motore dipende principalmente dal livello di perdite che il sistema di raffreddamento è in grado di dissipare.

Occorre osservare, infatti, che l'energia corrispondente alle perdite precedentemente descritte si trasforma in calore, che deve essere ceduto all'ambiente esterno tramite il fluido di raffreddamento, come mostrato nella fig. 7.16.

In fig. 7.16 è possibile osservare che il valore della temperatura scende da quello presente negli avvolgimenti (il più alto) fino a raggiungere quello presente sulla superficie esterna dello carcassa (il più basso), che è posta a contatto con il fluido refrigerante (aria), che è alla temperatura ambiente.

La temperatura del motore stesso aumenta fino a raggiungere il livello in corrispondenza del quale l'energia dissipata in perdite è uguale a quella dissipata dal sistema di raffreddamento.



Legenda.

- 1) Avvolgimento.
- 2) Isolamento.
- 3) Lamierini statore.
- 4) Carcassa motore.
- 5) Alette di raffreddamento.
- 6) Differenza di temperatura interna.
- 7) Differenza di temperatura esterna.
- 8) Temperatura ambiente.

t_{\max} = temperatura massima.
 t_{ext} = temperatura esterna.
 t_a = temperatura ambiente.
 Δ_t = differenza di temperatura.

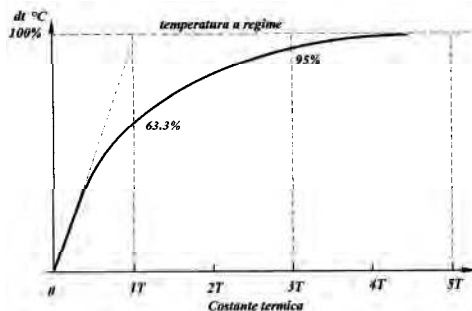
Fig. 7.16 - Temperature presenti nello statore durante il funzionamento di un motore asincrono.

Si noti che la quantità di calore trasmesso dal fluido di raffreddamento (per esempio, aria) dipende dalla differenza tra la temperatura del motore (involucro o direttamente gli avvolgimenti, in funzione dei diversi metodi di raffreddamento) e quella del fluido di raffreddamento. Quanto più la temperatura del motore è elevata, tanto maggiore è l'energia (calore) trasmessa al fluido di raffreddamento.

Quando l'energia dissipata dal motore è uguale a quella ceduta all'ambiente tramite il fluido di raffreddamento, la macchina è in condizione di equilibrio termico e, di conseguenza, è detta **a regime**.

Nella fig. 7.17 è riportato il grafico di tipo esponenziale che mostra il comportamento termico di una macchina elettrica (nel caso specifico di un motore elettrico) durante la fase di riscaldamento. In particolare, è mostrato come la sovratemperatura dt varia in funzione della costante di tempo T , caratteristica di ogni macchina elettrica. Il valore della costante di tempo varia da qualche decina di minuti, per motori aperti o a ventilazione forzata, fino a qualche ora, per motori chiusi con ventilazione esterna o senza ventilazione.

Convenzionalmente si può assumere T pari ad un 1/5 del tempo che il motore impiega a raggiungere la condizione di regime termico in corrispondenza del quale tutto il calore prodotto è trasmesso all'ambiente.



Si noti che, dopo un intervallo di tempo uguale alla costante di tempo T , è raggiunto il 63,3% della sovratemperatura a regime, dopo $3T$, è raggiunto il 95% della sovratemperatura a regime.

Fig. 7.17 - Curva di riscaldamento di una macchina elettrica.

Anche la curva che rappresenta la fase di raffreddamento in funzione del tempo è di tipo esponenziale ed è di tipo decrescente con un diverso valore della costante di tempo T .

Dallo studio analitico si può dedurre che la potenza nominale (potenza meccanica in uscita) di un motore è funzione lineare delle perdite; inoltre, si può dimostrare che la potenza nominale può diventare maggiore se si aumenta la quantità di calore disperso nell'unità di tempo e per grado centigrado di sovratemperatura rispetto alla temperatura ambiente. L'aumento della quantità di calore disperso nell'ambiente può, per esempio, essere ottenuto utilizzando un circuito di raffreddamento interno, oppure dotando la carcassa di alette che aumentino la superficie disperdente o, infine, utilizzando un fluido di raffreddamento più efficace (per esempio, acqua).

Lo stesso risultato può essere ottenuto aumentando la temperatura massima ammissibile sul motore, adottando per la sua costruzione materiali isolanti in grado di resistere a maggiori temperature (per esempio, con classi di isolamento F o H).

Infine, è possibile diminuire la temperatura dell'aria di raffreddamento, per esempio, realizzando il circuito di raffreddamento in ciclo chiuso con uno scambiatore di calore aria-aria, aria-acqua o tramite ventilazione forzata, con la bocca di ingresso dell'aria scelta in modo tale che la temperatura dell'aria sia la più bassa possibile.

L'attuale tendenza nella costruzione di macchine elettriche è quella di sfruttare al massimo le caratteristiche termiche di tutti i materiali impiegati e, in particolare, quelle dei materiali isolanti e di quelli magnetici.

Tale tendenza consente di realizzare macchine elettriche caratterizzate da dimensioni contenute, un basso rapporto peso/potenza e, infine, un'elevata temperatura delle superfici esterne della carcassa.

L'ultima caratteristica è ottenuta collegando il più strettamente possibile il pacco statore alla carcassa, al fine di aumentare la trasmissione del calore, come mostrato nella fig. 7.16.

Le perdite che si generano sono trasformate, come si è detto in precedenza, in calore, che deve essere adeguatamente asportato da un idoneo sistema di raffreddamento, allo scopo di mantenere i componenti del motore, e in particolare gli isolanti, nei limiti di temperatura consentiti.

In funzione del metodo di raffreddamento applicato, le macchine possono essere classificate nel seguente modo:

- macchine a **raffreddamento naturale** (v. fig. 7.18b), nelle quali il calore è dissipato per convezione naturale dovuta alla rotazione del rotore e alle differenze di temperatura;
- macchine **autoventilate** (v. fig. 7.18c e 7.18d), nelle quali la dissipazione del calore è favorita da una ventola calettata sull'albero con la funzione di aumentare la velocità dell'aria di raffreddamento
- macchine con **ventilazione assistita** (v. fig. 7.18a), nelle quali la ventola è azionata da un motore ausiliario e ruota indipendentemente dalla velocità del motore principale (come, per esempio, nel caso in cui il motore principale sia azionato da un convertitore di frequenza o inverter).

Le macchine a raffreddamento naturale, prive di ventola, sono adatte ad applicazioni particolari, come, per esempio, motori stagni alle ondate (IP 56) o stagni all'immersione sotto battente d'acqua (IP58), come mostrato nella fig. 7.18b. Le macchine autoventilate sono le più diffuse e possono essere suddivise, in funzione del motore, nel seguente modo:

- macchine autoventilate con **motori protetti** (v. fig. 7.18c), nelle quali la ventola, solidale allo stesso rotore e interna al motore, convoglia direttamente l'aria fresca esterna sulle parti attive,
- macchine autoventilate con **motori chiusi** (v. fig. 7.18d) con ventilazione superficiale esterna, nelle quali la ventola convoglia l'aria all'esterno della carcassa tra le alette di raffreddamento.

Oltre al raffreddamento ad aria, è utilizzato, per applicazioni particolari, anche il raffreddamento ad acqua, sia in circuito aperto, sia in circuito chiuso con scambiatore. I principali vantaggi del raffreddamento ad acqua sono la riduzione del livello di potenza sonora, l'indipendenza dall'ambiente esterno (per esempio, dalla temperatura), la riduzione delle dimensioni interne, l'aumento della potenza nominale.

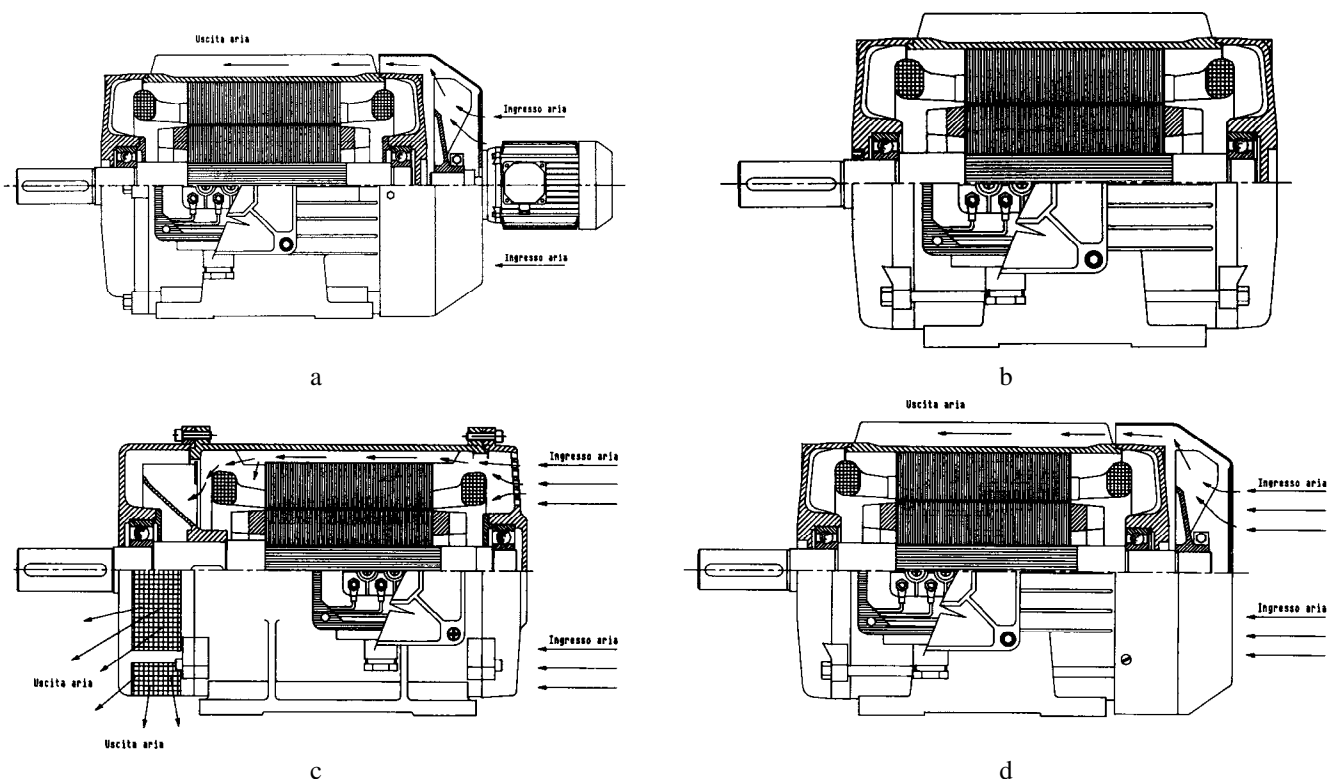


Fig. 7.18 - Esempi dei più comuni metodi di raffreddamento: a) Motore con ventilazione assistita IC46, grado di protezione IP45 - b) Motore a raffreddamento naturale IC40, grado di protezione IP56 - c) Motore raffreddato con ventola interna al motore, che convoglia l'aria esterna direttamente sulle parti attive IC01, grado di protezione IP23 - d) Motore chiuso con ventilazione superficiale esterna IC41, grado di protezione IP45).

I metodi di raffreddamento dei motori sono normalizzati dalla norma CEI 2-7 e comprendono due possibili codici di designazione.

Nelle tab. 7.4 e 7.5 è presentato il codice semplificato, poiché si riferisce a motori di uso generale che hanno una più ampia diffusione. La sigla di designazione comprende le lettere IC seguite da due cifre caratteristiche. La prima indica la disposizione del circuito di raffreddamento, mentre la seconda mostra la modalità con cui è fornita la potenza necessaria alla circolazione del fluido di raffreddamento. Quando è utilizzata una sola cifra, significa che la seconda è uguale a 1 (autocircolazione).

Prima cifra caratteristica	Designazione abbreviata	Descrizione
0	Libera circolazione.	Il fluido di raffreddamento penetra nella macchina e ne esce liberamente. È prelevato dall'ambiente circostante la macchina e vi è rinviato.
1	Macchina ad un canale di aspirazione.	Il fluido di raffreddamento è prelevato in un luogo diverso da quello circostante la macchina, condotto verso la macchina tramite un canale di aspirazione e rimesso liberamente nel fluido circostante la macchina.
2	Macchina ad un canale di scarico.	Il fluido di raffreddamento è prelevato dall'ambiente circostante la macchina, liberamente aspirato da questa, poi evacuato dalla macchina tramite un canale di scarico e rinviato in luogo diverso da quello circostante la macchina.
3	Macchina a due canali (aspirazione e scarico).	Il fluido di raffreddamento è prelevato in un luogo diverso da quello circostante la macchina, condotto verso la macchina tramite un canale di scarico e spinto in un luogo diverso da quello circostante la macchina.
4	Macchina a raffreddamento superficiale ed utilizzante il fluido circostante la macchina.	Il fluido di raffreddamento primario circola in un circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario, che è quello che circonda la macchina, attraverso la superficie dell'involucro della macchina. Questa superficie può essere sia liscia sia con nervature per migliorare la trasmissione del calore.
5	Scambiatore incorporato (utilizzante il mezzo circostante).	Il fluido di raffreddamento primario circola in circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario, che è il fluido che circonda la macchina, per mezzo di uno scambiatore di calore incorporato nella macchina e formante parte integrante di essa.
6	Scambiatore montato sulla macchina (utilizzante il mezzo circostante).	Il fluido di raffreddamento primario circola in circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario, che è il fluido che circonda la macchina, per mezzo di uno scambiatore di calore costituente un insieme indipendente, ma montato sulla macchina.
7	Scambiatore incorporato sulla macchina (non utilizzante il mezzo circostante).	Il fluido di raffreddamento primario circola in un circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario, che non è il fluido che circonda la macchina, per mezzo di uno scambiatore di calore che è incorporato e forma parte integrante della macchina stessa.
8	Scambiatore montato sulla macchina (non utilizzante il mezzo circostante).	Il fluido di raffreddamento primario circola in un circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario, che non è il fluido che circonda la macchina, per mezzo di uno scambiatore di calore che forma un insieme indipendente, ma montato sulla macchina stessa.
9	Scambiatore montato separatamente.	Il fluido di raffreddamento primario circola in un circuito chiuso e cede il suo calore al fluido secondario per mezzo di uno scambiatore che costituisce un insieme indipendente e montato separatamente dalla macchina.

Tab. 7.4 - Prima cifra caratteristica che indica il modo di circolazione del fluido di raffreddamento, secondo la norma CEI 2-7.

Seconda cifra caratteristica	Designazione abbreviata	Descrizione
0	Libera convezione.	La circolazione del fluido di raffreddamento è dovuta unicamente alle differenze di temperatura. Il rotore della macchina è tale che la sua azione ventilante è trascurabile.
1	Autocircolazione.	La circolazione del fluido di raffreddamento è provocata dall'azione di ventilazione, sia del solo rotore, sia di un dispositivo previsto a questo scopo e montato direttamente sull'albero o sul rotore della macchina.
2	Circolazione tramite un dispositivo incorporato e dipendente.	La circolazione del fluido di raffreddamento è ottenuta per mezzo di un dispositivo incorporato, ma montato su un albero che non è quello della macchina (per esempio, un ventilatore interno azionato da ingranaggi o cinghia).
3	Circolazione tramite un dispositivo dipendente montato sulla macchina.	La circolazione del fluido di raffreddamento è ottenuta per mezzo di un dispositivo meccanico o elettrico montato sulla macchina e dipendente, come, per esempio un ventilatore azionato da un motore elettrico alimentato ai morsetti della macchina principale. (tutti gli apparecchi di comando necessari sono forniti con la macchina).
4	---	Riservato per ulteriori usi.
5	Circolazione tramite un dispositivo incorporato e indipendente.	La circolazione del fluido di raffreddamento è ottenuta per mezzo di un dispositivo incorporato nella macchina, ma indipendentemente da essa (per esempio, un ventilatore interno azionato da un motore elettrico alimentato da una sorgente diversa dalla macchina principale).
6	Circolazione tramite un dispositivo montato sulla macchina e indipendente.	La circolazione del fluido di raffreddamento è ottenuta per mezzo di un dispositivo montato sulla macchina, la cui energia è fornita indipendentemente dalla macchina principale.
7	Circolazione per mezzo di un dispositivo interamente separato ed indipendente dalla macchina o tramite la pressione della rete di distribuzione.	La circolazione del fluido di raffreddamento è ottenuta tramite un dispositivo elettrico o meccanico separato, non montato sulla macchina o indipendente, o mediante la pressione nella rete di distribuzione del fluido di raffreddamento (per esempio, l'acqua fornita da una rete di distribuzione, o da un condotto di gas sotto pressione).
8	Circolazione mediante spostamento relativo.	Il movimento del fluido di raffreddamento è prodotto mediante spostamento relativo della macchina rispetto al fluido di raffreddamento (per esempio, motore di trazione raffreddato dall'aria ambiente, o motore che aziona un ventilatore ed è raffreddato dalla corrente d'aria prodotta).
9	Circolazione tramite un dispositivo diverso da quelli specificati sopra.	Il numero 9 è utilizzato: <ul style="list-style-type: none"> • sia dopo la prima cifra caratteristica, se è indicata la disposizione dei circuiti di raffreddamento; • sia da solo, nel caso contrario, essendo la prima cifra sostituita da un tratto.

Tab. 7.5 - Seconda cifra caratteristica indicante il modo in cui è fornita l'energia necessaria alla circolazione del fluido di raffreddamento, secondo la norma CEI 2-7.

7.5 Modi operativi dei motori elettrici

I motori asincroni sono normalmente costruiti per funzionare in servizio continuo, a una temperatura ambiente di 40 °C e a un'altitudine di 1000 m sul livello del mare.

La maggior parte dei motori, tuttavia, è fatta funzionare in modo continuo ed è classificata dalle norme CEI 2-3. Alcuni motori rimangono accesi solo per breve tempo, mentre altri funzionano tutto il giorno, ma sono caricati solo brevemente; numerosi altri motori devono accelerare un volano di grandi dimensioni oppure funzionano a commutazione e con frenatura elettrica. In questi casi, il motore si riscalda in maniera diversa rispetto al modo operativo continuo.

Per evitare danni all'avvolgimento (e, in particolare, agli isolanti) e al rotore del motore dovuti a surriscaldamento, occorre considerare i seguenti processi speciali di riscaldamento.

Nella scelta del motore in funzione dell'applicazione, è necessario conoscere il modo operativo, in quanto il rendimento del motore può variare molto rispetto al rendimento in servizio continuo.

Pur essendo moltissimi i modi operativi possibili, le norme CEI EN 60034-1 indicano nove principali modi operativi, da S1 a S9, ai quali può essere ricondotta, in pratica, quasi ogni situazione che si può verificare.

Quasi ogni situazione che si può verificare in pratica può essere ricondotta ad una delle categorie in tab. 7.6.

Modo operativo	Descrizione
S1	Servizio continuo
S2	Servizio temporaneo
S3	Servizio periodico intermittente senza avviamento
S4	Servizio periodico intermittente con avviamento
S5	Servizio periodico intermittente con avviamento e frenatura elettrica
S6	Servizio continuo con carico intermittente
S7	Servizio ininterrotto con avviamento e frenatura elettrica
S8	Servizio ininterrotto con variazione periodica di carico/velocità
S9	Servizio ininterrotto con variazione non periodica di carico e velocità

Tab. 7.6 - Principali modi operativi secondo le norme CEI EN 60034-1.

I costruttori di motori devono definire la capacità di carico del motore secondo una di queste categorie e, dove è necessario, fornire i valori del tempo di funzionamento, del periodo di carico o del relativo rapporto di inserzione.

Nelle righe che seguono sono riportate le caratteristiche dei modi operativi.

Servizio continuo (S1) (v. fig. 7.19a). Il motore funziona a carico costante per un tempo sufficiente a raggiungere almeno l'equilibrio termico. Il tempo di funzionamento a carico N è molto maggiore della costante termica del motore. Esempio di indicazione sintetica del servizio: S1: 1 kW.

Servizio di durata limitata (S2) (v. fig. 7.19b). Il motore funziona a carico costante per un tempo limitato non sufficiente a raggiungere l'equilibrio termico.

Segue un tempo di riposo sufficiente a far ritornare il motore a temperatura ambiente, ovvero la temperatura della macchina non deve differire di non più di 2 K da quella del refrigerante.

Si parla di servizio di durata limitata quando il tempo N di funzionamento a carico è uguale o inferiore a tre volte la costante termica del motore.

Rispetto al servizio continuo, il motore è in grado di sviluppare una potenza maggiore durante il tempo in cui è sotto carico.

Esempio di indicazione sintetica del servizio: S2: 10 min, 11 kW. Per il tempo di funzionamento N, sono consigliati periodi di 10, 30, 60 e 90 min.

Servizio periodico intermittente senza avviamento (S3) (v. fig. 7.19c). Il motore funziona secondo un ciclo comprendente un tempo di funzionamento a carico costante N, generalmente tanto breve da non consentire il raggiungimento dell'equilibrio termico e tale che la corrente di avviamento non incida in modo evidente sul riscaldamento, e un tempo di riposo R.

Anche in questo caso, il tempo N di funzionamento a carico deve essere uguale o inferiore a tre volte la costante termica del motore. Durante questo periodo, la potenza può essere maggiore rispetto alla potenza continua del motore.

L'indicazione sintetica del servizio è data da rapporto percentuale di intermittenza rispetto al periodo di tempo preso a riferimento che è normalmente di 60 min (per esempio, 15% - 60 min, 11 kW). Rapporto di intermittenza = $N/(N+R) \cdot 100$ (%).

Se la durata del ciclo t non è specificata, essa vale 10 min. I valori consigliati per il rapporto di intermittenza sono: 15%, 25%, 40% e 60%.

Si noti che, nel caso di servizi di durata limitata e intermittente, si ha un aumento della potenza disponibile all'albero a causa del maggiore sfruttamento termico dei materiali, che è consentito dal fatto che a un periodo di lavoro segue un periodo di raffreddamento, come indicato nella tab. 7.7.

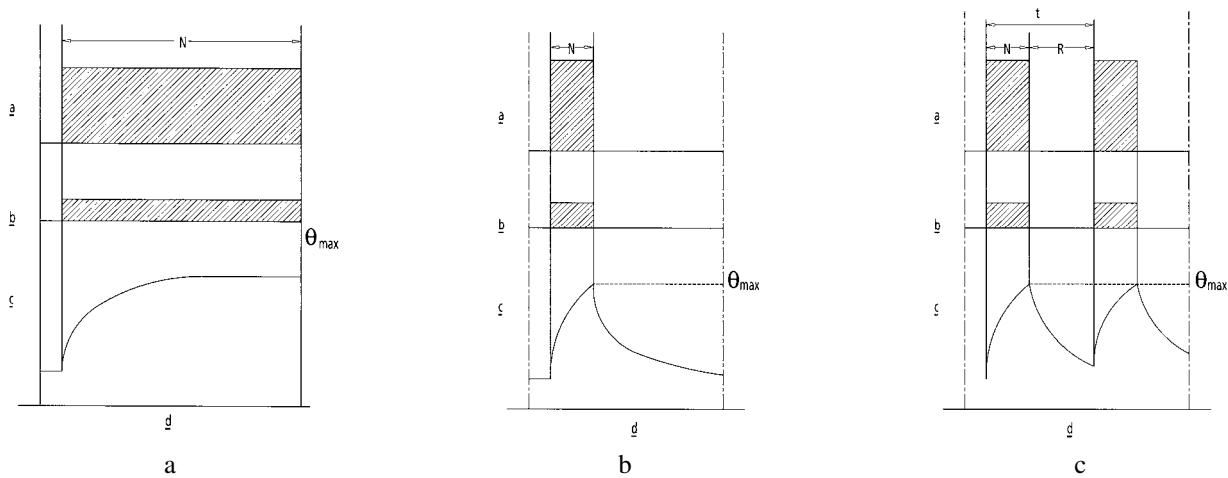


Fig. 7.19 - Modi operativi dei motori elettrici secondo le norme CEI EN 60034-1: a) Servizio continuo (S1) - b) Servizio temporaneo (S2) - c) Servizio periodico intermittente senza avviamento (S3). Legenda: **a** = carico, **b** = perdite elettriche, **c** = temperatura, **d** = tempo, **t** = durata del ciclo, **N** = tempo di funzionamento a carico costante, **R** = tempo di riposo, θ_{max} = temperatura massima raggiunta durante il ciclo.

Tipo	Poli	Servizio S2		Servizio S3			
		30 min.	60 min.	15%	25%	40%	60%
63-100	2	105	100	115	110	110	105
	4	110	100	140	130	120	110
	6, 8	110	100	140	135	125	115
112-250	2, 4	120	110	145	130	110	107
	6, 8	120	110	140	125	108	10

Tab. 7.7 - Aumento percentuale della potenza nominale per servizi S2 e S3.

Servizio intermittente periodico con avviamenti (S4) (v. fig. 7.20a). Il motore funziona secondo un ciclo comprendente un tempo di avviamento notevole (D), un tempo di funzionamento a carico costante (N) e un tempo di riposo (R).

Il servizio periodico fa sì che l'equilibrio termico non sia raggiunto durante il periodo di carico. Rapporto di intermittenza = $(D+N)/(D+N+R) \cdot 100$ (%).

In questo caso, l'indicazione sintetica del servizio deve essere accompagnata dal numero di inserzioni all'ora (per esempio S4, 25%, 500 avviamenti per ora, 11 kW).

Per questo tipo di servizio, occorre fare attenzione se il motore si arresta sotto l'effetto del carico al termine del ciclo oppure se è arrestato mediante frenatura meccanica. Occorre considerare, inoltre, il caso in cui il motore continui a funzionare dopo che è stato tolto il carico.

In questo caso, infatti, gli avvolgimenti si raffreddano più velocemente, mentre, nel caso contrario, occorre presumere che il motore si fermi entro un tempo molto breve.

In questo tipo di servizio, il numero massimo di azionamenti a vuoto è utilizzato come base su cui calcolare la frequenza massima dei turni di funzionamento in base alla coppia di carico, l'eventuale massa aggiuntiva e un possibile momento di inerzia.

Rispetto al servizio continuo S1, è possibile notare una riduzione di potenza.

Servizio intermittente periodico con avviamento e frenata elettrica (S5) (v. fig. 7.20b). Il motore funziona come il servizio S4, ma con l'aggiunta di una frenatura (F) con mezzi elettrici.

Il servizio periodico fa sì che l'equilibrio termico non sia raggiunto durante il periodo di carico. Rapporto di intermittenza = $(D+N+F)/(D+N+F+R) \cdot 100$ (%).

Esempio di indicazione sintetica del servizio: S5, 25%, 500 avviamenti per ora, frenatura per inversione di fase, 11 kW. In questo modo operativo, è necessaria una riduzione di potenza rispetto al servizio continuo S1.

Servizio ininterrotto con carico intermittente (S6) (v. fig. 7.20c). Il motore funziona secondo il ciclo (t), comprendente un tempo di funzionamento a carico costante (N), seguito da un vuoto senza tempo di riposo (V).

Dopo il tempo di funzionamento N, il motore continua a girare a vuoto e, a causa della corrente a vuoto, non raggiunge la temperatura del refrigerante, ma è ventilato durante il tempo di funzionamento a vuoto V. Rapporto di intermittenza = $N/(N+V) \cdot 100$ (%).

Esempio di indicazione sintetica del servizio: S6, 25%, 40 min, 11 kW. Il servizio periodico fa sì che l'equilibrio termico non sia raggiunto durante il periodo di carico.

Rispetto al servizio continuo S1, è possibile selezionare una potenza maggiore durante il tempo di funzionamento N.

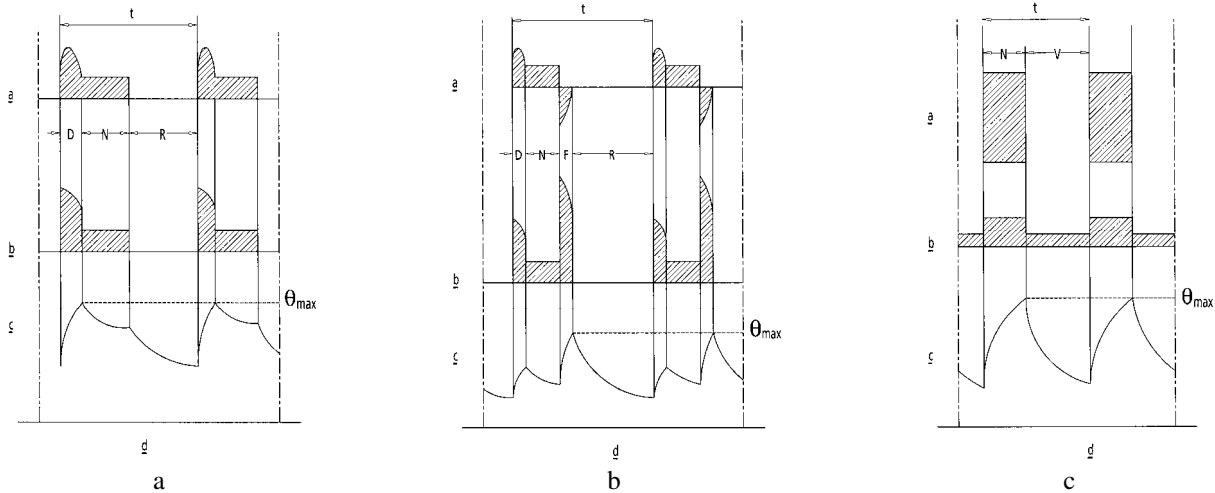


Fig. 7.20 - Modi operativi dei motori elettrici secondo le norme CEI EN 60034-1: a) Servizio periodico intermittente con avviamento (S4) - b) Servizio periodico intermittente con avviamento e frenatura elettrica (S5) - c) Servizio continuo con carico intermittente (S6). Legenda: \underline{a} = carico, \underline{b} = perdite elettriche, \underline{c} = temperatura, \underline{d} = tempo, t = durata di un ciclo, D = tempo di avviamento o di accelerazione, N = tempo di funzionamento a carico costante, F = tempo di frenatura elettrica, R = tempo di riposo, V = tempo di funzionamento a vuoto, θ_{max} = temperatura massima raggiunta durante il ciclo.

Servizio ininterrotto periodico con avviamento e frenatura elettrica (S7) (v. fig. 7.21a). Il motore funziona come il servizio S5, ma senza tempo di riposo. Rapporto di intermittenza = 100%.

Esempio di indicazione sintetica del servizio: S7, 500 cicli di servizio per ogni ora, frenatura per inversione di fase, 11 kW. Il servizio periodico fa sì che l'equilibrio termico non sia raggiunto durante il periodo di carico. In questo modo operativo, è necessaria una riduzione di potenza rispetto al servizio continuo S1.

Servizio ininterrotto periodico con cambiamenti correlati di carico e velocità (S8) (v. fig. 7.21b). Il motore funziona secondo un ciclo comprendente un tempo di funzionamento a carico costante (N_1), seguito da un tempo con diverso carico costante (N_2) e diversa velocità di rotazione (realizzata, per esempio, mediante cambio del numero di poli nel caso di motori asincroni).

$$\text{Rapporto di intermittenza 1} = (D+N_1)/(D+N_1+ F_1+ N_2+ F_2+ N_3) \cdot 100$$
 (%)

$$\text{Rapporto di intermittenza 2} = (F_1+N_2)/(D+N_1+ F_1+ N_2+ F_2+ N_3) \cdot 100$$
 (%)

$$\text{Rapporto di intermittenza 3} = (F_2+N_3)/(D+N_1+ F_1+ N_2+ F_2+ N_3) \cdot 100$$
 (%)

Non esiste alcun periodo di riposo. Esempio di indicazione sintetica del servizio: S8, 30%, 3000/giri/ min, 1500 giri/min, 20 min, 2 cicli per ora, 11 kW. Rispetto al servizio continuo S1, in questo modo operativo è necessaria una riduzione di potenza.

Servizio ininterrotto con variazioni non periodiche di carico e di velocità (S9) (v. fig. 7.21c). In questo modo operativo, il carico e la velocità cambiano in maniera non periodica entro la gamma operativa prevista. Picchi di carico notevolmente superiori alla potenza nominale possono verificarsi frequentemente.

È possibile tenere in considerazione il sovraccarico mediante un accurato sovradimensionamento. I produttori e gli utilizzatori concordano, di regola, una potenza continua equivalente, anziché il carico variabile per velocità diverse, e un servizio irregolare compreso il sovraccarico.

Esempio di indicazione sintetica del servizio: S9, 11 kW equivalente 740 giri/min., 22 kW equivalente 1460 giri/min.

Rispetto al servizio continuo S1, la potenza continua equivalente del modo operativo S9 può essere inferiore, uguale o addirittura maggiore, secondo l'andamento del carico e la lunghezza degli intervalli.

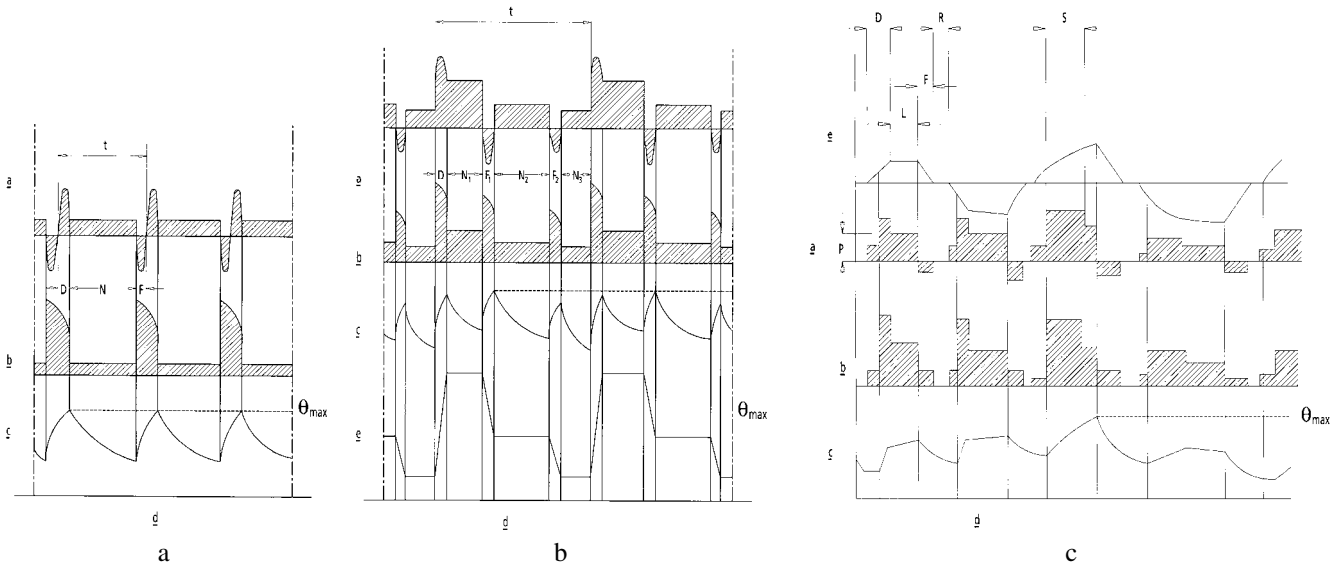
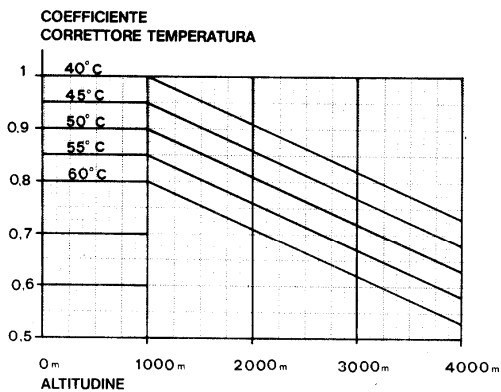


Fig. 7.21 - Modi operativi dei motori elettrici secondo le norme CEI EN 60034-1: a) Servizio ininterrotto periodico con avviamento e frenatura elettrica (S7) - b) Servizio ininterrotto periodico con cambiamenti correlati di carico e velocità (S8) - c) Servizio ininterrotto con variazioni non periodiche di carico e di velocità (S9). **Legenda:** *a* = carico, *b* = perdite elettriche, *c* = temperatura, *d* = tempo, *e* = velocità, *t* = durata di un ciclo, *D* = tempo di avviamento o di accelerazione, *L* = tempo di funzionamento a carichi variabili, *N* = tempo di funzionamento a carico costante, *N₁, N₂, N₃* = tempo di funzionamento a carico costante, *F* = tempo di frenatura elettrica, *F₁, F₂* = tempo di frenatura, *P* = pieno carico, *R* = tempo di riposo, *S* = tempo di funzionamento in sovraccarico, θ_{max} = temperatura massima raggiunta durante il ciclo.

La potenza nominale di un motore vale per il servizio continuo ad una frequenza di 50 Hz, ad una temperatura ambiente di 40 °C, ad un'altitudine di 1000 m sul livello del mare, in conformità con quanto prescritto dalle norme CEI 2-3 e dalle norme IEC 34-1.

Qualora il motore dovesse funzionare ad altitudini superiori, la diminuzione della densità dell'aria e la conseguente riduzione del suo effetto di raffreddamento determinano una riduzione della potenza nominale, secondo quanto indicato dai costruttori mediante appositi diagrammi.

Un'analogia riduzione deve essere calcolata se la temperatura risulta diversa rispetto a quella nominale (40 °C).



Condizioni di funzionamento.

Altitudine e temperatura: le potenze indicate nelle tabelle si intendono per i motori la cui utilizzazione normale di funzionamento è prevista ad una altezza inferiore a 1000 m sul livello del mare e ad una temperatura ambiente massima di 40 °C, con servizio continuo e frequenza 50 Hz.

Per condizioni di esercizio diverse da quelle specificate, i dati caratteristici variano secondo il coefficiente segnato nel grafico a sinistra.

Esempio.

Per poter ottenere una potenza all'albero di 1 kW con una temperatura di esercizio di 60 °C ad un'altitudine di 2000 m sul livello del mare, è necessario acquistare un motore da $1/0,7 = 1,42$ kW (sui cataloghi sono disponibili motori da 1,5 kW).

$$\text{potenza catalogo} = \frac{\text{Potenza richiesta}}{\text{Coefficiente correttore}}$$

Fig. 7.22 - Condizioni di funzionamento: altitudine e temperatura (ICME MOTORI).

In condizioni particolarmente gravose è necessario considerare, oltre alla temperatura ambiente e all'altitudine, altri parametri come l'umidità relativa, il clima tropicale, eventuali forti escursioni termiche, l'inquinamento da agenti chimici e l'azione corrosiva dell'ambiente marino.

In questi casi, i costruttori di motori prevedono degli speciali trattamenti degli avvolgimenti con vernici isolanti con elevata resistenza al calore, all'umidità e agli agenti chimici.

7.6 Forme costruttive normalizzate

Per quanto riguarda i motori disponibili in commercio, le norme CEI 2-14 (IEC 34-7) hanno normalizzato le forme costruttive e i tipi di installazioni in base al tipo di accoppiamento utilizzato. Tali norme prevedono due codici di designazione: il primo usato per le macchine con supporti a scudo e una sola estremità dell'albero, il secondo destinato alle macchine speciali.

Nella fig. 7.23 sono mostrate le forme costruttive più comuni ad asse orizzontale e ad asse verticale.

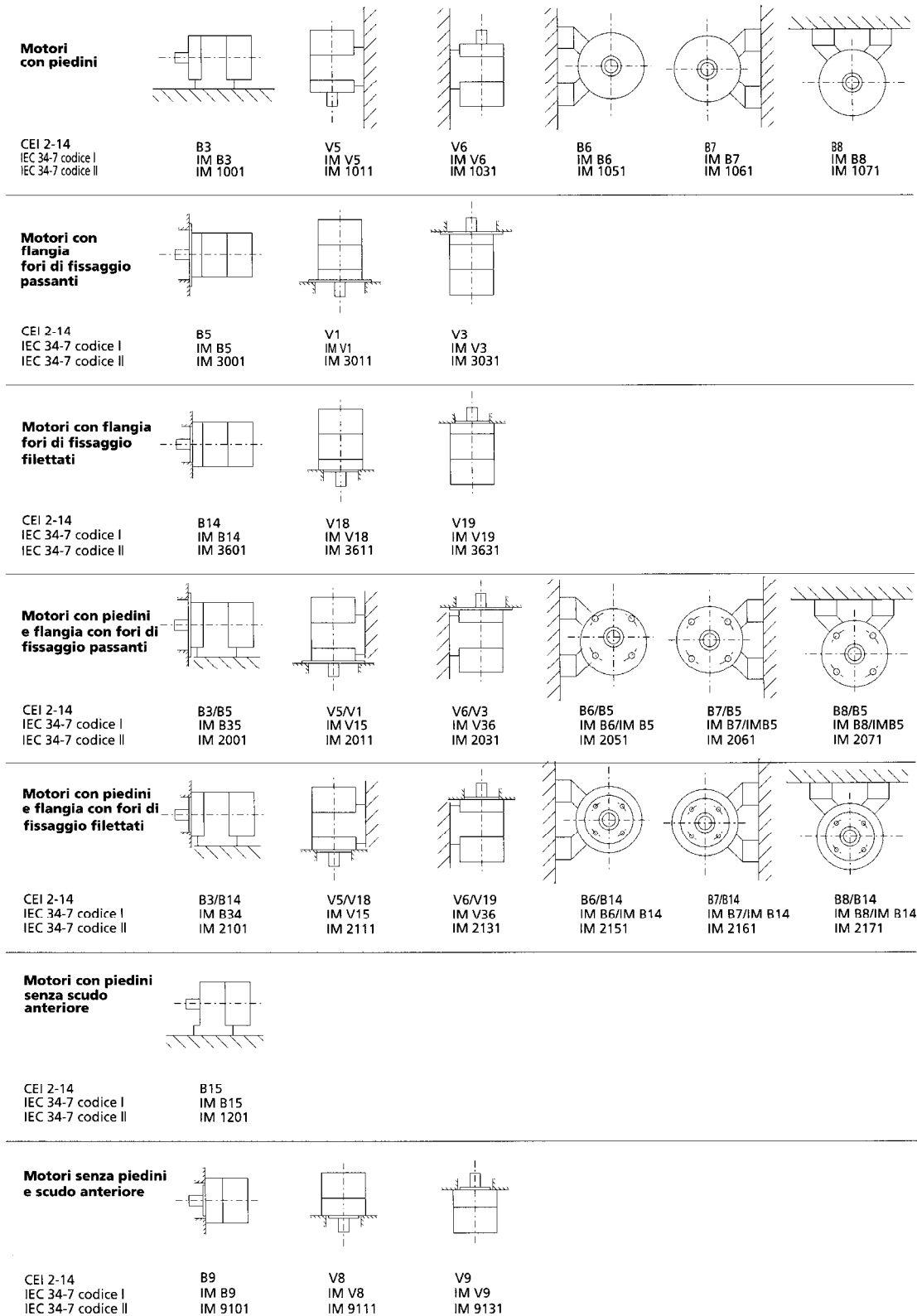


Fig. 7.23 - Forme costruttive dei motori asincroni trifase ad asse orizzontale (B) e ad asse verticale (V) e posizioni di montaggio (Lafert).

La sigla di designazione completa deve essere preceduta dalle lettere IM (*International Mounting*). Così, per esempio, un motore ad asse orizzontale, senza piedi e con fissaggio mediante flangia e fori passanti, è identificato con la sigla IM B5.

La prima unificazione delle dimensioni e delle potenze dei motori asincroni per i Paesi dell'allora Mercato Comune Europeo risale al 1963. Essa fu realizzata allo scopo di rendere intercambiabili i motori, indipendentemente dall'azienda produttrice.

L'unificazione attualmente in uso prevede grandezze contraddistinte da un numero che indica l'altezza d'asse in millimetri, con classi a partire da 56 fino a 315 mm (quota H).

I simboli S, M, L posti dopo il numero si riferiscono a carcasse con la stessa altezza d'asse, ma di diversa lunghezza, dalla più corta alla più lunga.

Nella tab. 7.8 sono riportati i valori numerici delle potenze in funzione delle altezze d'asse.

Altezza d'asse H [mm]	Potenza nominale [kW]			
	2 poli	4 poli	6 poli	8 poli
56 A	0,09	0,06	--	--
56 B	0,12	0,9	--	--
63 A	0,18	0,13	0,09	--
63 B	0,25	0,18	0,12	--
71 A	0,37	0,25	0,185	--
71 B	0,55	0,37	0,26	--
80 A	0,75	0,55	0,37	--
80 B	1,1	0,75	0,55	--
90 S	1,5	1,1	0,75	--
90 L	2,2	1,5	1,1	--
100 L	3	2,2	1,5	0,75
100 L	--	3	--	1,1
112 M	4	4	2,2	1,5
132 S	5,5	5,5	3	2,2
132 S	7,5	--	4	--
132 M	--	7,5	5,5	3
160 M	11	11	7,5	4
160 M	15	--	--	5,5
160 L	18,5	15	11	7,5
180 M	22	18,	--	--
180 L	--	22	15	11
200 L	30	30	18,5	15
200 L	37	--	22	--
225 M	45	45	30	18,5
250 M	55	55	37	22
280 S	75	75	45	37
280 M	90	90	55	45
315 S	110	110	75	55
315 M	132	132	90	75

Tab. 7.8 - Esempi di abbinamento di alcune altezze d'asse H e potenza nominale.

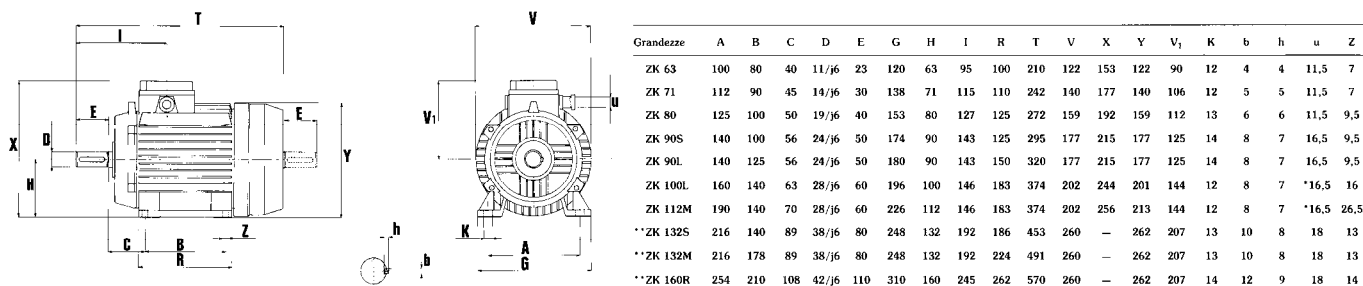


Fig. 7.24 - Dimensioni di ingombro in millimetri della forma costruttiva B3 per motori asincroni trifase con una potenza compresa tra 0,18 kW (modello ZK 63) e 15 kW (modello ZK 160R) (Seippee).

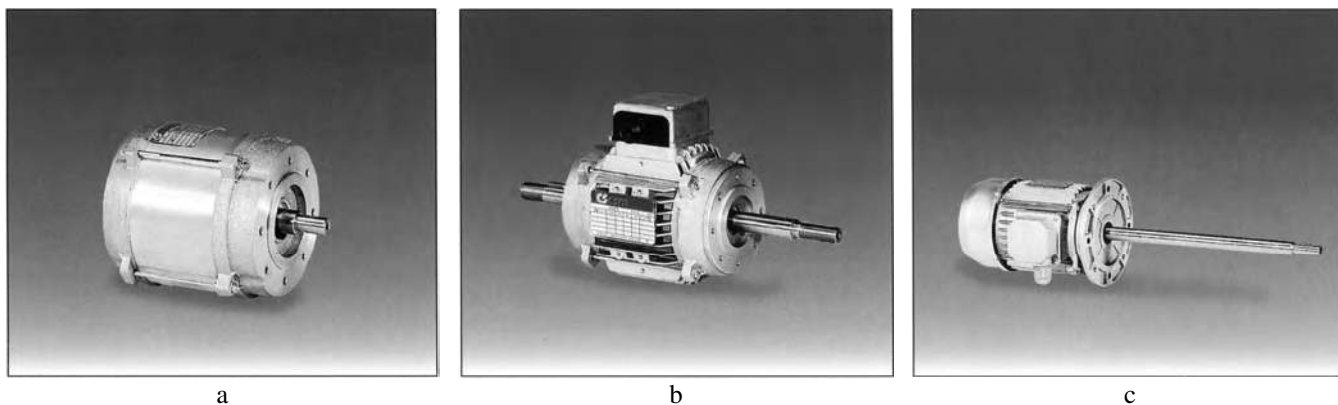


Fig. 7.25 - Esecuzioni speciali di motori elettrici: a) Motore in carcassa cilindrica per il settore macchine alimentari - b) Motore a doppia sporgenza d'albero; con o senza ventilatore - c) Motore con sporgenza d'albero speciale (CSM).

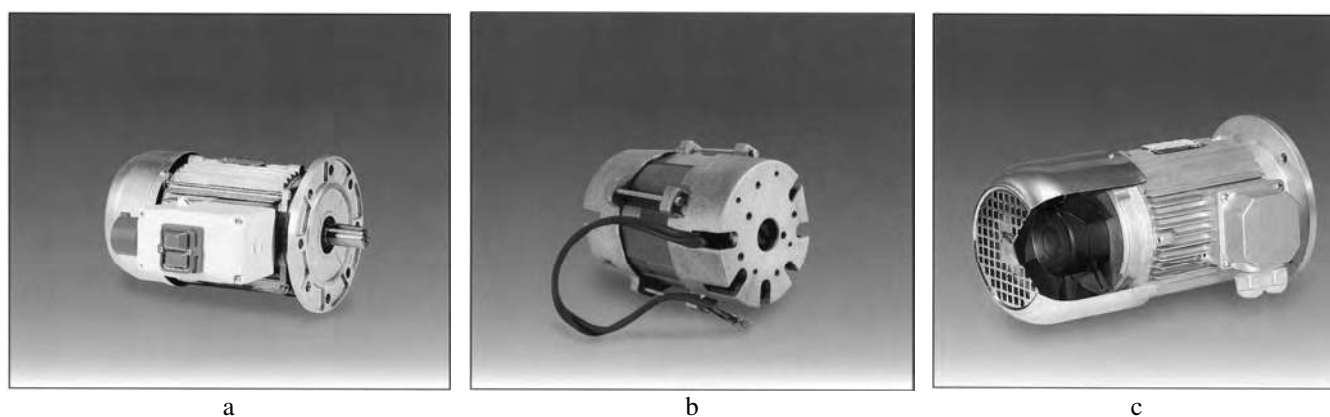


Fig. 7.26 - Esecuzioni speciali di motori elettrici: a) Motore con interruttore ON/OFF con autoritenuta e magnetotermico - b) Motore a bagno d'olio immerso, per centralina oleodinamica - c) Motore servoven-tilato con alimentazione monofase 230 V 50/60 Hz, oppure 230/400 V, 50/60 Hz (CSM).

7.7 Gradi di protezione

Il motore deve avere un grado di protezione adeguato alle condizioni ambientali in cui la macchina dovrà operare.

Le tabelle CEI-UNEL 05515-71 e le norme IEC 34-5 prescrivono che le sigle di designazione dei gradi di protezione siano precedute dalle lettere **IP** seguite da due cifre caratteristiche e, eventualmente, da una lettera aggiuntiva, che indica se le prove contro la penetrazione di acqua sono state effettuate con la macchina ferma (s) o in moto (m). La mancanza di quest'ultima sigla indica che le prove sono state eseguite in entrambe le situazioni.

La prima delle due cifre caratteristiche indica il grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi, la seconda contraddistingue, invece, il grado di protezione contro la penetrazione di acqua.

Tra la sigla IP e le due cifre caratteristiche può essere inserita la sigla **W**, che indica che la macchina è protetta contro le intemperie.

Nella tab. 7.9 sono mostrati i gradi di protezione delle macchine elettriche rotanti secondo le norme CEI-UNEL 05515-71 e secondo le norme IEC 34-5; la tab. 7.10 riporta, invece, i gradi di protezione maggiormente utilizzati per i motori asincroni commerciali.

Normalmente, è consigliato l'uso di motori con grado di protezione IP44 e IP55 nelle esecuzioni standard e IP56 nelle esecuzioni speciali.

In caso di situazioni particolari, la protezione può essere portata, mediante accorgimenti particolari (quali, per esempio, anelli di tenuta assiale sull'albero, centraggio accurato degli elementi e chiusura ermetica della morsetteria), fino a IP67 nelle esecuzioni speciali.

Gli anelli di tenuta devono avere una buona resistenza alle vibrazioni e una buona stabilità termica; inoltre, devono essere resistenti agli oli minerali e agli acidi diluiti.

Prima cifra caratteristica	Definizione del grado di protezione delle persone contro i contatti con le parti in tensione o con le parti in movimento interne all'involucro e contro la penetrazione di corpi solidi esterni	Seconda cifra caratteristica	Definizione del grado di protezione contro la penetrazione dannosa dell'acqua
0	Macchina non protetta. <i>Nessuna protezione particolare delle persone contro i contatti accidentali o involontari con le parti in tensione o le parti in movimento.</i> <i>Nessuna protezione della macchina contro la penetrazione di corpi solidi esterni.</i>	0	Macchina non protetta. <i>Nessuna protezione particolare.</i>
1	Macchina protetta contro i corpi solidi di dimensioni maggiori di 50 mm. <i>Protezione contro i contatti accidentali o involontari, di una grande superficie del corpo umano (per esempio la mano) con le parti in tensione o le parti in movimento interne all'involucro, ma nessuna protezione contro l'accesso volontario a dette parti.</i> <i>Protezione contro la penetrazione di corpi solidi di grandi dimensioni (diametro maggiore di 50 mm).</i>	1	Macchina protetta contro la caduta verticale di gocce d'acqua (stillicidio). <i>Le gocce d'acqua che cadono verticalmente non devono produrre effetti dannosi.</i>
2	Macchina protetta contro i corpi solidi di dimensioni maggiori di 12 mm. <i>Protezione contro i contatti delle dita con le parti in tensione o le parti in movimento interne all'involucro.</i> <i>Protezione contro la penetrazione di corpi solidi esterni di media dimensione (diametro maggiore di 12 mm).</i>	2	Macchina protetta contro la caduta di gocce d'acqua inclinate fino a 15°, rispetto alla verticale (stillicidio). <i>Le gocce d'acqua che cadono secondo una direzione inclinata con la verticale di un angolo inferiore o uguale a 15° non devono produrre effetti dannosi.</i>
		3	Macchina protetta contro la pioggia. <i>La pioggia che cade secondo una direzione inclinata con la verticale di un angolo inferiore o uguale a 60° non deve produrre effetti dannosi.</i>
4	Macchina protetta contro i corpi di dimensioni maggiori di 1 mm. <i>Protezione contro i contatti di utensili, fili o oggetti analoghi, di diametro o spessore maggiore di 1 mm, con le parti in tensione o le parti in movimento interne all'involucro.</i> <i>Protezione contro la penetrazione di corpi solidi esterni di piccole dimensioni (diametro maggiore di 1 mm), ad eccezione dei passaggi previsti per la ventilazione (aspirazione e mandata dei ventilatori esterni) e del foro di scarico dell'acqua di condensa delle macchine chiuse che possono avere grado 2.</i>	4	Macchina protetta contro gli spruzzi d'acqua. <i>L'acqua spruzzata sulla macchina da qualsiasi direzione non deve produrre effetti dannosi.</i>
5	Macchina protetta contro la polvere. <i>Protezione contro i contatti con le parti in tensione o le parti in movimento interne all'involucro.</i> <i>Protezione contro i depositi dannosi di polvere. La penetrazione della polvere non è totalmente impedita, ma la polvere non deve poter penetrare in quantità tale da nuocere al buon funzionamento della macchina.</i>	5	Macchina protetta contro i getti d'acqua. <i>L'acqua lanciata da un ugello sulla macchina da qualsiasi direzione non deve produrre effetti dannosi.</i>
		6	Macchina protetta contro le ondate. <i>Con mare agitato l'acqua non deve penetrare nella macchina in quantità dannosa.</i>
		7	Macchina protetta contro gli effetti dell'immersione. <i>Non deve essere possibile l'introduzione di acqua in quantità dannosa all'interno della macchina immersa in acqua, sotto pressione definita e per una determinata durata limitata.</i>
		8	Macchina stagna all'immersione. <i>Non deve essere possibile l'introduzione di acqua in quantità dannosa all'interno della macchina immersa nell'acqua ad una pressione definita per una durata illimitata.</i>

Tab. 7.9 - Gradi di protezione secondo le tabelle CEI-UNEL 05515-71 e secondo le norme IEC 34-5 per le macchine rotanti.

Prima cifra caratteristica	Seconda cifra caratteristica								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1									
2			IP12						
3			IP21	IP22	IP23				
4						IP44			
5						IP54	IP55		
6							IP65		

Tab. 7.10 - Gradi di protezione maggiormente utilizzati per i motori asincroni trifase.

7.8 Coppie di carico caratteristiche, coppia e curve caratteristiche del motore, tempi di avviamento

I motori sono correttamente dimensionati quando sono fatti funzionare normalmente alla coppia nominale T_n e alla velocità nominale n_n . In queste condizioni, essi sviluppano la potenza nominale P_n e assorbono la corrente nominale I_n .

L'andamento della coppia della maggior parte delle macchine operatrici può essere rappresentato da curve tipiche, facilitando, così, la configurazione del motore.

Per macchine operatrici o carichi si intendono quei dispositivi meccanici utilizzati per lavorare o forgiare materiali, come, per esempio, macchine utensili, presse, calandre, centrifughe, ma anche sistemi di trasporto quali gru, nastri trasportatori e meccanismi di trazione. Anche le pompe e i ventilatori possono essere raggruppati in un'unica categoria.

Quando i macchinari sono molto complessi e di dimensioni molto grandi, quali laminatoi o macchine per la fabbricazione della carta, il sistema è suddiviso in parti e i motori elettrici individuali sono esaminati separatamente. In genere, la struttura dettagliata delle macchine operatrici non è considerata nella scelta del motore; è sufficiente descriverla mediante la curva caratteristica della coppia in funzione della velocità, mediante la velocità in funzione del tempo, la massima accelerazione e decelerazione consentita e, infine, dal momento di inerzia relativamente all'albero motore.

Normalmente, le curve caratteristiche differiscono molto tra il funzionamento a vuoto e quello a pieno carico. Anche il momento di inerzia può variare, a seconda che nella macchina sia presente più o meno materiale da lavorare. Per il dimensionamento del motore e per la verifica dei cicli di avviamento e frenatura, è molto importante conoscere il comportamento della coppia del carico in funzione della velocità.

Qualsiasi macchina operatrice applica una determinata coppia resistente al motore, che dipende generalmente dalla velocità. In generale, essa agisce nella direzione opposta al movimento, tranne nei meccanismi di sollevamento durante il movimento di abbassamento, quando agisce nella stessa direzione del movimento.

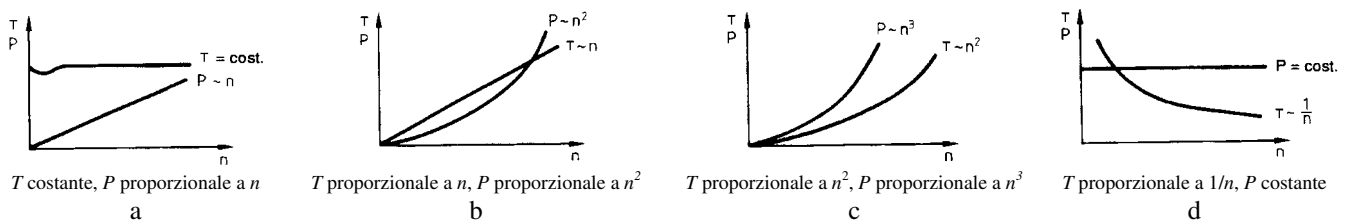


Fig. 7.27 - Andamento della coppia e della potenza dei carichi in funzione della velocità.

Inoltre, quando varia la velocità, si creano coppie di accelerazione e di decelerazione, che sono determinate dal momento di inerzia. L'andamento della coppia dei carichi presenta spesso una caratteristica tipica come quelle mostrate nella fig. 7.27, che sono utilizzate per creare una classificazione dei tipi di carico.

La potenza meccanica P di un motore è funzione della coppia T e della velocità n o della velocità angolare ω .

Macchina operatrice a coppia costante. In questo caso, la coppia resistente è essenzialmente legata all'attrito meccanico, che rimane costante in una vasta gamma di velocità, come indicato nella fig. 7.27a. Durante la fase di avviamento, occorre spesso far fronte ad un ulteriore attrito statico.

In questo caso, per la determinazione della potenza P , vale la seguente relazione: $P = T \cdot 2\pi \cdot n = T \cdot \omega$.

In presenza di una coppia costante T , la potenza P dipende proporzionalmente dalla velocità n , ovvero $P \sim n$.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di carichi con coppia costante:

- meccanismi di sollevamento, elevatori, verricelli, paranchi, argani;
- macchine utensili con forza di taglio costante;
- nastri trasportatori, coclee, mescolatori;
- rettificatrici;
- pompe a pistone, pompe volumetriche, compressori a pressione costante, compressori rotativi;
- laminatoi;
- alcune tipologie di cesoie e punzoni;
- piallatrici;
- cuscinetti, ingranaggi;
- funivie.

La coppia media del carico T_m corrisponde, in questi casi, approssimativamente alla coppia nominale T_n .

In queste macchine operatrici, la potenza P può essere proporzionalmente ridotta mediante la riduzione della velocità n . Per esempio, dimezzando la velocità, si dimezza la potenza del motore.

Macchina operatrice con la coppia che aumenta in modo proporzionale alla velocità. Una macchina di questo tipo presenta una caratteristica del tipo mostrato nella fig. 7.27b. Il grafico mette in evidenza come l'attrito sia proporzionale alla velocità (attrito viscoso). Questo accade, per esempio, durante la laminatura e la lavorazione della carta, dei tessuti o delle piastrelle di gomma. Quando la coppia T aumenta in modo proporzionale, come in questo caso, la potenza P aumenta con il quadrato della velocità n , ovvero $P \sim n^2$. Di seguito sono riportati alcuni esempi di carichi con la coppia che aumenta in modo proporzionale alla velocità:

- calandre, estrusori;
- pompe ad anello liquido;
- liscivatura di carta e tessuti;
- freni elettromagnetici.

La coppia media del carico T_m in questi casi corrisponde approssimativamente la metà della coppia nominale T_n .

In queste macchine operatrici diminuendo la velocità n , potenza P diminuisce del suo quadrato. Dimezzando la velocità n la potenza P sarà solo un quarto.

Macchina operatrice con la coppia che aumenta con il quadrato della velocità. Il grafico di fig. 7.27c mette in evidenza la presenza di un attrito da gas o da liquido. Quando la coppia T aumenta con il quadrato della velocità, la potenza P aumenta con il cubo della stessa, ovvero $P \sim n^3$.

Di seguito vengono riportate alcuni esempi di carichi con la coppia che aumenta con il quadrato della velocità:

- ventilatori e ventole di ogni tipo;
- eliche;
- macchine a pistoni con erogazione in una rete di tubi aperta;
- pompe centrifughe, compressori a vite e centrifughi;
- agitatori, mescolatori centrifughi;
- veicoli.

La coppia media del carico T_m corrisponde, in questi casi, approssimativamente ad un terzo della coppia nominale T_n . Inoltre, la coppia T aumenta al quadrato con l'aumento della velocità n , la potenza P è una funzione del cubo della velocità n . Dimezzando la velocità, sarà necessario solo un ottavo della potenza.

Nei motori delle pompe e dei ventilatori di riscaldamento e aerazione, anziché ridurre la portata con una valvola a cursore o a farfalla, è preferibile regolare la velocità del motore mediante, per esempio, un convertitore di frequenza.

Macchina operatrice con la coppia che diminuisce con una proporzionalità inversa alla velocità. Il grafico di fig. 7.27d mette in evidenza come in queste macchine la coppia T diminuisce in proporzione inversa rispetto alla velocità n , mentre la potenza P rimane costante, ovvero $P \approx \text{cost}$.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di carichi con la coppia che diminuisce con l'aumentare della velocità:

- macchine utensili, torni;
- pelatrici rotanti;
- bobinatrici, avvolgitori.

In questi casi, la coppia media del carico T_m può essere determinata graficamente.

Nella fig. 7.28 sono mostrate le curve caratteristiche della coppia resistente in funzione della velocità operativa di alcune applicazioni.

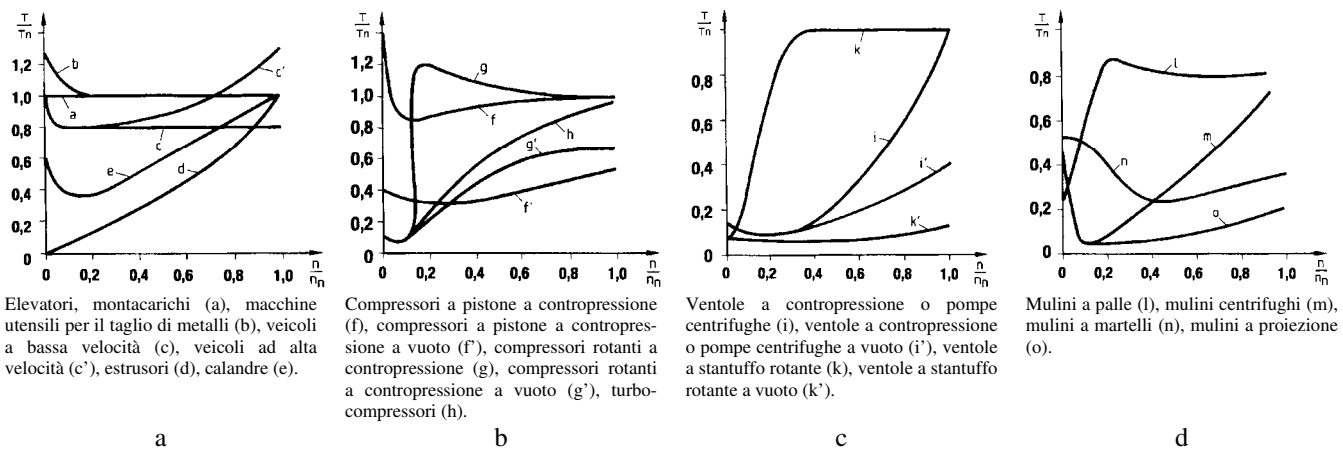


Fig. 7.28 - Tipiche curve caratteristiche della coppia resistente in funzione della velocità operativa: a) Varie applicazioni - b) Compressori - c) Ventole - d) Laminatoi.

Nel caso delle macchine operatrici, la potenza che deve essere fornita dal motore è determinata mediante la seguente relazione:

$$P_a = \frac{T_n \cdot n}{974 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita dalla macchina operatrice e dalla trasmissione espressa in kilowatt [kW];
 T_n = coppia resistente della macchina operatrice in kilogrammetri [kg m];
 n = velocità di rotazione del motore in giri al minuto;
 η = rendimento della trasmissione.

Con la trasmissione a cinghia o ad ingranaggi, la coppia resistente deve essere riportata alla velocità del motore mediante la relazione:

$$(T_n)_m = \frac{T_n \cdot n_a}{n \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

$(T_n)_m$ = coppia resistente riportata all'albero motore in kilogrammetri [kg m];
 T_n = coppia resistente della macchina operatrice in kilogrammetri [kg m];
 n_a = velocità di rotazione della macchina in giri al minuto;
 n = velocità di rotazione del motore in giri al minuto;
 η = rendimento della trasmissione.

Quando non è nota la potenza richiesta dalla macchina operatrice oppure non si conosce il momento resistente della stessa, è possibile calcolare, in prima approssimazione, la potenza necessaria in base al tipo di lavoro effettuato. Di seguito sono riportati alcuni esempi di calcolo. Se la macchina operatrice deve applicare una forza F fino a raggiungere una velocità v , la potenza P_a necessaria sarà:

$$P_a = \frac{F \cdot v}{102 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita espressa in kilowatt [kW];
 F = forza in kilogrammi [kg];
 v = velocità in metri al secondo [m/s];
 η = rendimento della macchina operatrice e della trasmissione.

Nel caso delle macchine utensili ad asportazione di trucioli, la potenza richiesta sarà:

$$P_a = \frac{q \cdot ps \cdot v}{102 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita in kilowatt [kW];
 q = sezione del truciolo in millimetri quadrati [mm²];
 ps = pressione specifica di taglio in kilogrammi al millimetro quadrato [kg/mm²];
 v = velocità del materiale a contatto con l'utensile in metri al secondo [m/s];
 η = rendimento della macchina utensile e della trasmissione.

Se la macchina operatrice è una pompa che deve dare luogo a una portata Q in metri cubi al secondo [m³/s] con una prevalenza h in metri di colonna d'acqua, agendo su un fluido avente un peso specifico γ in kilogrammi per decimetro cubo [kg/dm³], la potenza del motore dovrà essere:

$$P_a = \frac{1000 \cdot \gamma \cdot Q \cdot h}{102 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita in kilowatt [kW];
 γ = peso specifico in kilogrammi per decimetro cubo [kg/dm³];
 Q = portata in metri cubi al secondo [m³/s];
 h = prevalenza in metri di colonna d'acqua;
 η = rendimento della pompa e della trasmissione, valutabile per le pompe alternative in 80÷90 % e per quelle centrifughe in 50÷60 %.

Se la macchina operatrice è un ventilatore, la potenza nominale è data da:

$$P_a = \frac{Q \cdot p}{102 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita espressa in kilowatt [kW];
 Q = portata d'aria in metri cubi al secondo [m³/s];
 p = prevalenza in millimetri di colonna d'acqua;
 η = rendimento del ventilatore e della trasmissione.

Il rendimento dei ventilatori è pari a 50÷80% per macchine di grande potenza, a 30÷50% per ventilatori centrifughi di media potenza, a 30÷40% per piccoli ventilatori elicoidali.

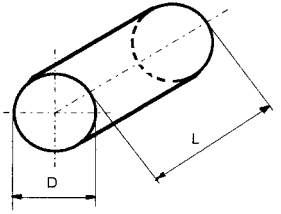
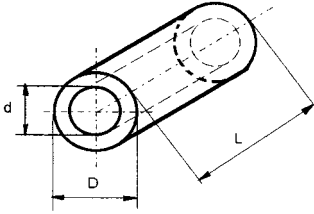
Nel caso di un apparecchio di sollevamento, la potenza richiesta al motore sarà:

$$P_a = \frac{(P + P_{acc}) \cdot v}{4500 \cdot 1,36 \cdot \eta} \quad \text{dove:}$$

P_a = potenza assorbita in kilowatt [kW];
 P = carico teorico da sollevare in kilogrammi [kg];
 P_{acc} = peso di bozzello (tipo di carrucola), gancio e fune, valutabile nel 5% di P ;
 v = velocità di sollevamento in metri al minuto [m/min];
 η = rendimento della trasmissione (0,80÷0,85).

Momento di inerzia. Per l'avviamento e la frenatura del motore, oltre alla curva caratteristica coppia-velocità, è necessario conoscere anche il momento dinamico PD^2 della macchina comandata e dell'eventuale giunto o puleggia. Il momento dinamico PD^2 è riferito alla velocità di rotazione del motore ed è espresso in kilogrammetri quadrati [kg m²].

Il momento dinamico di parti complesse può essere determinato mediante una prova di rallentamento; per le parti più semplici si rimanda, invece, alla tab. 7.11 (tutte le misure sono espresse in metri e il peso specifico γ è espresso in kilogrammi al metro cubo, kg/m³).

	$J = \frac{1}{8} \cdot m \cdot D^2$ $PD^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot D^2$ $m = \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L$		$J = \frac{1}{8} \cdot m \cdot (D^2 - d^2)$ $PD^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (D^2 - d^2)$ $m = \gamma \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot L$
<p>Legenda: J = momento di inerzia in kilogrammetri [kg m], m = massa in kilogrammi [kg], γ = peso specifico in kilogrammi al metro cubo [kg/m³].</p>			

Tab. 7.11 - Momenti dinamici di parti semplici.

Il momento di inerzia, calcolato come indicato nella tab. 7.11, deve essere riportato alla velocità del motore secondo la seguente relazione:

$$PD_{mc}^2(n_{mot}) = PD_{mc}^2 \cdot \frac{(n_{mc})^2}{(n_{mot})^2}$$

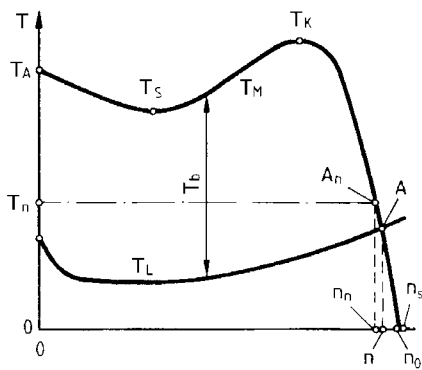
dove: PD_{mc}^2 = momento d'inerzia della macchina comandata;
 n_{mot} = velocità dell'albero motore;
 $PD_{mc}^2(n_{mot})$ = momento d'inerzia totale riferito all'albero motore;
 n_{mc} = velocità dell'albero trascinato.

Per masse soggette a movimento rettilineo (per esempio, carrelli, nastri trasportatori, sollevamento gru), il momento di inerzia equivalente, riferito all'albero del motore, si calcola con la seguente relazione:

$$PD_{mc}^2(n_{mot}) = \frac{P \cdot v^2}{(n_{mot})^2}$$

dove: $PD_{mc}^2(n_{mot})$ = momento d'inerzia totale riferito all'albero motore;
 P = peso in kilogrammi [kg] delle masse in movimento;
 v = velocità in metri al secondo [m/s];
 n_{mot} = velocità dell'albero motore.

Una volta individuata la potenza assorbita dalla macchina comandata e definito il PD^2 con i criteri indicati precedentemente, è necessario verificare che il motore sia in grado di effettuare l'avviamento fino alla velocità nominale. In particolare, occorre verificare che la caratteristica coppia-velocità del motore sia sempre superiore alla coppia resistente, ovvero che esista una coppia accelerante. Occorre innanzi tutto definire la caratteristica coppia-velocità di un motore asincrono. Nella fig. 7.29, è illustrato il tipico andamento della coppia dei motori asincroni trifase con rotor a gabbia di scoiattolo.



- Legenda.
- T_n = coppia nominale.
 - T_L = coppia del carico.
 - T_K = coppia massima durante la fase di avviamento.
 - T_M = coppia motore.
 - n_s = velocità sincrona.
 - A_n = punto di lavoro nominale.
 - T_A = coppia di spunto iniziale.
 - T_b = coppia di accelerazione.
 - T_s = coppia minima all'avviamento.
 - n_n = velocità nominale ($0,94 \div 0,99 \cdot n_s$).
 - n = punto di lavoro.
 - n_0 = velocità a vuoto ($0,98 \div 0,997 \cdot n_s$).

Fig. 7.29 - Curva caratteristica della coppia in funzione del numero dei giri di un motore asincrono trifase con rotore a gabbia di scoiattolo e una coppia resistente con un andamento quadratico tipico delle pompe centrifughe o dei ventilatori centrifughi.

Di seguito sono illustrate le caratteristiche di alcuni parametri:

- **T_b (coppia di accelerazione)** - per coppia di accelerazione si intende l'intera gamma delle coppie, dalla velocità nulla a motore fermo fino alla velocità massima ed è espressa come differenza tra la coppia motore T_M e la coppia di carico T_L ;
- **T_A (coppia di spunto iniziale o coppia a rotore bloccato a riposo)** - il valore di T_A è fornito dal costruttore del motore e presenta normalmente una tolleranza compresa tra -15% e +25%;
- **T_n (coppia nominale)** - è il valore della coppia nominale durante il funzionamento nominale, alla potenza nominale P_n e alla velocità nominale n_n . A vuoto, la coppia è molto bassa e copre l'attrito interno. Quando il motore è caricato, la sua velocità diminuisce leggermente del valore di scorrimento s e la coppia aumenta. Un motore standard deve essere in grado di sviluppare la coppia nominale in condizioni di funzionamento continuo, senza superare il proprio limite di temperatura. In alcuni modi operativi (S2, S3 ed S6), la coppia nominale può anche essere superata di un determinato valore, se il limite di temperatura non è oltrepassato, per l'intera gamma operativa;

- **T_K (coppia massima durante l'avviamento)** - coincide con la coppia massima che il motore è in grado di sviluppare. Se la potenza è aumentata oltre il carico nominale P_n , lo scorrimento s continua ad aumentare, mentre la velocità n diminuisce e il motore sviluppa una coppia maggiore. Tale valore può essere aumentato fino ad un valore massimo T_K (coppia massima all'avviamento), momento in cui il motore diviene instabile, vale a dire che la sua velocità scende improvvisamente al valore di scorrimento (scorrimento massimo di sovraccarico), quindi diminuisce fino a raggiungere lo zero. In conformità alle norme, la coppia massima all'avviamento deve essere $T_K \geq 1,6 T_n$ e deve essere possibile sovraccaricare il motore fino a questo valore per almeno 15 s alla tensione e alla frequenza nominali. I dati indicati nei cataloghi possono presentare una tolleranza fino a -10% . Nella maggior parte dei motori, la coppia massima all'avviamento è significativamente maggiore e, normalmente, raggiunge valori pari a $T_K = 2+3,5 T_n$. Di conseguenza, i motori asincroni trifase sono particolarmente indicati per carichi intermittenti, ammesso che il calore in eccesso possa essere dissipato;
- **T_S (coppia minima all'avviamento)** - corrisponde alla coppia più piccola durante l'accelerazione. In ogni caso, essa deve essere maggiore della coppia di carico T_L che agisce nello stesso momento, in quanto, in caso contrario, il motore non può essere accelerato. I valori minimi della coppia minima all'avviamento sono riportati nelle norme ad essa relative;
- **T_L (coppia del carico)** - è la coppia di carico che rappresenta il carico durante l'accelerazione (nella fig. 7.30 è rappresentata la curva caratteristica di un ventilatore);
- **T_M (coppia motore)**.

In condizioni di servizio continuo, nel modo di funzionamento S1 e ad un carico nominale P_n , un motore adeguatamente dimensionato ruota ad una velocità nominale n_n e sviluppa la coppia nominale T_n :

Coppia nominale $T_n = 9555 \cdot \frac{P_n}{n_n}$ dove: T_n = coppia nominale in newton metri [N m];
 P_n = potenza nominale in kilowatt [kW];
 n_n = velocità dell'albero motore in giri al minuto.

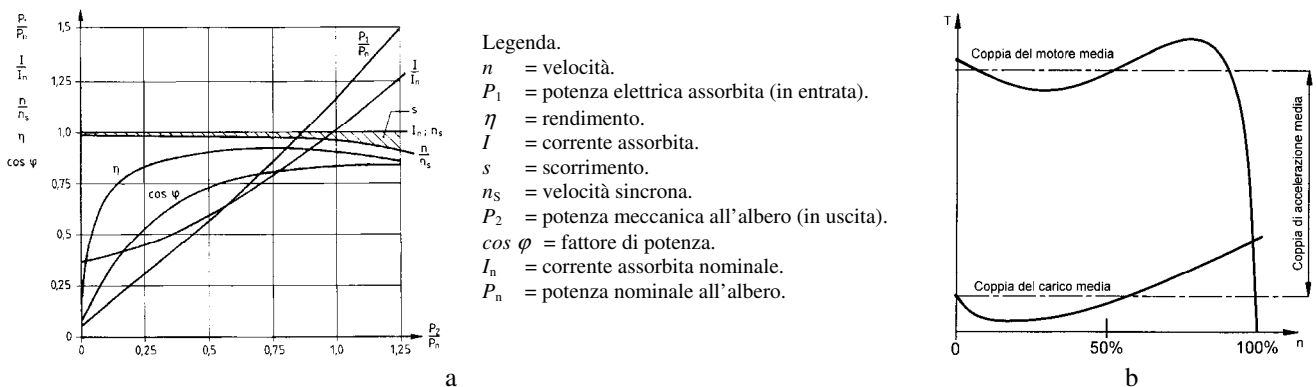
La coppia nominale T_n può essere tuttavia calcolata mediante i dati elettrici del motore, con la seguente relazione:

Coppia nominale $T_n = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot 9,55}{n_n}$ dove: U_n = tensione nominale di alimentazione in volt [V];
 I_n = corrente nominale assorbita in ampere [A];
 $\cos \varphi$ = fattore di potenza;
 η = rendimento;
 n_n = velocità dell'albero motore in giri al minuto.

Durante l'avviamento, la coppia di spunto iniziale T_A deve essere maggiore di quella del carico; inoltre, durante l'intera fase di accelerazione la coppia del motore T_M deve mantenersi sopra il valore della coppia di carico T_L , come indicato nella fig. 7.30.

Nel punto di intersezione delle due linee della coppia (punto di funzionamento A), il motore funziona ad una velocità costante n . In caso di sovraccarico, il punto di lavoro A sale oltre il punto di lavoro nominale A_n . Questa situazione è accettabile solo per un breve periodo, al fine di evitare il surriscaldamento del motore.

Tuttavia, il punto di lavoro A non deve nemmeno essere troppo basso, vale a dire che non si deve scegliere un motore sovradimensionato. Al di sotto del 50% del carico nominale, il rendimento η e il fattore di potenza $\cos \varphi$ diminuiscono enormemente e, di conseguenza, i motori smettono di funzionare in maniera economica.



Un motore di potenza maggiore presenta anche una corrente di avviamento I_A più elevata, in quanto questa non dipende dalla coppia del carico. Ricorrendo a un motore più potente, infatti, solo il tempo di accelerazione risulterà

rebbe ridotto. Nel grafico di fig. 7.30a, sono riportate le caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase per quanto riguarda la velocità, il fattore di potenza, il rendimento, la corrente, la potenza, lo scorrimento in funzione del carico. Osservando il grafico, relativo ai motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo, è possibile fare le seguenti considerazioni:

- la velocità n diminuisce solo leggermente con l'aumento del carico;
- lo scorrimento s aumenta quasi proporzionalmente all'aumentare del carico;
- il fattore di potenza $\cos \varphi$ dipende, in gran parte, dal carico e raggiunge il valore massimo normalmente durante il sovraccarico. Nella gamma di carico parziale, esso è relativamente sfavorevole, in quanto anche con un carico parziale la magnetizzazione è pressoché costante;
- il rendimento η presenta un andamento relativamente piatto ed è pressoché costante oltre la zona di carico parziale. Esso raggiunge il valore massimo al di sotto della potenza nominale P_n ;
- la corrente assorbita I aumenta in misura proporzionale a partire da circa il semi-carico, al di sotto del quale diminuisce solo lentamente fino ad eguagliare la corrente a vuoto I_0 (corrente di magnetizzazione);
- la potenza P_1 aumenta più o meno in proporzione al carico, a partire dalla potenza a vuoto. Nella gamma di sovraccarico, essa aumenta in modo leggermente più veloce, in quanto anche le perdite aumentano più rapidamente.

Inoltre, poiché il rendimento η e il fattore di potenza $\cos \varphi$ possono avere un effetto rilevante sull'efficienza economica del motore, è molto importante conoscere i valori di carico parziale. Entrambi i valori determinano l'efficienza economica durante il funzionamento. Nella gamma del carico parziale entrambi i valori diminuiscono. Inoltre, nei motori a bassa velocità, il fattore di potenza $\cos \varphi$ è inferiore rispetto a quello registrato nei motori ad elevata velocità. Di conseguenza, i motori esattamente dimensionati e ad elevata velocità sono più economici per quanto riguarda i costi sia di acquisto sia di funzionamento.

Oltre alla verifica dell'esistenza della coppia accelerante, è importante accertarsi che il tempo necessario per effettuare l'avviamento sia compatibile con la capacità termica del motore. È opportuno ricordare che, allo spunto, il motore a gabbia di scoiattolo assorbe dalla rete di alimentazione una corrente che può assumere valori di 4÷8 volte il valore della corrente nominale. Il calcolo del tempo di avviamento può essere effettuato, in prima approssimazione, utilizzando la seguente relazione:

$$T_a = \frac{PD_t^2 \cdot n}{375 \cdot T_{am}}$$

dove:

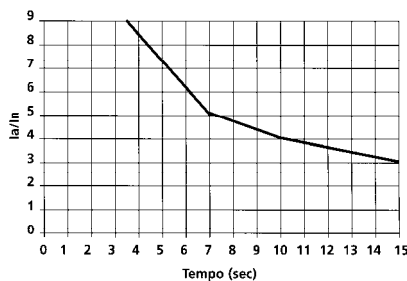
- T_a = tempo di avviamento in secondi;
- PD_t^2 = momento dinamico totale riferito alla velocità del motore in kilogrammetri quadrati [kg m^2];
- n = velocità di rotazione del rotore in giri al minuto;
- T_{am} = coppia accelerante media [kilogrammetri, kg m].

La coppia accelerante media si può determinare graficamente, come mostrato nella fig. 7.30b, facendo la media della coppia motrice e della coppia resistente.

Normalmente, sono ammissibili tempi di avviamento massimi, con alimentazione a tensione piena, nell'ordine di 10÷15 s; tempi maggiori possono provocare aumenti di temperatura eccessivi.

Nel caso degli avviamenti stella-triangolo sono ammissibili tempi di avviamento nell'ordine di 30÷45 s.

I costruttori forniscono grafici e/o tabelle per determinare il tempo massimo consentito di avviamento simili a quelli riportati nella fig. 7.31: il grafico rappresenta il rapporto I_a/I_n (riportato nei cataloghi per ogni tipo di motore) in funzione della variazione dei tempi di avviamento.

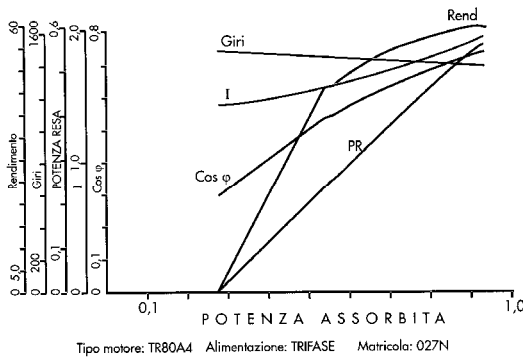


Il grafico a lato indica, in funzione del rapporto I_a/I_n riportato sui cataloghi per ogni tipo di motore, la variazione dei tempi di avviamento. Per esempio, un motore avente il rapporto $I_a/I_n = 4$, dovrà avviarsi a carico in un tempo massimo pari a 10 s, tale tempo impedirà al motore di raggiungere temperature eccessive in particolare per gli isolanti.

Fig. 7.31 - Tempi di avviamento a rotore bloccato (Lafert).

Se non è possibile ottenere, a causa dell'elevato valore del momento di inerzia o della coppia resistente, un tempo di avviamento entro i tempi sopra indicati, è possibile adottare un motore ad alta coppia, avente cioè una caratteristica coppia-velocità più elevata. In alcuni casi, è possibile scegliere un motore di potenza maggiore, se la rete di alimentazione è in grado di accettare la maggiore corrente di spunto.

Se le due soluzioni citate non sono praticabili, è necessario utilizzare un apposito avviatore statico o, meglio, un convertitore di frequenza.



Esempio di grafico riportante i parametri caratteristici di un motore asincrono trifase chiuso, ventilato esternamente, con rotore a gabbia di scoiattolo, modello TR80A4, 4 poli, 220/230 V a triangolo e 380/400 V a stella, 50 Hz, 0,5 kW, servizio S1, grado di protezione IP55. Rendimento (Rend), velocità di rotazione (Giri), potenza resa all'albero (PR), corrente assorbita (I), fattore di potenza ($\cos \varphi$) in funzione della potenza elettrica assorbita.

Fig. 7.32 - Esempio di grafico dei parametri caratteristici di un motore asincrono trifase (Bonani).

7.9 Installazione e manutenzione

L'installazione di un motore asincrono deve essere eseguita secondo criteri dipendenti dalla forma costruttiva. Inoltre, per avere un funzionamento corretto, che eviti, per esempio, un'eccessiva usura dei cuscinetti, il motore deve essere opportunamente livellato. Per livellare il motore, può essere utile ricorrere a una livella a bolla d'aria, prendendo come riferimento le superfici lavorate (giunti, alberi, ecc.) e non le superfici di fusione (come, per esempio, la carcassa), che possono portare ad errori. Per effettuare il collegamento meccanico con la macchina operatrice mediante giunti assiali, è opportuno verificarne il perfetto allineamento, al fine di evitare funzionamenti rumorosi e sollecitazioni meccaniche anomale agli alberi.

Nel caso di accoppiamento con cinghie, occorre installare il motore in modo che il suo albero risulti parallelo a quello della macchina operatrice; inoltre, è opportuno prevedere un tendicinghia per poter effettuare la regolazione della tensione della cinghia. Vale la pena ricordare che una tensione eccessiva risulta nociva per la durata dei cuscinetti (v. fig. 7.33c). La fondazione del motore deve essere piana e robusta, in modo da assorbire le vibrazioni; inoltre, deve essere sufficientemente rigida per mantenere un perfetto allineamento.

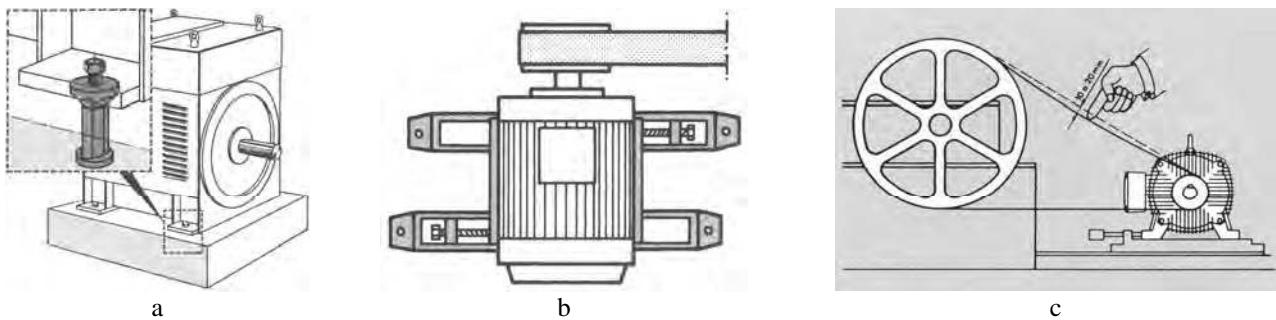


Fig. 7.33 - a) Esempio di montaggio del motore su un basamento mediante apposite viti di fissaggio - b) Esempio di sistema di allineamento per motori mediante slitte regolabili - c) Tensionamento corretto di una cinghia.

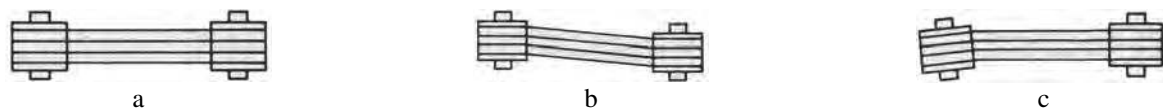


Fig. 7.34 - Allineamento di una cinghia: a) Corretto - b) Non corretto - c) Non corretto.

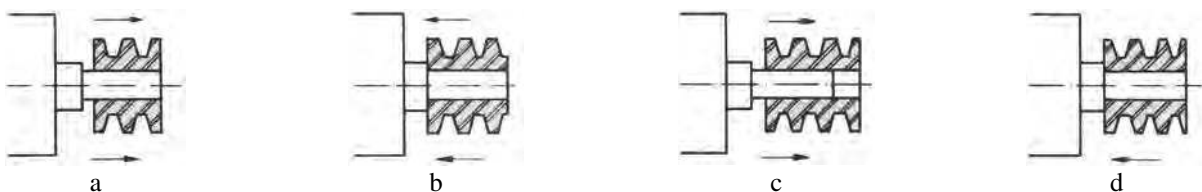


Fig. 7.35 - Posizionamento di una puleggia sull'albero: a) Non corretto - b) Corretto - c) Non corretto - d) Corretto.

Il fattore che incide maggiormente sulla durata di un motore è la temperatura. Infatti, si può affermare, seppur con una certa approssimazione, che la vita si dimezza ogni 10 °C di sovratemperatura.

È per questo motivo che è necessario evitare che i motori di tipo chiuso, in cui la ventola è calettata esternamente sull'albero, siano installati in luoghi con limitato ricambio d'aria, in quanto questa condizione determina una riduzione dell'effetto raffreddante della ventola.

In presenza di temperature elevate, la classe d'isolamento deve essere adeguata e la manutenzione dovrà essere particolarmente curata.

È opportuno effettuare l'installazione in luoghi dove sia possibile effettuare facilmente ispezioni e manutenzioni durante il funzionamento.

Dal punto di vista meccanico, occorre dedicare una particolare attenzione ai cuscinetti, in quanto essi sono soggetti ad usura e, quindi, devono essere periodicamente sostituiti. In caso di rottura dei cuscinetti, è opportuno verificarne l'allineamento, che potrebbe risultare disassato.

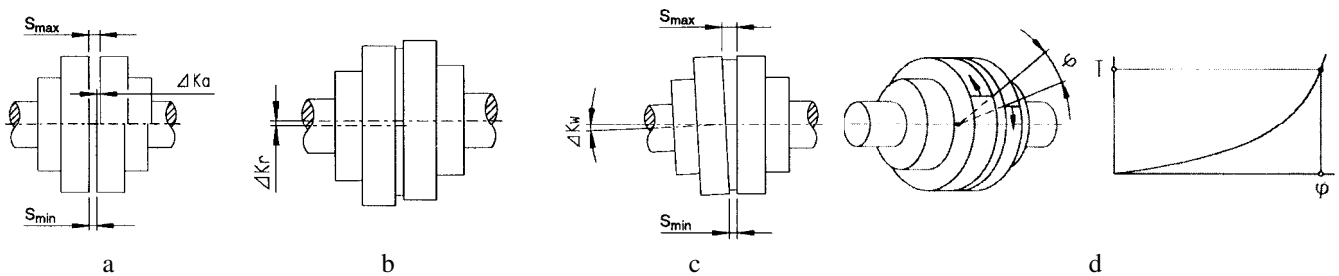


Fig. 7.36 - Disassamento: a) Assiale - b) Radiale - c) Angolare - d) Torsionale.

Il problema dei cuscinetti aumenta con l'incremento della velocità del motore e con l'eventuale presenza di cinghie, che possono imporre severe sollecitazioni all'albero e, di conseguenza, agli stessi cuscinetti. In alcuni casi, può essere necessario sovradimensionare l'albero e i relativi cuscinetti.

Quando un motore funziona ad alta velocità, è opportuno effettuare un controllo periodico dello stato dei cuscinetti (per esempio, con rivelatori ad ultrasuoni).

Per sostituire i cuscinetti usurati, è opportuno utilizzare appositi estrattori e, in ogni caso, occorre evitare di battere sull'anello esterno del cuscinetto o sulla gabbia.

Viceversa, durante l'introduzione del nuovo cuscinetto, si deve fare in modo che la pressione sia distribuita uniformemente su tutta la circonferenza.

I cuscinetti dei motori standard, con un'altezza di asse fino a 250 mm, sono lubrificati normalmente a vita. La durata dei cuscinetti a una temperatura di 40 °C e servizio a 50 Hz, è pari a 10000 h nei motori a 2 e 4/2 poli, mentre raggiunge 20000 h, ma non più di 4 anni, per i motori a 4 poli o superiori.

Nei motori più grandi (per esempio, a partire da un'altezza di asse di 280 mm), i cuscinetti sono dotati d'ingrassatore, nonché di un foro di drenaggio. Questi motori riportano sulla targa l'intervallo di ringrassaggio e la quantità di grasso necessaria.

Se nell'ambiente in cui è impiegato il motore prevalgono condizioni poco favorevoli (per esempio, elevata temperatura ambiente, presenza di polvere, atmosfera corrosiva o funzionamento mediante convertitore di frequenza), il ringrassaggio deve essere effettuato ad intervalli minori.

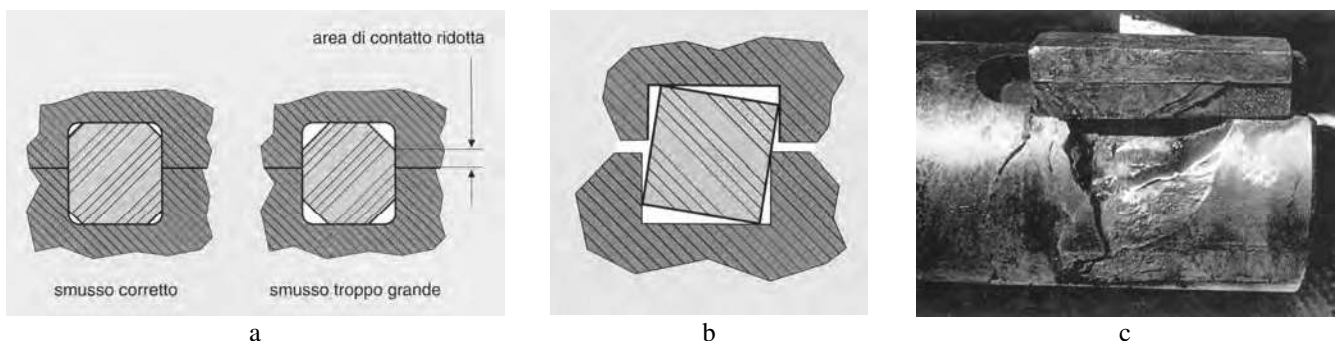


Fig. 7.37 - a) Gli smussi della linguetta, se realizzati correttamente, evitano l'interferenza degli spigoli. Smussi troppo grandi possono far nascere, però, forti pressioni di contatto - b) Una linguetta non montata correttamente è soggetta a tranciatura agli spigoli della cava - c) Se all'installazione l'interferenza non è sufficiente, le forze generate dal disallineamento possono causare il movimento del mozzo rispetto all'albero. Questi fenomeni possono provocare la completa rottura dell'albero come riportato in figura.

È opportuno eseguire ispezioni periodiche con personale qualificato, per garantire le migliori condizioni di lavoro, effettuando: la pulizia del motore, la verifica della ventilazione, l'identificazione di eventuali rumori anomali e

di vibrazioni. In questo caso, occorre controllare i cuscinetti e, se necessario, sostituirli, come pure l'anello di tenuta. Infine, è necessario verificare il corretto fissaggio del motore sulla flangia e sui piedini. Per le operazioni di smontaggio, occorre fare riferimento ai disegni d'assieme riportati nei cataloghi dei costruttori.

Dal punto di vista elettrico, la manutenzione dei motori asincroni non richiede particolari attenzioni. Infatti, solo il tipo con il rotore avvolto e collettore ad anelli richiede un controllo periodico per mantenere piana e pulita la superficie degli anelli.

Quando il motore ha avuto un lungo periodo di inattività, è opportuno misurare la resistenza d'isolamento. Quando il valore non sia corretto, può significare che l'avvolgimento è umido. In questo caso, è necessario far essiccare il motore da ditte specializzate oppure, per macchine di piccola potenza, può essere sufficiente farle funzionare a vuoto per alcune ore.

Cause più comuni che provocano guasti nei motori asincroni				
Surriscaldamento	Umidità e polvere	Guasti meccanici/vibrazioni	Invecchiamento	Altri
45%	20%	18%	12%	5%

Localizzazione dei guasti più comuni nei motori asincroni						
Cuscinetti	Avvolgimenti	Non specificate	Giunti	Cause esterne	Rotore	Spazzole
37%	33%	11%	6%	5%	5%	3%

Tab. 7.12 - Cause più comuni e localizzazione dei guasti nei motori asincroni. I guasti relativi all'avvolgimento sono quasi sempre nello statore e sono determinati dal cedimento dell'isolamento.

I motori asincroni possono normalmente funzionare, in genere, indifferentemente nei due sensi di rotazione; infatti, la stessa ventola di raffreddamento è progettata per funzionare correttamente in entrambi i sensi di rotazione (bidirezionale). Occorre scegliere, però, il senso di rotazione previsto per la macchina operatrice.

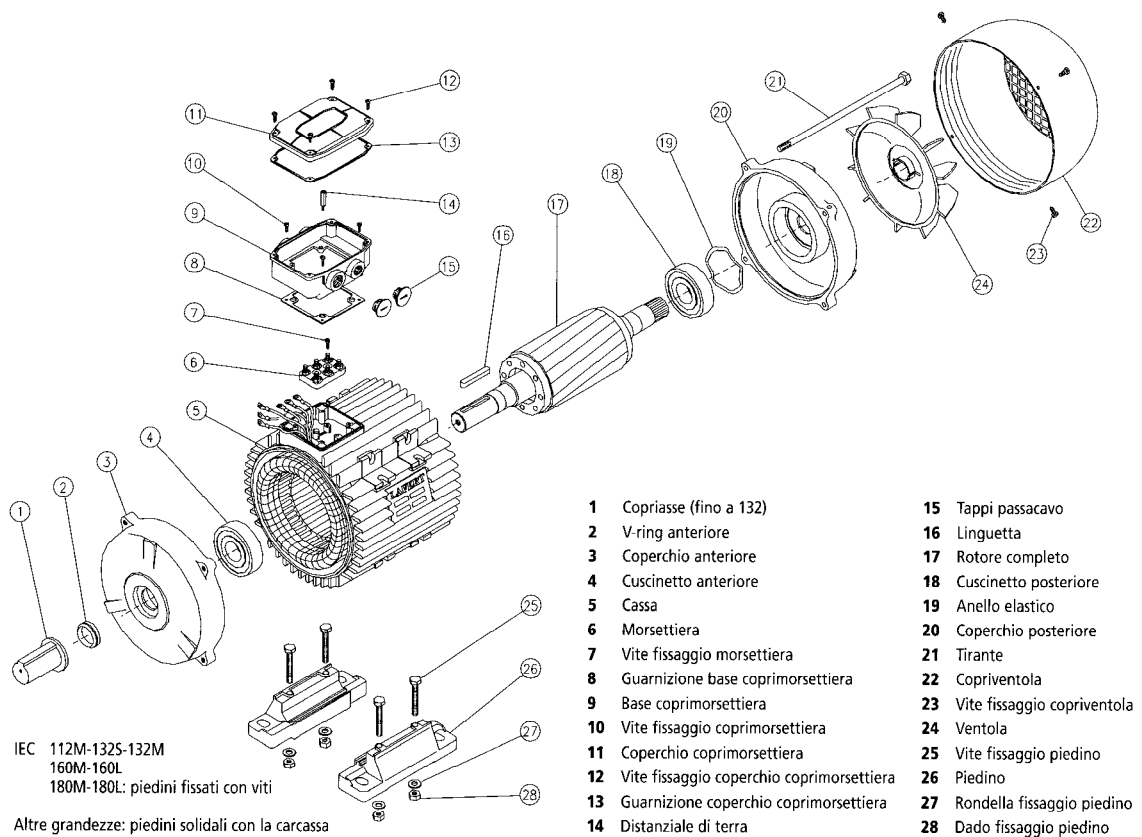


Fig. 7.38 - Esempio di disegno d'assieme per le operazioni di smontaggio e per determinare i ricambi per la manutenzione ordinaria (Lafert).

Situato di norma sulla parte superiore del motore, il coprimorsettieria ha un elevato grado di protezione (per esempio, IP55) ed è dotato di fori filettati con passo PG, chiusi da tappi, idonei al montaggio delle varie tipologie di pressacavi, come mostrato nella tab. 7.14.

La posizione standard del foro per il pressacavo è normalmente a destra rispetto all'estremità dell'albero, ma la costruzione simmetrica del coprimorsettieria permette di orientarla nelle quattro direzioni.

Il coprimorsettiera può essere posizionato in modi diversi (a destra o a sinistra rispetto all'estremità dell'albero motore, in posizione anteriore o posteriore rispetto alla carcassa) come mostrato nella figura di tab. 7.13.

Per i coprimorsettiera in plastica è possibile utilizzare esclusivamente pressacavi in plastica.

In caso di utilizzo di cavi di alimentazione schermati, è necessario usare un coprimorsettiera in metallo.

In alcuni casi, è possibile avere il motore senza morsettiera e coprimorsettiera, con cavi uscenti della lunghezza di 1 m. Il passaggio del cavo nella carcassa è protetto da un'apposita piastrina.

In genere, nel coprimorsettiera è riportato lo schema di collegamento.

All'interno della scatola in cui è collocata la morsettiera, è alloggiato un morsetto per l'allacciamento del conduttore di terra (PE).

Qualsiasi intervento sulla scatola del coprimorsettiera deve essere effettuato solo dopo aver interrotto l'alimentazione. Inoltre, nel caso di motori monofase, che saranno trattati in seguito, è necessario attendere qualche minuto e accertarsi che i condensatori siano scarichi.

Motori trifase			Motori monofase		Posizione coprimorsettiera
Tipo	A	B	Tipo	Pressacavo	
56	PG13,5	PG11	56	PG11	
63	PG13,5	PG11	63	PG11	
71	PG13,5	PG11	71	PG11	
80	PG16	PG13,5	80	PG13,5	
90	PG16	PG13,5	90	PG13,5	
100	PG16	PG13,5	100	PG13,5	
112	PG16	PG13,5	---	---	
132	PG21	PG21	---	---	
160	PG29	PG29	---	---	
180	PG29	PG29	---	---	
200	PG29	PG36	---	---	
225	PG29	PG36	---	---	
250	PG29	PG36	---	---	

Tab. 7.13 - Tipi di pressacavi previsti per i motori trifase e monofase, posizione nel coprimorsettiera e direzione delle entrate dei cavi (Lafert).

Altezza d'asse	Grado di protezione	Foro per l'entrata dei cavi		Connessione per sonda		Sezione max. del cavo	Perno di collegamento	Diametro max. cavo entrata
		PG (filettatura PG, DIN 40430)	Metrico (filettatura passo 1,5)	PG	Metrico			
---	---	PG (filettatura PG, DIN 40430)	Metrico (filettatura passo 1,5)	PG	Metrico	mm ²	---	mm
56÷71	IP55	1xPG11/1xPG13,5	1xM16/1xM20	---	---	2,5	M4	12
80÷100	IP55	1xPG13,5/1xPG16	1xM25/1xM20	---	---	2,5	M4	16
112	IP55	1xPG13,5/1xPG16	1xM25/1xM20	---	---	4	M5	16
132	IP55	2xPG21	2xM32	---	---	4	M5	20
160	IP55	2xPG29	2xM40	PG11	M20	16	M6	28
180	IP55	2xPG29	2xM40	PG13,5	M20	35	M8	28
200	IP55	2xPG36	2xM50	PG16	M25	35	M8	34
225	IP55	2xPG36	2xM50	PG16	M25	50	M10	34

Tab. 7.14 - Caratteristiche meccaniche ed elettriche dei coprimorsettiera per motori asincroni.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete di alimentazione, occorre verificare i dati di targa, affinché siano conformi alle caratteristiche della rete. In particolare, il morsetto di protezione è posto nella medesima morsettiera dei conduttori attivi oppure sulla carcassa della macchina; in ogni caso, esso deve essere contraddistinto dal simbolo grafico della messa a terra.

Collegando i morsetti U1, V1, W1 rispettivamente alle fasi L1, L2, L3 della linea di alimentazione, secondo quanto indicato dalla norma CEI 2-8, il motore deve ruotare in senso orario rispetto al lato dove è presente l'albero. È comunque possibile invertire il senso di rotazione scambiando due qualsiasi dei tre conduttori collegati al motore.

I motori asincroni devono essere installati prevedendo sempre la protezione dagli effetti dei cortocircuiti, dai sovraccarichi e dalla mancanza di una fase. Tale protezione è assicurata mediante relè termici, fusibili o interruttori magnetotermici.

In alcuni casi, per servizi particolarmente gravosi, può essere utile installare apposite unità di controllo, collegate a sensori di temperatura inseriti direttamente negli avvolgimenti.

I motori sono progettati, in genere, per essere utilizzati sulla rete europea 230/400 V $\pm 10\%$ - 50 Hz. Questo significa che lo stesso motore può funzionare sulle seguenti reti ancora esistenti: 220/380 V $\pm 5\%$, 230/400 V $\pm 10\%$, 240/415 V $\pm 5\%$ - 50 Hz, rispondendo, così, ai requisiti richiesti dalle normative di numerosi Paesi europei.

Le tab. 7.15, 7.16 e 7.17 elencano le caratteristiche essenziali dei motori asincroni trifase a 2, 4, 6, 8, 2/4, 4/6 poli, con costruzione chiusa, con ventilazione esterna, rotore a gabbia di scoiattolo, servizio continuo S1, isolamento in classe F, protezione IP55, $U_n = 230/400$ V, 50 Hz.

La tab. 7.17 riporta, per i modelli a due velocità, i valori di potenza e corrente nominali, riferiti alle due velocità previste per questi tipi di motori.

Nei motori ad alta polarità (8, 12, 16 poli), durante la fase di apertura dell'alimentazione, si possono generare dei picchi di tensione che possono essere dannosi per l'integrità dei materiali isolanti e per i contattori di alimentazione. Si consiglia, in questi casi, di installare dei dispositivi di protezione contro le sovratensioni. Tali dispositivi non devono mai essere montati se il motore è alimentato attraverso un convertitore di frequenza.

a											b												
Tipo motore	Potenza resa P _n (kW)	Velocità n (1/min)	Corr. nom. I _n - 400V (A)	Rend. η	Fattore di potenza cos φ	C. nom. T _n (N·m)	C. avv. C. nom.	C. max C. nom.	Corr. avv. Corr. nom.	Momento d'inerzia J 10 ⁻³ kgm ²	Peso p (kg)	Tipo motore	Potenza resa P _n (kW)	Velocità n (1/min)	Corr. nom. I _n - 400V (A)	Rend. η	Fattore di potenza cos φ	C. nom. T _n (N·m)	C. avv. C. nom.	C. max C. nom.	Corr. avv. Corr. nom.	Momento d'inerzia J 10 ⁻³ kgm ²	Peso p (kg)
56 S2	0.13	2780	0.42	69	0.63	0.46	2.9	2.9	3.5	0.09	2.8	56 S4	0.09	1300	0.25	50	0.76	0.66	1.8	2.0	2.5	0.14	2.7
63 C2	0.18	2895	0.58	62	0.81	0.65	2.8	2.8	3.5	0.14	3.6	63 C4	0.13	1360	0.52	58	0.66	0.95	2.0	2.0	2.6	0.22	3.3
63 S2	0.26	2780	0.78	71	0.68	0.90	3.0	3.0	3.7	0.15	4.1	63 S4	0.18	1330	0.65	58	0.70	1.30	1.9	1.9	2.3	0.27	4.1
63 L2	0.37	2735	1.20	65	0.70	1.30	2.9	2.9	3.3	0.18	4.4	63 L4	0.24	1300	0.80	52	0.74	1.68	1.7	1.8	2.2	0.34	4.2
71 C2	0.37	2760	1.00	68	0.78	1.30	2.2	2.2	3.5	0.35	5.8	71 C4	0.26	1350	0.96	60	0.68	1.85	2.0	2.0	2.5	0.70	5.7
71 S2	0.55	2750	1.40	69	0.78	2.00	2.6	2.6	3.6	0.41	6.2	71 S4	0.37	1360	1.20	63	0.70	2.60	2.0	2.0	2.8	0.82	6.0
71 L2	0.75	2760	1.90	74	0.78	2.60	3.2	3.2	4.7	0.51	7.2	71 L4	0.50	1400	1.60	69	0.66	3.45	2.9	2.6	4.2	0.95	7.3
80 C2	0.75	2805	1.90	73	0.80	2.80	2.8	2.9	5.0	0.75	8.4	80 C4	0.55	1400	1.80	70	0.72	3.80	2.2	2.6	3.3	1.58	8.2
80 S2	1.10	2870	2.80	78	0.73	3.73	2.6	2.8	4.7	0.89	9.5	80 S4	0.75	1410	2.80	70	0.70	5.10	2.2	2.8	4.5	2.00	9.3
80 L2	1.50	2835	3.50	80	0.77	5.10	3.4	3.4	5.4	1.05	11.1	80 L4	0.95	1420	2.60	78	0.70	6.83	2.6	2.5	4.7	2.41	10.5
90S C2	1.50	2884	3.40	80	0.81	5.10	2.7	2.7	5.0	1.27	12.7	90S C4	1.10	1390	2.80	74	0.76	7.60	2.5	2.8	4.3	2.50	12.2
90S L2	1.80	2850	3.90	82	0.81	6.06	3.0	3.1	6.0	1.56	14.0	90S L4	1.50	1410	3.70	79	0.74	10.30	3.0	3.0	4.9	3.13	14.4
90L S2	2.20	2860	5.10	87	0.78	7.50	4.0	4.1	6.9	1.80	16.0	90L L4	1.80	1400	4.30	80	0.76	12.30	2.9	3.0	4.7	3.73	16.4
100L C2	3.00	2875	6.00	86	0.85	10.00	3.3	3.6	7.3	3.35	19.7	100L C4	2.20	1420	5.30	83	0.74	14.80	2.3	2.7	4.0	4.60	19.2
100L S2	4.00	2890	8.20	89	0.79	13.60	3.9	3.9	8.0	4.05	22.8	100L S4	3.00	1410	6.70	82	0.79	20.30	2.3	2.5	3.9	5.58	22.4
112M C2	4.00	2885	8.50	83	0.82	13.34	4.0	4.1	8.1	6.48	27.4	112M S4	4.00	1400	9.40	83	0.75	27.00	2.5	2.9	3.3	13.30	30.4
112M S2	5.90	2885	11.60	84	0.81	18.22	4.3	4.3	7.2	8.58	33.6	112M L4	5.50	1440	12.00	83	0.80	36.00	3.0	3.0	5.8	22.40	41.9
132S L2	5.50	2885	11.00	85	0.81	18.10	2.2	2.3	6.0	10.63	37.0	132M A4	7.50	1440	15.40	86	0.82	50.00	3.1	3.1	6.8	29.25	51.0
132S C2	7.50	2910	15.30	85	0.84	25.60	2.9	3.1	6.4	13.83	42.6	132M L4	9.20	1440	17.30	87	0.88	61.00	3.5	3.5	8.0	37.25	65.0
132M S2	9.20	2900	17.60	85	0.88	30.70	3.0	3.5	7.3	17.13	51.4	160M C4	11.00	1470	22.40	91	0.77	73.00	2.3	3.1	7.5	81.25	88.5
132M A2	11.00	2890	22.00	88	0.82	37.10	3.2	3.8	6.9	17.13	52.5	160L S4	15.00	1460	29.00	90	0.84	100.00	2.2	3.5	6.7	105.75	106.5
160M C2	11.00	2940	23.00	86	0.81	36.15	2.5	3.1	7.4	40.00	77.0	180M C4	18.50	1440	40.00	86	0.80	123.00	2.8	3.2	5.6	138.25	121.0
160M S2	15.00	2950	29.00	84	0.86	49.00	3.1	3.7	8.1	51.75	94.0	180L S4	22.00	1460	42.00	89	0.85	144.00	3.0	2.4	6.5	162.50	140.0
160L L2	18.50	2950	34.00	89	0.83	66.90	3.6	4.2	8.5	64.00	107.8	200L C4	30.00	1465	57.30	89	0.85	195.00	2.4	2.8	6.3	180.00	146.0
180M C2	22.00	2940	42.00	87	0.89	71.40	3.0	3.8	7.3	80.25	114.0	225S C4	37.00	1470	69.10	91	0.85	240.00	2.3	2.8	6.5	320.00	207.0
200L L2	30.00	2945	55.40	90	0.87	97.00	2.3	2.9	6.7	165.00	190.0	225M S4	45.00	1475	82.60	92	0.86	291.00	2.4	2.8	6.5	410.00	230.0
200L S2	37.00	2940	66.80	92	0.87	120.00	2.4	3.0	6.5	180.00	148.0	250M C4	55.00	1475	100.10	91	0.87	356.00	2.3	2.6	6.4	520.00	264.0
225M C2	45.00	2955	80.30	92	0.88	145.00	2.4	3.0	6.6	225.00	210.0												
250M C2	55.00	2960	98.20	92	0.88	177.00	2.4	3.0	6.7	250.00	225.0												

Tab. 7.15 - Esempio di caratteristiche elettriche e meccaniche di motori asincroni trifase: a) Tipi a 2 poli, 50 Hz - b) Tipi a 4 poli, 50 Hz (Lafert).

Per ogni tipo di motore sono elencati alcuni parametri elettrici, come la potenza nominale all'albero (potenza resa) espressa in kilowatt [kW], la velocità di rotazione del rotore in condizioni di carico e di alimentazione nominali in giri al minuto [giri/min], la corrente assorbita con una tensione di 230 V (collegamento delle fasi a triangolo) oppure di 400 V (collegamento delle fasi a stella), la corrente nominale (I_n) a 400 V, il rendimento η in percentuale (il valore è sempre inferiore a 100% ed è dato dal rapporto tra la potenza disponibile all'albero e la somma della stessa con le perdite del motore), il fattore di potenza ($\cos \varphi$) in condizioni di carico e di alimentazione nominali, il rapporto I_a/I_n tra la corrente assorbita (I_a) in fase di avviamento e la corrente nominale (I_n).

Inoltre, sono fornite alcune grandezze meccaniche, come la coppia nominale (T_n), il rapporto T_a/T_n tra coppia di spunto (T_a) e coppia nominale (T_n), il rapporto T_{max}/T_n tra coppia massima (T_{max}) e coppia nominale (T_n), il momento di inerzia J espresso in kilogrammi al metro quadrato [$kg \cdot m^2$], utile tra l'altro per determinare la potenza assorbita dal motore in cicli dove sono previste molte manovre di avviamento, frenatura e inversione di marcia. Infine, è fornito il peso espresso in kilogrammi [kg].

Vale la pena ricordare che, utilizzando le unità di misura del Sistema Internazionale, la potenza P fornita dall'albero del motore, ovvero all'organo meccanico a cui è collegato, è legata alla coppia T attraverso la relazione $P = T \cdot \omega$, dove P si esprime in watt [W], T in newton metro [N·m], ω in radianti al secondo [rad/s].

Il legame tra ω e n (numero di giri al minuto) è espresso attraverso la relazione $\omega = 2 \cdot \pi / 60 \cdot n$, mentre per quanto riguarda l'unità di misura della coppia è utile ricordare che 1 N m equivale a 0,101972 kg m.

Tipo motore	Potenza resa Pn (kW)	Velocità n (1/min)	Corr. nom. In - 400V (A)	Rend. η %	Fattore di potenza cosφ	C. nom. Tn (Nm)	C. avv. C.nom. Taj/Tn	C. max. C.nom. Tm/Tn	Corr. avv. Corr. nom. Ia/In	Momento d'inerzia J 10 ⁻³ kgm ²	Peso p (Kg)
71 C6	0,18	880	0,82	53	0,60	1,95	2,2	2,1	2,4	1,24	6,1
71 S6	0,26	870	1,10	52	0,65	2,90	2,2	1,8	2,3	1,24	6,6
80 C6	0,37	910	1,20	60	0,72	3,90	1,5	2,1	2,7	1,97	8,9
80 S6	0,55	910	1,80	68	0,67	5,80	2,2	2,1	2,9	2,47	9,4
90S C6	0,75	915	2,50	66	0,67	7,80	1,8	1,9	2,9	3,18	11,6
90L S6	1,10	910	3,40	68	0,68	11,50	2,2	2,4	3,9	4,78	15,0
100L C6	1,50	930	4,20	72	0,71	15,34	1,8	2,3	3,7	6,73	17,5
100L S6	1,80	940	5,00	76	0,67	18,40	2,4	2,8	4,2	9,43	22,0
112M C6	2,20	940	5,30	82	0,72	22,47	2,4	2,6	4,4	14,18	26,0
112M S6	2,60	930	6,30	82	0,72	30,47	3,0	3,1	4,9	16,73	28,7
112M A6	3,00	940	7,00	84	0,75	31,02	3,0	2,9	5,3	18,70	39,0
132S C6	3,00	955	7,50	83	0,71	30,29	1,9	2,4	4,9	23,53	36,7
132M S6	4,00	950	10,00	84	0,70	40,30	2,2	2,5	4,5	29,50	42,5
132M A6	5,50	955	13,50	86	0,69	55,20	1,9	2,2	4,1	37,75	55,5
160M C6	7,50	960	17,00	87	0,75	74,00	1,7	1,6	3,9	81,25	99,0
160L S6	11,00	950	22,50	86	0,85	109,40	2,7	3,5	6,0	105,75	113,6
180L C6	15,00	970	30,00	92	0,78	147,00	2,0	2,1	5,8	139,00	138,0
220L C6	18,50	970	36,60	87	0,84	182,00	2,2	2,3	5,2	170,00	125,0
220L S6	22,00	970	42,50	88	0,85	216,00	2,4	2,4	5,5	220,00	145,0
225M C6	30,00	975	60,80	89	0,80	294,00	2,4	2,4	6,2	470,00	216,0
250M C6	37,00	975	72,60	90	0,82	362,00	2,6	2,6	6,5	570,00	258,0

a

b

Tab. 7.16 - Esempio di caratteristiche elettriche e meccaniche di motori asincroni trifase: a) Tipi a 6 poli, 50 Hz - b) Tipi a 8 poli, 50 Hz (Lafert).

Tipo motore	Potenza resa Pn (kW)	Velocità n (1/min)	Corr. nom. In - 400V (A)	Rend. η %	Fattore di potenza cosφ	C. nom. Tn (Nm)	C. avv. C.nom. Taj/Tn	C. max. C.nom. Tm/Tn	Corr. avv. Corr. nom. Ia/In	Momento d'inerzia J 10 ⁻³ kgm ²	Peso p (Kg)
71 C4/6	0,26 0,18	1644 1068	0,64 0,56	60 53	0,85 0,72	1,5 1,6	1,5 1,7	1,7 1,8	3,1 2,6	1,24 7,2	7,2
80 A4/6	0,37 0,26	1656 1080	0,84 0,80	62 48	0,82 0,80	2,1 2,3	1,7 1,3	1,9 1,5	3,7 2,6	1,97 8,3	8,3
80 C4/6	0,55 0,37	1656 1080	1,28 1,12	61 51	0,64 0,82	3,2 3,3	1,6 1,2	1,7 1,4	3,7 2,7	2,47 10,0	10,0
90 L C4/6	0,90 0,60	1680 1140	2,00 2,00	66 60	0,67 0,63	5,1 4,9	1,5 1,9	1,5 2,1	3,2 3,4	4,78 16,4	16,4
100 L C4/6	1,10 0,75	1752 1128	2,88 2,08	74 69	0,68 0,71	6,0 6,4	2,7 1,6	3,4 2,0	5,1 3,2	0,48 24,4	24,4
100 L C4/6	1,50 0,90	1740 1116	3,12 2,32	74 68	0,72 0,67	8,1 7,6	3,0 1,8	3,2 2,0	5,6 3,0	5,58 33,2	33,2
112 M C4/6	1,80 1,30	1728 1140	3,92 3,36	75 70	0,85 0,78	10,2 11,1	1,9 1,3	2,3 2,0	5,9 3,8	14,18 33,3	33,3
112 M S4/6	2,60 1,85	1728 1140	4,96 4,24	75 72	0,85 0,72	14,3 15,5	2,0 1,7	2,8 2,8	6,1 4,4	17,53 37,0	37,0
132 M C4/6	4,00 2,60	1764 1164	7,60 6,00	79 73	0,84 0,73	21,8 21,3	2,0 1,5	3,8 3,0	7,7 5,2	29,25 53,5	53,5
160 M C4/6	5,50 3,70	1776 1164	10,80 8,00	84 81	0,79 0,73	29,7 30,2	2,5 1,5	4,0 2,2	8,3 4,5	57,50 79,0	79,0
160 M S4/6	7,50 4,80	1764 1152	13,20 9,60	84 80	0,84 0,77	40,1 39,6	2,0 1,2	3,0 1,7	7,5 4,0	81,25 90,0	90,0
160 L C4/6	9,60 6,60	1764 1152	18,40 13,60	85 83	0,82 0,74	51,9 54,9	2,5 1,5	3,0 2,0	7,4 4,4	105,75 100,0	100,0
180 M C4/6	11,00 9,60	1764 1164	19,20 18,40	85 86	0,85 0,72	59,7 78,5	3,0 2,2	2,7 2,1	6,2 4,0	138,25 116,0	116,0
180 L S4/6	12,50 11,00	1776 1164	22,80 22,80	90 88	0,82 0,71	67,4 90,3	2,8 1,9	3,1 2,2	6,7 3,7	162,50 134,0	134,0

a

b

Tab. 7.17 - Esempio di caratteristiche elettriche e meccaniche di motori asincroni trifase a doppia polarità: a) Tipi con avvolgimenti separati Y-Y 4/6 poli, 50 Hz - b) Tipi con collegamento Dahlander YY-D, 2/4 poli, 400 V, 50 Hz (Lafert).

7.10 Efficienza dei motori elettrici: EFF1, EFF2, EFF3

Il costo dell'energia elettrica consumata da un motore elettrico può essere cento volte superiore al prezzo di acquisto del motore. Acquistando un motore ad alta efficienza (ad alto rendimento η), il minor costo dell'energia elettrica consumata può ripagare molte volte il costo addizionale d'acquisto, così da ridurre i costi e contribuire a ridurre l'impatto ambientale.

Il sistema europeo per definire le classi per i motori in corrente alternata in bassa tensione è entrato in vigore nel 1999. Questo schema, stabilito tramite una collaborazione tra il CEMEP (*Comité Européen de Constructeurs de Machines Electriques et d'Electronique de Puissance*, più conosciuto come *European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics*) e gli organi competenti dell'Unione Europea, è un importante elemento della strategia europea per migliorare l'efficienza energetica e, di conseguenza, ridurre le emissioni di anidride carbonica (CO₂). Un aumento dell'efficienza di un motore si traduce in un notevole risparmio energetico per l'Unione Europea. È possibile, per i costruttori di macchine e gli utilizzatori di motori elettrici, sostituire i modelli normalmente a bassa efficienza con quelli ad efficienza aumentata o ad alta efficienza. I risultati di questa iniziativa sono: riduzione dei consumi di energia elettrica, riduzione dei costi, riduzione delle emissioni di CO₂.

I motori che rientrano in questo accordo sono quelli del tipo trifase AC, a costruzione chiusa, con ventilazione esterna (normalmente IP54 o IP55), con rotore a gabbia di scoiattolo, con una potenza da 1,1 a 90 kW, a 2 o 4 poli, alimentazione a 400 V, 50 Hz, servizio continuo S1, in costruzione standard secondo le norme EN 60034-12 e EN 50347.

I motori sono suddivisi in tre classi in base ai livelli di rendimento, definiti da due valori di rendimento a pieno carico per potenza sviluppata, denominati EFF1, EFF2 ed EFF3.

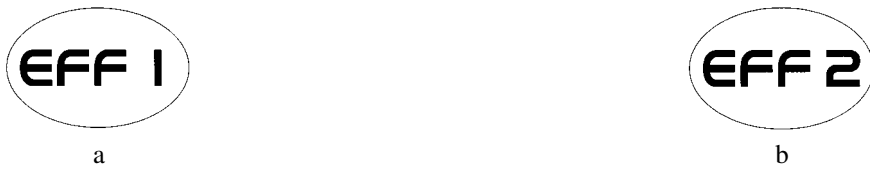


Fig. 7.39 - Etichette riportate sulle targhe dei motori elettrici: a) Classe di efficienza EFF1 - b) Classe di efficienza EFF2.

Tipo	Potenza resa		Velocità nominale min ⁻¹	Classe di rendimento eff	Rendimento η			fattore di potenza cos φ	Corrente nominale a		Avviamento a tensione nominale				Momento d'inerzia 10 ³ kgm ²	Peso kg	
	kW	HP			50%	75%	100%		400V	I _n 380-420V	I _a /I _n	T _a /T _n	T _s /T _n	T _k /T _n			
1500 min⁻¹ (4 poli)																	
AM 56Z AA	4	0.06	0.08	1300		42.0	44.0	48.0	0.55	0.35	0.40	2.6	2.1	2.0	2.1	0.14	3.2
AM 56Z BA	4*	0.09	0.12	1330		43.0	47.0	51.0	0.60	0.40	0.45	2.5	2.2	2.1	2.2	0.14	3.3
AM 63Z AA	4	0.12	0.16	1350		46.0	50.0	54.0	0.69	0.45	0.50	2.4	2.0	1.9	2.0	0.25	4.1
AM 63Z BA	4	0.18	0.25	1330		47.0	50.0	56.0	0.70	0.60	0.65	2.3	1.9	1.8	1.9	0.27	4.6
AM 63Z CA	4*	0.25	0.33	1360		49.0	52.5	58.0	0.60	1.00	1.20	2.7	2.2	2.0	2.1	0.30	4.9
AM 71Z AA	4	0.25	0.33	1340		55.0	59.0	64.0	0.71	0.70	0.80	3.2	1.9	1.8	2.0	0.63	5.2
AM 71Z BA	4	0.37	0.50	1370		60.0	63.0	67.0	0.67	1.18	1.25	3.3	2.2	2.1	2.2	0.76	5.4
AM 71Z CA	4*	0.55	0.75	1380		61.0	64.0	68.0	0.67	1.73	1.80	3.6	2.4	2.3	2.4	0.98	6.3
AM 80Z AA	4	0.55	0.75	1400		67.0	69.0	70.0	0.72	1.6	1.7	3.6	2.6	2.5	2.6	1.58	8.2
AM 80Z BA	4	0.75	1.0	1410		62.5	69.0	70.6	0.71	2.2	2.3	4.4	2.8	2.3	2.8	2.00	9.3
AM 80Z CA	4*	1.1	1.5	1385		74.1	76.4	75.9	0.77	2.8	2.9	4.4	2.5	2.5	2.6	2.41	10.6
AM 90S AA	4	1.1	1.5	1400	2	72.8	76.4	76.4	0.74	2.9	3.1	5.2	2.5	2.4	2.8	2.50	12.5
AM 90L BA	4	1.5	2.0	1400	2	76.8	79.0	78.7	0.78	3.6	3.7	5.7	2.8	2.6	3.0	3.13	14.5
AM 90L CA	4*	1.8	2.5	1390		75.8	78.4	77.9	0.80	4.2	4.4	5.5	2.7	2.5	2.9	3.13	14.5
AM 90L DA	4*	2.2	3.0	1410		76.6	79.4	78.9	0.76	5.4	5.6	4.8	2.9	2.8	3.2	4.05	17.0
AM 100L AA	4	2.2	3.0	1410	2	77.6	80.3	81.0	0.74	5.3	5.6	5.3	2.5	2.4	2.7	4.60	19.5
AM 100L BA	4	3.0	4.0	1420	2	81.7	83.3	82.8	0.79	6.7	6.9	4.6	2.4	2.3	2.5	5.58	22.5
AM 100L CA	4*	4	5.5	1400		82.1	83.0	81.6	0.78	9.1	9.3	6.0	2.6	2.4	2.9	6.05	25.0
AM 112M AA	4	4.0	5.5	1430	2	84.4	85.9	84.9	0.83	8.2	8.6	6.3	2.2	2.0	2.8	12.2	29.5
AM 112M BA	4*	5.5	7.5	1430		85.5	86.1	85.0	0.81	11.4	11.7	6.5	2.2	2.0	2.9	15.2	34.0
AM 132S ZA	4	5.5	7.5	1440	2	85.0	86.3	85.9	0.83	11.3	11.6	6.2	2.5	2.1	2.9	22.0	46
AM 132M ZA	4	7.5	10.0	1440	2	85.5	88.1	87.3	0.85	14.7	15.5	6.5	2.6	2.1	2.9	30.0	55
AM 132M ZA	4*	9.2	12.5	1440		87.3	88.1	87.2	0.83	18.5	19.2	6.4	2.7	2.2	3.0	30.0	56
AM 132M TA	4*	11	15.0	1430		87.5	87.9	86.8	0.84	22.0	22.5	6.7	2.8	2.2	3.1	36.0	65
AM 160M ZA	4	11	15	1460	1	90.0	91.0	91.0	0.82	22.0	22.5	6.9	2.3	2.1	2.9	59.0	86
AM 160L ZA	4	15	20	1460	1	90.7	91.8	91.8	0.84	29.0	29.5	7.4	2.5	2.2	3.1	82.0	102
AM 160L ZA	4*	18.5	25	1450		89.2	90.2	90.2	0.81	37.0	38.0	7.4	2.7	2.4	3.3	82.0	102
AM 160L RA	4*	22	30	1455		89.8	90.7	90.7	0.82	42.0	43.0	7.5	2.7	2.4	3.3	93.0	112
AM 180M ZA	4	18.5	25	1460	1	91.6	92.3	92.3	0.84	35.0	36.0	7.5	2.8	2.3	3.1	112.0	130
AM 180L ZA	4	22	30	1465	1	91.8	92.6	92.6	0.85	41.0	42.5	7.8	3.0	2.4	3.2	132.0	140
AM 180L RA	4*	30	40	1455		90.5	91.4	91.5	0.82	58.0	60.0	7.8	3.0	2.4	3.2	150.0	150
AM 200L R	4	30	40	1465	1	92.5	93.3	93.2	0.84	56.5	58.5	7.0	2.4	1.8	2.6	206.0	230
AM 200L F	4*	37	50	1465		91.7	92.4	92.4	0.83	69.5	71.5	7.4	2.6	2.0	2.8	248.0	255
AM 225S P	4	37	50	1475	1	92.3	93.6	93.8	0.84	68.0	70.5	7.7	2.3	2.0	2.9	356.0	290
AM 225M P	4	45	60	1475	1	92.5	93.9	94.0	0.86	80.5	84.5	7.7	2.3	2.0	2.9	461.0	330
AM 250M P	4	55	75	1475	1	93.2	94.4	94.4	0.82	103	107	6.8	3.8	2.3	2.6	677.0	400
AM 280S V	4	75	100	1485	1	93.9	94.7	94.8	0.85	134	140	6.8	2.2	1.8	2.7	1060.0	530
AM 280M V	4	90	125	1480	1	94.1	95.0	95.2	0.85	162	168	6.8	2.2	1.8	2.7	1260.0	565
AM 315S ZE	4	110	150	1485		93.6	94.8	95.2	0.85	192	200	7.3	2.0	1.5	2.8	1900.0	800
AM 315M YE	4	132	180	1485		94.1	95.2	95.5	0.86	228	239	7.3	2.1	1.6	2.8	2200.0	860
AM 315M ZE	4	160	220	1485		94.6	95.5	95.7	0.88	274	288	7.3	2.1	1.5	2.8	2500.0	940
AM 315L ZE	4	200	270	1485		95.0	95.8	96.0	0.89	342	359	7.6	2.3	1.6	2.8	3100.0	1120

Tab. 7.18 - Caratteristiche dei motori asincroni trifase 4 poli e con tensione di alimentazione $U_n = 380 \div 420$ V, 5%, $f_n = 50$ Hz; si noti nell'elenco la classe di rendimento (EFF1, EFF2) di alcuni modelli (Lafert).

Ciascun motore con potenza nominale standard, indicati nei cataloghi, è conforme alle classi di efficienza EFF1 o EFF2 e ne riporta l'indicazione sulla targa. I cataloghi riportano i dati relativi al rendimento al 50%, al 75% e a pieno carico.

Definizione delle classi di efficienza per i motori a 2 poli				Definizione delle classi di efficienza per i motori a 4 poli			
Potenza [kW]	EFF3 η_n	EFF2 η_n	EFF1 η_n	Potenza [kW]	EFF3 η_n	EFF2 η_n	EFF1 η_n
1,1	<76,2	$\geq 76,2$	$\geq 82,8$	1,1	<76,2	$\geq 76,2$	$\geq 83,8$
1,5	<78,5	$\geq 78,5$	$\geq 84,1$	1,5	<78,5	$\geq 78,5$	$\geq 85,0$
2,2	<81,0	$\geq 81,0$	$\geq 85,6$	2,2	<81,0	$\geq 81,0$	$\geq 86,4$
3	<82,6	$\geq 82,6$	$\geq 86,7$	3	<82,6	$\geq 82,6$	$\geq 87,4$
4	<84,2	$\geq 84,2$	$\geq 87,6$	4	<84,2	$\geq 84,2$	$\geq 88,3$
5,5	<85,7	$\geq 85,7$	$\geq 88,6$	5,5	<85,7	$\geq 85,7$	$\geq 89,2$
7,5	<87,0	$\geq 87,0$	$\geq 89,5$	7,5	<87,0	$\geq 87,0$	$\geq 90,1$
11	<88,4	$\geq 88,4$	$\geq 90,5$	11	<88,4	$\geq 88,4$	$\geq 91,0$
15	<89,4	$\geq 89,4$	$\geq 91,3$	15	<89,4	$\geq 89,4$	$\geq 91,8$
18,5	<90,0	$\geq 90,0$	$\geq 91,8$	18,5	<90,0	$\geq 90,0$	$\geq 92,2$
22	<90,5	$\geq 90,5$	$\geq 92,2$	22	<90,5	$\geq 90,5$	$\geq 92,6$
30	<91,4	$\geq 91,4$	$\geq 92,9$	30	<91,4	$\geq 91,4$	$\geq 93,2$
37	<92,0	$\geq 92,0$	$\geq 93,3$	37	<92,0	$\geq 92,0$	$\geq 93,6$
45	<92,5	$\geq 92,5$	$\geq 93,7$	45	<92,5	$\geq 92,5$	$\geq 93,9$
55	<93,0	$\geq 93,0$	$\geq 94,0$	55	<93,0	$\geq 93,0$	$\geq 94,2$
75	<93,6	$\geq 93,6$	$\geq 94,6$	75	<93,6	$\geq 93,6$	$\geq 94,7$
90	<93,9	$\geq 93,9$	$\geq 95,0$	90	<93,9	$\geq 93,9$	$\geq 95,0$

Tab. 7.19 - Definizione delle classi di efficienza (rendimento nominale η_n) per motori a 2 e 4 poli.

In media, un motore in classe EFF1 riduce le perdite di energia fino al 40%. Questo significa che, per esempio, nel caso di un motore di 15 kW con un alto numero di ore di funzionamento (per esempio, 6000 h l'anno), si possono risparmiare 4 MWh per anno o più di 200 € nella bolletta, considerando una tariffa di 0,05 €/kWh.

Il prezzo di acquisto più elevato di un motore in classe EFF1 può essere recuperato, quindi, in un breve periodo, rispetto al vita operativa del motore.

I motori in classe EFF1 sono raccomandati nel caso di un numero elevato di ore di funzionamento annuali e quando il costo dell'energia elettrica è tale da comportare un risparmio economico e un conseguente adeguato ritorno degli investimenti.

Nel caso si scelga un motore in classe EFF2, si riducono le perdite energetiche fino al 20%.

Questo significa che nel caso di un motore della potenza nominale di 15 kW che lavora per 2000 ore l'anno, si possono risparmiare 0,6 MWh per anno a fronte di un aumento minimo nel prezzo di acquisto del motore.

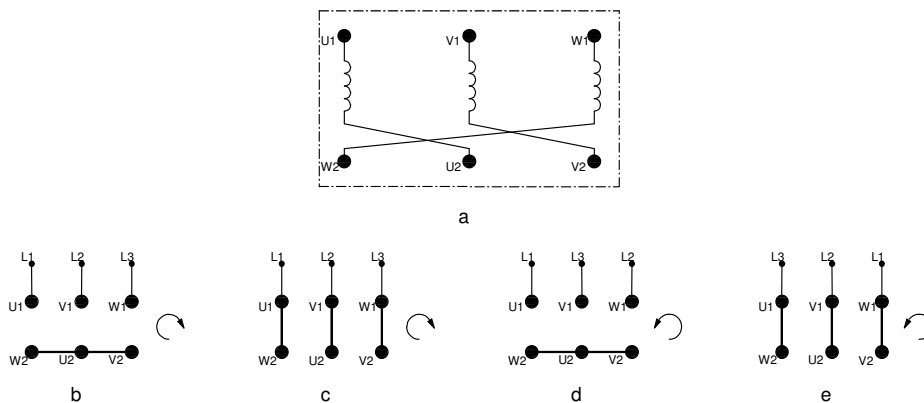
Vale la pena ricordare che i motori in classe EFF3 hanno un rendimento più basso, come mostrato nella tab. 7.19, e possono rappresentare un investimento non proficuo nella maggior parte degli impieghi.

L'uso di azionamenti elettronici ottimizzati per motori ad alta efficienza (EFF1) può ulteriormente far risparmiare energia elettrica, riducendo i costi di gestione e, nello stesso tempo, l'inquinamento.

7.11 Morsettiere, collegamenti elettrici e targa

Un motore asincrono trifase è dotato, normalmente, di una morsettiere con sei morsetti, a cui fanno capo i tre avvolgimenti statorici.

Gli avvolgimenti possono essere collegati mediante appositi ponticelli a stella o a triangolo, come mostrato nella fig. 7.40 (per morsettiere particolari occorre consultare i cataloghi dei costruttori).



Motori asincroni trifase:
 a) esempio di morsettiere a 6 morsetti e collegamenti interni delle tre fasi;
 b) collegamento delle fasi a stella, alimentazione delle fasi per senso di rotazione orario;
 c) collegamento delle fasi a triangolo, alimentazione delle fasi per senso di rotazione orario;
 d) collegamento delle fasi a stella, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L2 con L3);
 e) collegamento delle fasi a triangolo, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L1 con L3).

Fig. 7.40 - Morsettiere dei motori asincroni trifase.

Ad ogni tipo di collegamento delle fasi corrisponde una tensione di alimentazione.

In particolare, il collegamento a triangolo è effettuato quando la tensione della linea di alimentazione è uguale al valore della tensione minore fra quelli indicati nei dati di targa del motore.

Viceversa, il collegamento a stella è attuato quando la tensione della linea di alimentazione è uguale al valore di tensione maggiore fra quelli indicati nei dati di targa del motore.

Nella fig. 7.41a, sono riportati i valori dei dati di targa di un motore che ha le fasi collegabili a triangolo e a stella rispettivamente a 230 V e a 400 V, 50 Hz, mentre nella fig. 7.41b sono riportati i valori dei dati di targa di un motore che ha le fasi collegabili a triangolo e a stella rispettivamente a 400 V e 690 V, 50 Hz.



Motore asincrono trifase realizzato secondo le norme IEC 60034, con classe di rendimento EFF2; potenza di 1,1 kW; tipo a 4 poli funzionante a 1400 giri/min; grado di protezione IP55; tipo di esecuzione B3; classe di isolamento F; tensione nominale di funzionamento 230/400 V rispettivamente con le fasi collegate a triangolo e a stella e in grado di assorbire rispettivamente una corrente di 5,4 A e 3,1 A; funzionante alla frequenza di 50 Hz; con un fattore di potenza a carico nominale di 0,74 (si noti che il fattore di potenza a vuoto varia normalmente da 0,15 a 0,20). Il motore può funzionare anche a 60 Hz e le caratteristiche elettriche e meccaniche sono riportate a fianco di quelle relative alla frequenza di funzionamento di 50 Hz.

a

Motore asincrono trifase realizzato secondo le norme IEC 60034, con classe di rendimento EFF1; potenza di 90 kW; tipo a 4 poli funzionante a 1480 giri/min; grado di protezione IP55; classe di isolamento F; tensione nominale di funzionamento 400/690 V rispettivamente con le fasi collegate a triangolo e a stella e in grado di assorbire rispettivamente una corrente di 168 A e 97 A; funzionante alla frequenza di 50 Hz; con un fattore di potenza a carico nominale di 0,85 (si noti che il fattore di potenza a vuoto varia normalmente da 0,15 a 0,20). Il motore può funzionare anche a 60 Hz e le caratteristiche elettriche e meccaniche sono riportate a fianco di quelle relative alla frequenza di funzionamento di 50 Hz.

b

Fig. 7.41 - Esempi di targa per motori asincroni trifase: a) Per motori con altezza d'asse da 56 a 132 - b) Per motori con altezza d'asse da 162 a 315 (Lafert).

Si noti che, quando il motore ha le fasi collegate a triangolo, ad ogni avvolgimento è applicata una tensione di 230 V, che deve essere uguale alla tensione concatenata (U_c) della linea.

Come è possibile vedere nella fig. 7.40, al riferimento (c), tre ponticelli consentono di collegare i morsetti U1 e W2 alla fase L1, i morsetti V1 e U2 alla fase L2 e, infine, i morsetti W1 e V2 alla fase L3, in modo da realizzare il collegamento delle fasi a triangolo.

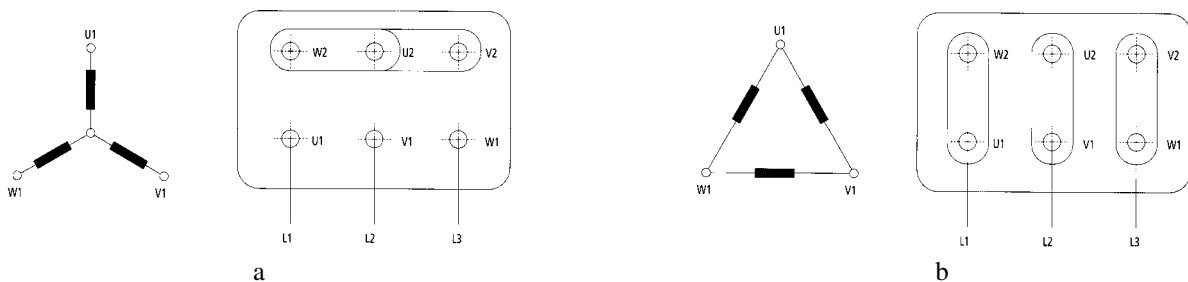


Fig. 7.42 - Morsetteria: a) Collegamento a stella - b) Collegamento a triangolo (Lafert).

Collegando le fasi a stella dello stesso motore, la tensione concatenata di linea (U_c) deve essere di 400 V, in modo da avere sui singoli avvolgimenti sempre una tensione del valore di 230 V; infatti, la tensione denominata di fase assumerà il valore di $U_f = 400/\sqrt{3} = 230$ V.

Per quanto riguarda i collegamenti nella fig. 7.40, riferimento (b), i morsetti U1, V1, W1 sono collegati rispettivamente alle fasi L1, L2, L3, mentre W2, U2, e V2 sono collegati insieme mediante i ponticelli e vanno a costituire il centro stella (si noti che è opportuno utilizzare, per realizzare il centro stella, tutte e tre le barrette, così da averle facilmente a disposizione qualora si debba collegare le tre fasi a triangolo).

Vale la pena ricordare che, nel collegamento a stella, la corrente di fase I_f è uguale alla corrente di linea I_l , mentre, nel collegamento delle fasi a triangolo, la corrente di fase I_f è uguale alla corrente di linea diviso $\sqrt{3}$ ($I_f = I_l/\sqrt{3}$), come rappresentato nella fig. 7.43.

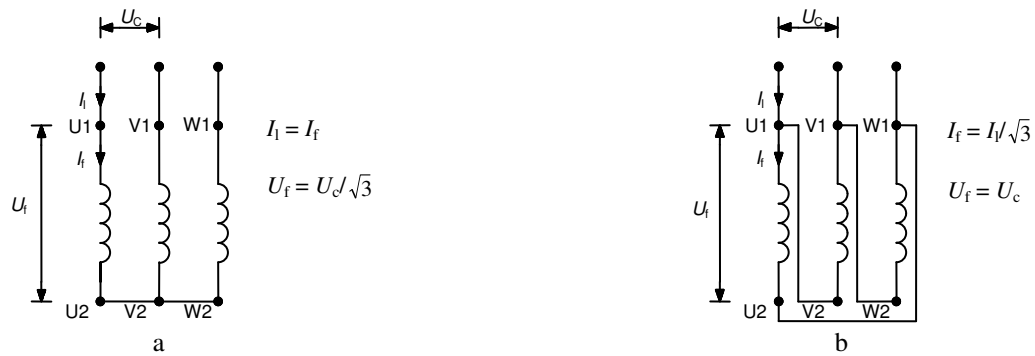


Fig. 7.43 - Collegamento delle fasi e relative tensioni: a) A stella - b) A triangolo.

L'avviamento stella/triangolo consente di ridurre la corrente di spunto, assicurando allo stesso tempo che la coppia di spunto ottenuta sia maggiore della coppia resistente.

In realtà, occorre ricordare che la coppia di un motore asincrono a gabbia di scoiattolo è direttamente proporzionale al quadrato della tensione.

I motori la cui tensione nominale corrisponde alla tensione di rete, se collegati a triangolo, possono essere avviati con il metodo stella-triangolo.

Tutti i motori possono essere dotati di avvolgimenti progettati per l'avviamento stella/triangolo, facendoli funzionare a 400 V con le fasi collegate a triangolo e a 690 V con le stesse collegate a stella (400 V, Δ / 690 V, Y).

Per quanto riguarda il valore della tensione nominale dei motori, la normativa EN 60034-1 precisa che il valore prevede una tolleranza massima pari a $\pm 5\%$.

In conformità a quanto dettagliato nella normativa DIN 60038, le tensioni principali di rete devono avere un valore di tolleranza di $\pm 10\%$. Con i valori riportati nella tab. 7.20, i valori massimi di temperatura ammissibili non sono superati.

Tensioni di rete secondo le norme DIN IEC 38	Tensioni nominali dei motori
230 V $\pm 10\%$	218+242 $\pm 5\%$
400 V $\pm 10\%$	380+420 $\pm 5\%$
690 V $\pm 10\%$	655+725 $\pm 5\%$

Tab. 7.20 - Tensioni di rete e tensioni nominali dei motori.

Come riportato nella fig. 7.41, i motori funzionanti a 50 Hz possono funzionare con una frequenza di rete a 60 Hz, a condizione che la tensione di rete aumenti in maniera direttamente proporzionale alla frequenza.

I relativi valori attribuiti alla coppia di avviamento e alla coppia a rotore bloccato rimangono invariati.

La velocità nominale aumenta di un coefficiente di 1,2, mentre la potenza di un coefficiente di 1,15. Nel caso in cui un motore progettato per funzionare a 50 Hz dovesse essere impiegato con una frequenza di 60 Hz, senza aumento della tensione, la potenza nominale del motore non può essere aumentata.

Qualora dovessero sussistere tali condizioni di utilizzo, la velocità nominale aumenterebbe di un coefficiente di 1,2.

I valori della coppia di avviamento e della coppia a rotore bloccato sarebbero ridotti entrambi di un coefficiente di 0,82; per quanto riguarda la corrente di avviamento, il coefficiente di riduzione è, invece, di 0,9.

Alla temperatura di funzionamento, i motori asincroni trifase sono in grado di sostenere un sovraccarico per 15 s a 1,5 volte la coppia nominale, alla tensione nominale.

Tale sovraccarico è conforme alla norma EN 60034-1 e non determina un riscaldamento eccessivo. Utilizzando la classe di isolamento F, i motori possono funzionare, invece, in modalità continua con un sovraccarico pari al 12%.

Sulla targa (come, per esempio, quella di fig. 7.41b) sono riportate, in particolare nei motori di più elevata potenza, anche altre indicazioni, come il tipo di grasso (per esempio, UNIREX N3 ESSO) utilizzato per lubrificare i cuscinetti, l'intervallo di ringrassaggio e la quantità di grasso necessaria (per esempio, dopo 5500 h di funzionamento aggiungere 18 g di grasso), il tipo di protezione mediante termistori con sonde termiche a semiconduttori tipo PTC collocate nell'avvolgimento dello statore (PTC 160°) e così via.

Come riportato nella targa di fig. 7.41b, i motori esposti al rischio di formazione di condensa, a causa di elevati sbalzi di temperatura, possono essere dotati di una resistenza anticondensa.

Queste resistenze devono essere disinserite durante il normale funzionamento. Nella tab. 7.21 sono riportate le caratteristiche di alcuni tipi di resistenze anticondensa.

Altezza d'asse	Tensione di alimentazione (V)	Potenza nominale per motore (W)
112÷160	110 o 230	40
180÷225	110 o 230	50
250÷280	110 o 230	65
315	110 o 230	130

Tab. 7.21 - Esempi di tipi di resistenze anticondensa.

Normalmente, un motore asincrono trifase dispone di una sola velocità; per poter disporre di più velocità, si ricorre all'esecuzione con più avvolgimenti, in quanto è così possibile combinarli per ottenere più polarità.

Le soluzioni maggiormente utilizzate sono quelle con gli avvolgimenti con collegamenti eseguiti secondo lo schema Dahlander; in alternativa, si possono avere due terne di avvolgimenti, completamente separati, corrispondenti a due differenti velocità.

Per ragioni costruttive, in genere, non possono essere predisposte più di 3 velocità, normalmente scelte tra quelle indicate nella tab. 7.22.

Numero di poli	2	4	6	8
Velocità di sincronismo (giri/min)	3000	1500	1000	750

Tab. 7.22 - Velocità di sincronismo per i vari numeri di poli a 50 Hz.

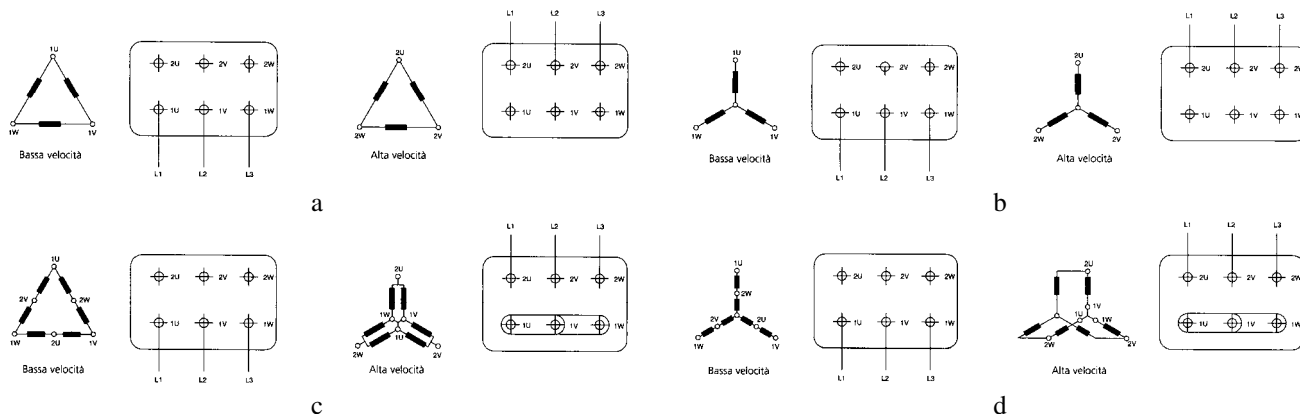


Fig. 7.44 - Schemi di collegamento dei motori a due velocità: a) A due avvolgimenti separati triangolo/triangolo - b) A due avvolgimenti separati stella/stella - c) Collegamento Dahlander triangolo/stella - d) Collegamento Dahlander stella/stella-stella (Lafert).

Nella tab. 1.12 del Capitolo 1 è riportata la rappresentazione degli avvolgimenti dei motori asincroni trifase con l'indicazione dei morsetti terminali, secondo quanto indicato dalla norma CEI 2-8.

7.12 Variazioni della tensione e della frequenza di rete, guasti e relative cause nei motori asincroni

I motori asincroni possono essere soggetti a guasti derivanti da molteplici cause e le cause possono essere molteplici. Nelle righe che seguono sono presentate le situazioni più comuni che possono determinare danneggiamenti ai motori asincroni.

Variazione della tensione di alimentazione, a frequenza costante. I motori asincroni sono costruiti in modo tale da poter funzionare con il carico nominale e con una variazione della tensione di alimentazione compresa tra $\pm 10\%$ della tensione nominale, senza che la sovratemperatura che si ha negli avvolgimenti oltrepassi di $10\text{ }^\circ\text{C}$ i limiti imposti dalle norme per la classe d'isolamento caratteristica del motore.

I motori sono progettati, in genere, per essere utilizzati sulla rete europea a $230/400\text{ V} \pm 10\% - 50\text{ Hz}$.

Questo significa che lo stesso motore può funzionare, rispondendo, così, ai requisiti richiesti dalle normative di numerosi Paesi europei, sulle seguenti reti ancora esistenti: $220/380\text{ V} \pm 5\%$, $230/400\text{ V} \pm 10\%$, $240/415\text{ V} \pm 5\% - 50\text{ Hz}$.

Se la tensione di alimentazione aumenta oltre il 10% , le perdite nel ferro e la corrente magnetizzante aumentano (in alcuni casi, per potenze inferiori a 2 kW , la corrente durante il funzionamento a vuoto può assumere dei valori superiori alla corrente nominale a carico).

La corrente durante il funzionamento sotto carico, a causa della diminuzione del fattore di potenza, risulta superiore a quella nominale e, di conseguenza, surriscalda gli avvolgimenti in modo anomalo.

Se la tensione diminuisce, invece, oltre il 10%, la coppia motrice diminuisce e, quindi, il motore rallenta.

Di conseguenza, la corrente nominale, a parità di potenza fornita all'albero, aumenta, determinando, anche in questo caso, un surriscaldamento anomalo degli avvolgimenti.

Aumento della tensione (a parità di potenza resa)	Diminuzione della tensione
La corrente statorica dipendente dal carico e la corrente rotorica diminuiscono in proporzione inversa all'aumento di tensione.	Le correnti statoriche e rotoriche generalmente aumentano.
Le perdite nel ferro, l'induzione e la corrente a vuoto aumentano.	Le perdite nel ferro, l'induzione e la corrente a vuoto diminuiscono.
Il fattore di potenza diminuisce.	Il fattore di potenza aumenta.
Le perdite di rotore e, in generale, quelle dello statore diminuiscono.	Le perdite di rotore e, in generale, quelle dello statore aumentano; in genere, aumenta anche la sovratemperatura.
Il rendimento resta praticamente costante.	Il rendimento resta praticamente costante.
La velocità aumenta in funzione della diminuzione delle perdite rotoriche.	La velocità diminuisce leggermente in funzione dell'aumento delle perdite rotoriche.

Tab. 7.23 - Modifica delle condizioni di funzionamento dei motori asincroni trifase quando si verificano variazioni della tensione di alimentazione, a frequenza costante.

Le considerazioni riportate nella tab. 7.23 si riferiscono, in particolare, a motori di potenza superiore a 10 kW.

Per motori di potenza inferiore, l'aumento della tensione nominale potrebbe comportare un aumento eccessivo della corrente vuoto (per i motori frazionari la corrente a vuoto potrebbe essere superiore di quella a carico in condizioni nominali), comportando un riscaldamento eccessivo del motore.

Nella tab. 7.24 sono mostrate le caratteristiche che cambiano in corrispondenza delle variazioni di tensione all'interno di un intervallo pari a $\pm 10\%$.

	$U_n - 10\%$	$U_n - 5\%$	U_n	$U_n + 5\%$	$U_n + 10\%$
Velocità	0,97	0,99	1	1,01	1,02
Coppia	1,03	1,01	1	0,99	0,98
Corrente	1,05	1,03	1	0,98	0,98
$\cos \varphi$	1,05	1,03	1	0,95	0,91
Rendimento	0,98	1	1	1	0,98

Tab. 7.24 - Effetti della variazione di tensione all'interno dell'intervallo pari al $\pm 10\%$ (Lafert).

Variatione della frequenza, a tensione costante. Se le variazioni sono limitate entro il $\pm 5\%$ della frequenza nominale, il motore continua a fornire la potenza nominale.

La coppia di spunto, la coppia minima e la coppia massima variano in funzione inversa del quadrato della frequenza, la corrente di spunto varia in proporzione inversa alla frequenza, mentre la velocità varia in modo proporzionale alla frequenza.

Variatione contemporanea della tensione e della frequenza. Se le variazioni della tensione e della frequenza avvengono contemporaneamente nello stesso modo, ovvero aumentano o diminuiscono simultaneamente, non si verificano alterazioni nelle condizioni di funzionamento del motore, che continua a sviluppare la coppia nominale.

Se il carico è mantenuto costante, la velocità e la potenza variano in modo proporzionale alla frequenza.

Se la frequenza diminuisce in modo eccessivo, si possono verificare dei problemi di sovrariscaldamento, dovuti al peggioramento della ventilazione (riduzione della velocità della ventola di raffreddamento).

Rapporto U/f	Potenza nominale P_n	Coppia di avviamento T_a	Velocità n	Fattore di potenza $\cos \varphi$
Costante	$P_n = \frac{f'}{f}$	T_a	$n = \frac{f'}{f}$	Invariato
Variabile	$P_n = \frac{f'}{f} \left(\frac{u'}{u} \right)^2$	$T_a = \left(\frac{u' / u}{f' / f} \right)^2$	$n = \frac{f'}{f} \left(\frac{u'}{u} \right)^2$	Dipende dallo stato di saturazione del motore

Tab. 7.25 - Effetti della variazione del rapporto tensione/frequenza (Lafert).

Nella tab. 7.26 è mostrato come i motori asincroni possono funzionare con una frequenza a 60 Hz (utile, per esempio, per l'esportazione sul mercato nordamericano), con differenti prestazioni e grandezze elettriche.

Tensione di targa 50 Hz (V)	Tensione di alimentazione a 60 Hz (V)	P_n	I_n	T_n	n	I_a/I_n	T_a/T_n	T_m/T_n
230±10%	220±5%	1	1	0,83	1,2	0,83	0,83	0,83
230±10%	230±10%	1	0,95	0,83	1,2	0,83	0,83	0,83
230±10%	240±10%	1,05	1	0,87	1,2	0,87	0,87	0,87
230±10%	254±5%	1,1	1	0,9	1,2	0,93	0,93	0,93
230±10%	275±5%	1,2	1	1	1,2	1	1	1
400±10%	380±5%	1	1	0,83	1,2	0,83	0,83	0,83
400±10%	400±10%	1	0,95	0,83	1,2	0,83	0,83	0,83
400±10%	415±10%	1,05	1	0,87	1,2	0,87	0,87	0,87
400±10%	440±10%	1,1	1	0,9	1,2	0,93	0,93	0,93
400±10%	460±5%	1,15	1	0,96	1,2	0,96	0,96	0,96
400±10%	480±5%	1,2	1	1	1,2	1	1	1

P_n = potenza nominale, I_n = corrente nominale, T_n = coppia nominale, n = velocità, I_a/I_n = rapporto tra la corrente di avviamento e quella nominale, T_a/T_n = rapporto tra la coppia di avviamento e quella nominale, T_m/T_n = rapporto tra la coppia massima e quella nominale.

Tab. 7.26 - Effetti della variazione della tensione e della frequenza da 50 a 60 Hz (Lafert).

Mancanza di una fase di alimentazione. Questo inconveniente si verifica a causa, per esempio, di contatti ossidati del contattore o dell'interruttore preposto all'alimentazione del motore.

Quando si verifica questa situazione, il motore è alimentato senza una fase e, siccome non riesce ad avviarsi, l'elevata corrente che si ha in partenza determina un surriscaldamento eccessivo degli avvolgimenti, che porta, inevitabilmente, al danneggiamento degli isolanti.

Questo inconveniente può verificarsi anche durante il normale funzionamento (per esempio, se avviene l'intervento intempestivo di un fusibile).

In questo caso, la coppia motrice del motore diminuisce considerevolmente e, se il motore funziona a carico ridotto, è possibile che il motore continui a funzionare, ma con gli avvolgimenti percorsi da una corrente eccessiva.

È anche possibile, se il motore è caricato al suo valore nominale, che il rotore si arresti, determinando, anche in questo caso, un assorbimento di corrente che provoca il rapido deterioramento dell'isolante degli avvolgimenti.

Per evitare gli inconvenienti presentati precedentemente, è opportuno verificare i contatti e i collegamenti degli organi di comando e di protezione dei motori e, qualora sia possibile, è opportuno utilizzare, anziché i fusibili, un interruttore automatico magnetotermico, opportunamente tarato, e/o un relè termico in grado di intervenire in mancanza di una fase di alimentazione.

Sovraccarichi. Quando il motore è accoppiato con macchine che hanno la possibilità, durante il loro funzionamento, di variare la coppia resistente (pompe, frantoi, mulini, ecc.), il motore può funzionare in condizione di sovraccarico.

Vale la pena ricordare che, nonostante il motore asincrono trifase presenti un funzionamento stabile anche con sovraccarichi dell'ordine del 30÷40% del carico nominale, la corrente che si determina in queste condizioni può portare ad un eccessivo riscaldamento e al conseguente danneggiamento degli avvolgimenti del motore.

In questi casi, può essere opportuno tarare la protezione contro i sovraccarichi (per esempio, agendo sul relè termico) con una corrente di intervento che presenti valori compresi tra 1,05 e 1,1 della corrente nominale del motore.

Avviamenti prolungati. Alcuni tipi di macchine operatrici possono avere, in certi casi, una coppia resistente più elevata di quella normale.

Questa situazione si può verificare nel caso di una pompa che sia costretta a pompare un liquido con una densità eccessiva (per esempio, olio a basse temperature), oppure nel caso di un frantoio, nel quale sia introdotto materiale con dimensioni maggiori, oppure con una maggiore durezza.

Per evitare di danneggiare gli avvolgimenti del motore, è necessario tarare opportunamente le apparecchiature di protezione e, in particolare, utilizzare in modo corretto la macchina operatrice, secondo le normali condizioni di funzionamento per la quale è stata progettata.

Deterioramento dell'isolamento. Gli isolanti possono essere danneggiati anche da fattori esterni al motore, come polveri conduttrici, gas o solventi corrosivi, presenti nell'ambiente in cui è installato il motore.

Qualora siano presenti polveri conduttrici, è necessario impiegare motori con un grado di protezione almeno IP55, oppure utilizzare motori con la ventilazione effettuata mediante aria pulita proveniente dall'esterno del locale.

Qualora nel locale siano presenti fluidi corrosivi, è necessario utilizzare, invece, motori che abbiano gli avvolgimenti protetti mediante opportune vernici o, più in generale, motori che abbiano subito trattamenti di protezione aggiuntivi.

L'uso del motore in ambienti umidi (per esempio, pompe sommerse) può portare al danneggiamento degli avvolgimenti, in quanto l'umidità riduce sensibilmente la rigidità dielettrica degli avvolgimenti stessi.

Anche in questo caso, occorre acquistare motori con gli avvolgimenti protetti mediante opportuni trattamenti contro l'umidità.

Danneggiamenti meccanici. Quando si verifica un danneggiamento ai cuscinetti, quasi inevitabilmente si registra anche un danno agli avvolgimenti. Infatti, quando per la rottura della gabbia o delle sfere del cuscinetto si verifica lo strisciamento del rotore sullo statore, a causa degli attriti, si ha un aumento anomalo della temperatura, che determina il danneggiamento dell'isolante. Nel caso di motori di grande potenza, il calore che nasce dall'attrito tra rotore e statore può flettere i lamierini dello statore; in questi casi, è necessario verificare che il pacco dei lamierini dello statore sia in buone condizioni prima di riavvolgere il motore.

7.13 Normativa di riferimento (nel CD-ROM allegato)

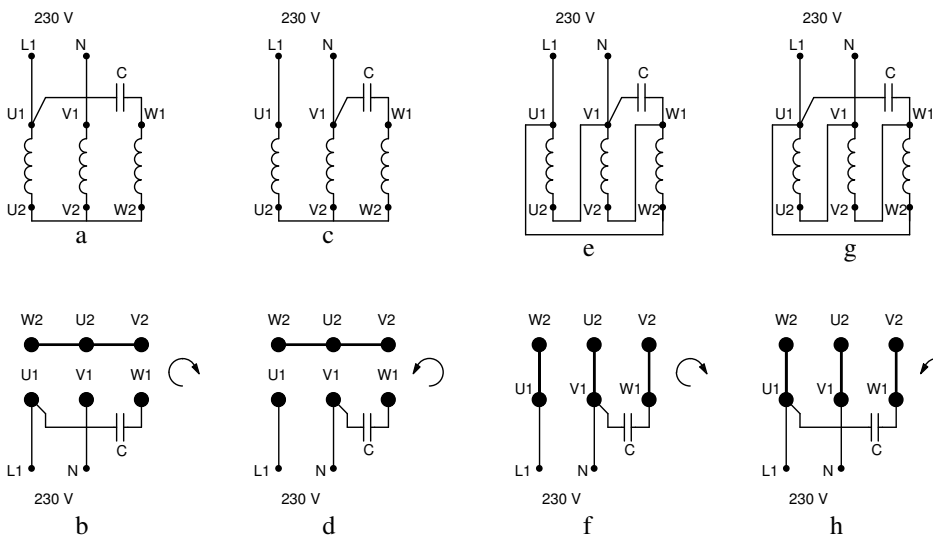
7.14 Funzionamento di un motore asincrono trifase come monofase

Il motore asincrono trifase può funzionare in monofase collegando un condensatore in derivazione su due morsetti, qualunque sia il tipo di collegamento utilizzato per collegare le fasi del motore (circuito Steinmetz).

Il condensatore deve avere l'effetto di trasferire sul morsetto non alimentato del motore una tensione che deve essere, in ampiezza e fase, la più possibile corrispondente a quella mancante.

Questo tipo di soluzione offre i migliori risultati con motori di piccole dimensioni, fino ad una potenza nominale non superiore a circa 3÷4 kW.

La soluzione ottimale, in particolare per i motori che devono avviarsi sotto carico, è quella di utilizzare due condensatori: l'uno da utilizzare in fase di spunto e di avviamento e l'altro, di capacità inferiore, da utilizzare solo quando il motore è in marcia a regime.



Esempi di collegamento per l'alimentazione monofase a 230 V di motori asincroni trifase.

Motori 132 V/230 V:

- a) collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario;
- b) relativo schema di collegamento della morsetteria;
- c) collegamento a stella con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario;
- d) relativo schema di collegamento della morsetteria.

Motori 230 V/400 V:

- e) collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione orario;
- f) relativo schema di collegamento della morsetteria;
- g) collegamento a triangolo con 3 terminali d'uscita, senso di rotazione antiorario;
- h) relativo schema di collegamento della morsetteria.

Fig. 7.45 - Esempi di collegamento per l'alimentazione monofase a 230 V di motori asincroni trifase.

In pratica, è sufficiente collegare un secondo condensatore, in parallelo al primo, che è escluso ad avviamento avvenuto. La manovra può essere effettuata manualmente o automaticamente.

Nel primo caso, si può utilizzare un commutatore provvisto di una manopola a tre posizioni: la prima posizione corrisponde alla condizione di motore fermo, la seconda a quella di motore in marcia con un solo condensatore, la terza a quella di motore in fase di avviamento (posizione instabile).

Questa soluzione è affidata alla sensibilità dell'operatore, il quale rilascerà la manopola, nella seconda posizione, non appena si sarà accorto, dal rumore più regolare del motore, che la fase di avviamento è superata.

La commutazione automatica prevede, invece, dei dispositivi elettronici temporizzatori al posto dei vecchi interruttori centrifughi montati sull'albero del motore.

Queste apparecchiature elettroniche tengono in considerazione anche la variazione della tensione di linea e la temperatura ambiente (una temperatura troppo bassa può prolungare, infatti, la durata della fase di avviamento). Esistono in commercio appositi temporizzatori elettronici incorporati in un'unica custodia assieme ai due condensatori.

Qualora si scelga, invece, la soluzione con il solo condensatore di marcia, questo dovrà essere permanentemente inserito sulla morsetteria del motore.

Quando si utilizza un motore trifase avviato come monofase, è necessario considerare il fatto che la potenza si riduce al 60 ÷ 70%.

Per effettuare il calcolo della capacità C_r dei condensatori, si possono utilizzare metodi matematici, spesso non globalmente condivisi. Di solito, è possibile ottenere risultati attendibili usando formule empiriche come, per esempio, le seguenti:

$$C_r = 50 \cdot P \cdot (230/U)^2 \cdot 50/f \quad [\mu\text{F}]$$

dove P rappresenta la potenza nominale in cavalli vapore [CV], U la tensione di alimentazione monofase in volt [V] e f la frequenza in hertz [Hz];

$$C_r = 10^6 \cdot P / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2) \quad [\mu\text{F}]$$

dove P rappresenta la potenza nominale espressa in watt [W], U la tensione di alimentazione monofase in volt [V] e f la frequenza in hertz [Hz].

In entrambi i casi, il valore trovato esprime la capacità in microfarad [μF].

Per quanto riguarda la tensione di lavoro del condensatore, è normalmente sufficiente un valore compreso tra 230 V e 250 V. Si noti, infine, che l'uso del condensatore di avviamento determina anche un certo rifasamento del motore.

7.15 Motori asincroni monofase

Quando non è disponibile un'alimentazione trifase, è possibile utilizzare i motori asincroni monofase per macchine come seghe circolari, perforatrici, macchine d'aspirazione e ventilazione, negli elettrodomestici come i frigoriferi e lavatrici, nelle macchine per l'ufficio fino ad una potenza di circa 2,2 kW.

Dal punto di vista costruttivo, i motori monofase ad induzione sono molto simili ai motori asincroni trifase (classi di isolamento e sovratemperatura, tipo di servizio, forma costruttiva, grado di protezione, coprimorsettiera, cuscinetti, tipo di protezione, ecc.) e, come questi ultimi, sono dotati di avvolgimenti statorici e rotorici.

Normalmente, il rotore è del tipo a gabbia di scoiattolo e lo statore presenta solo due avvolgimenti: l'uno principale (di marcia) e l'altro ausiliario (di avviamento).



Fig. 7.46 - Motori asincroni e relative forme costruttive: a) Trifase - b) Monofase, si noti la presenza dei condensatori di avviamento (Carpanelli).

Si noti che è proprio l'avvolgimento ausiliario che consente, mediante l'uso di opportuni accorgimenti, l'avviamento di questo tipo di motore. Infatti, alimentando il solo avvolgimento principale, non si ottiene un campo rotante, necessario per porre in rotazione il rotore, ma un campo magnetico alternato.

Dal punto di vista costruttivo, gli avvolgimenti di marcia e di avviamento sono montati con uno sfasamento di 90° elettrici; inoltre, è necessario, affinché il motore possa autoavviarsi, che le correnti presenti nei due avvolgimenti siano sfasate il più possibile.

Lo sfasamento può essere ottenuto con un avvolgimento ausiliario resistivo, oppure ponendo in serie, sempre all'avvolgimento ausiliario, un condensatore di avviamento di capacità opportuna. L'uso del condensatore di avviamento è normalmente la soluzione preferita.

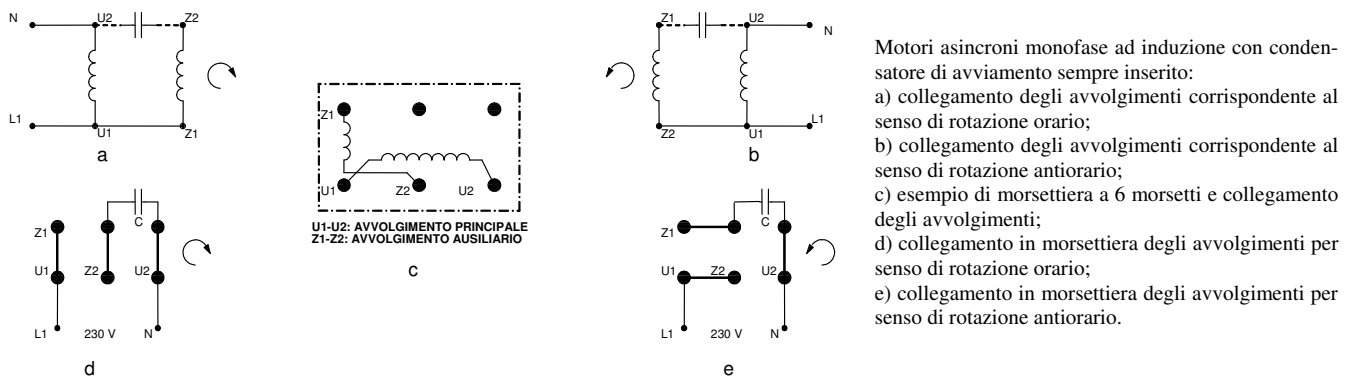


Fig. 7.47 - Motori asincroni monofase ad induzione con condensatore di avviamento sempre inserito.

I costruttori hanno normalmente a catalogo motori per avviamenti senza carico e con condensatore sempre inserito, nonché motori che prevedono un'alta coppia di spunto per avviamenti con carico e che sono dotati di un ulteriore condensatore (condensatore ausiliario), che è disattivato ad avviamento avvenuto, cioè quando è raggiunto almeno il 75% della velocità sincrona. I motori monofase con un solo condensatore hanno generalmente delle coppie di avviamento inferiori alla coppia nominale.

Nella fig. 7.48 sono mostrati alcuni tipi di condensatori per l'avviamento dei motori asincroni monofase, che presentano le caratteristiche delineate nelle righe che seguono.

Il dielettrico è realizzato con un film di polipropilene, mentre le armature sono costituite da un sottilissimo deposito metallico, ottenuto per evaporazione sotto vuoto.

La custodia e il coperchio possono essere realizzati in materiale plastico autoestinguente, mentre l'elemento capacitivo è sigillato mediante resina poliuretanic (fig. 7.48a), oppure mediante custodie metalliche provviste di coperchi in materiale plastico autoestinguente (fig. 7.48b).

Nei tipi con custodia metallica, l'adozione di un contenitore isolante, posto tra l'elemento capacitivo e la custodia metallica, e il bloccaggio dell'elemento capacitivo in resina rendono il condensatore sicuro sia dal punto di vista elettrico (isolamento verso massa) sia in termini di insensibilità alle vibrazioni.

Le caratteristiche principali di queste serie di condensatori sono:

- avvolgimento antinduttivo a basse perdite;
- proprietà autogeneranti che impediscono il cortocircuito;
- piccole dimensioni e peso contenuto;
- assenza di perdite di liquido.

Nei tipi con custodia metallica, è presente un dispositivo di sicurezza, che disattiva, in caso di guasto, entrambi i collegamenti, lasciando integro l'isolamento verso la custodia e impedendo che il condensatore possa scoppiare o bruciare. In caso di cortocircuito permanente, infatti, la corrente provoca la decomposizione del dielettrico, con conseguente sviluppo di gas. La pressione che si determina provoca il sollevamento della parte del coperchio supportante i terminali, interrompendo le connessioni interne e, quindi, il passaggio della corrente elettrica.

Questo dispositivo è dimensionato in modo diverso in funzione delle dimensioni del condensatore, al fine di rendere più efficace e tempestivo l'intervento con basse e con alte correnti di cortocircuito (fino a 10 kA).

Il sistema antiscoppio appena descritto, non prevedendo un allungamento dell'intera custodia ma solo della parte centrale del coperchio, consente l'utilizzo di sistemi di fissaggio di tipo americano (Dogs-house Clamps).

Nei casi in cui si necessita di una coppia di avviamento superiore, la configurazione del motore prevede un condensatore di avviamento, per esempio, di tipo elettrolitico, come quelli mostrati nella fig. 7.49a.



a



b

Caratteristiche.

Tensione nominale U_n : 250 V, 400 V, 425 V, 475 V, 500 V

Frequenza nominale f_n : 50±60 Hz

Capacità nominale C_n : 1/1,5/2/2,5/3/3,15/3,5/4/4,5/5/6/6,3/7/7,5/8/9/10/11/12/12,5/13/13,5/14/15/16/17,5/18/20/22/25/30/31,5/35/40/45/50/55/60/70/80/90/100 μF

Tolleranza: ±5%

Temperatura di funzionamento: da -20 a +60 °C

c

Fig. 7.48 - Condensatori in polipropilene metallizzato: a) In custodia plastica - b) In custodia metallica - c) Caratteristiche tecniche principali (Ducati energia).

Come mostrato nella fig. 7.51 e 7.52, quest'ultimo condensatore è inserito, mediante un dispositivo elettronico di avviamento, solo al momento di avviamento ed è disinserito automaticamente in prossimità della coppia massima (al massimo dopo qualche secondo), come mostrato nella fig. 7.49b, ritornando alle caratteristiche di coppia del motore con il solo condensatore permanente inserito, ovvero la caratteristica di coppia (2).

La caratteristica (1) non è reversibile; di conseguenza, l'inserimento del condensatore di avviamento è possibile solo nel caso di una nuova partenza del motore. In caso di sovraccarico, si segue la caratteristica (2).

Il tempo tra l'arresto e di una nuova partenza del motore deve essere maggiore di 15 s.



Caratteristiche.
 Tensione nominale U_n : 250 V, 330 V
 Capacità nominale C_n : 24/48/56/
 59/71/80/98/120/140/160 μ F
 Tolleranza: $\pm 10\%$
 Temperatura di funzionamento:
 da -20 a $+60$ $^{\circ}$ C
 Il condensatore elettrolitico, per le
 dimensioni ridotte e gli elevati valori
 di capacità, è il condensatore ideale
 per questo tipo di servizio. Natural-
 mente, una volta esaurita la fase di
 avviamento, il condensatore deve
 essere scollegato dal circuito.

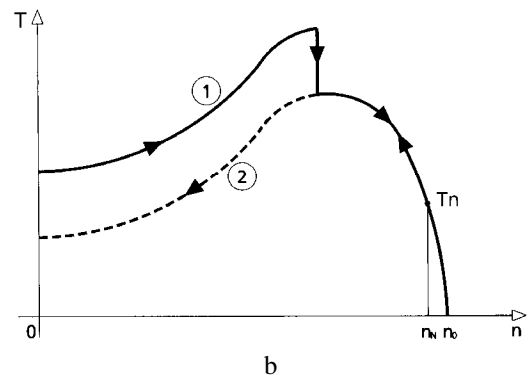
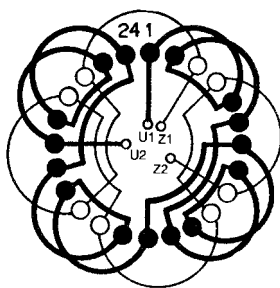
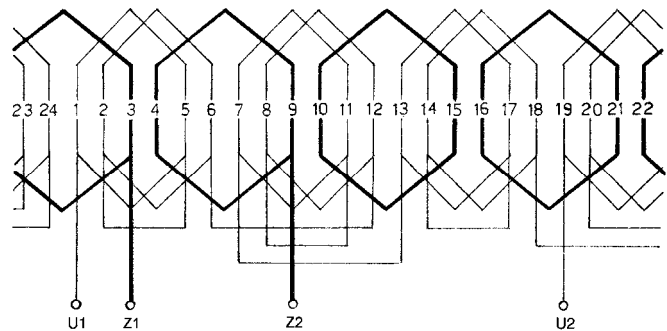


Fig. 7.49 - a) Esempi di condensatori di avviamento elettrolitici per motori monofase. Custodie stampate in materiale termoplastico autoestinguente, terminali del tipo a saldare e a innesto tipo Faston 6,3 mm doppi (Ducati energia) - b) Curve caratteristiche della coppia in funzione della velocità di un motore monofase con o senza dispositivo di avviamento (n_0 : velocità di sincronismo, n_N : velocità nominale) (La-fert).

Nella fig. 7.50 è mostrato, a titolo di esempio, lo schema di avvolgimento di un motore asincrono monofase, nel quale è possibile notare la presenza dell'avvolgimento principale (U1-U2) e dell'avvolgimento ausiliario (Z1-Z2), che occupa solo la terza parte del numero totale delle cave.



U1 15-26-12-8-11-7-13-17-14-18-24-20-23-19 U2
 Z1 3-22-16-21-15-10-4-9 Z2



a

b

c

Fig. 7.50 - Avvolgimento statorico per motore asincrono monofase a gabbia con 24 cave, semplice strato, a spirale embricate, 4 poli, avvolgimento principale con passo $Y_n = 4$, avvolgimento ausiliario con passo $Y_n = 5$, collegamento delle matasse in serie, 4 morsetti: a) Schema circolare - b) Tabella d'avvolgimento - c) Schema rettangolare.

La maggior parte dei motori asincroni monofase è progettata per funzionare, secondo la normativa EN 60034-1, con una tensione di alimentazione nominale di 230 V, con una tolleranza pari a $\pm 5\%$ (da 218 a 242 V). Le norme DIN 60038 indicano, invece, che la tensione di alimentazione nominale, sempre di 230 V, può avere una tolleranza del $\pm 10\%$ (da 207 a 253 V).

Se la tensione non supera i valori delle gamme previste dalle norme, la temperatura del motore non supera il valore massimo ammissibile previsto dalla classe di isolamento. Nella fig. 7.51 sono mostrati i collegamenti dei motori asincroni monofase monotensione, di tipo sia normale sia ad alta coppia di avviamento.

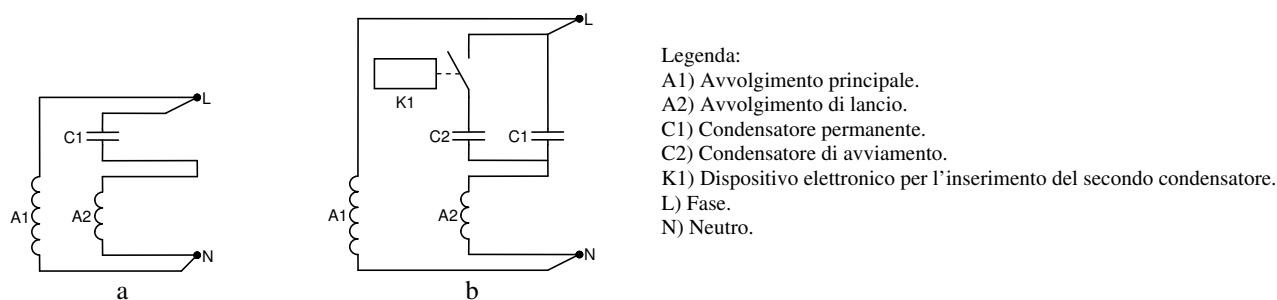


Fig. 7.51 - Schemi di collegamento dei motori asincroni monofase: a) Tipo normale - b) Tipo con alta coppia di avviamento (Lafert).

Alcuni tipi di motori (bitensione) sono in grado di funzione con due valori di tensione nominale, l'uno più basso (per esempio, 115 V) e l'altro più alto (per esempio, 230 V). Nella fig. 7.52 sono mostrati i collegamenti dei motori bitensione, di tipo sia normale sia ad alta coppia di avviamento.

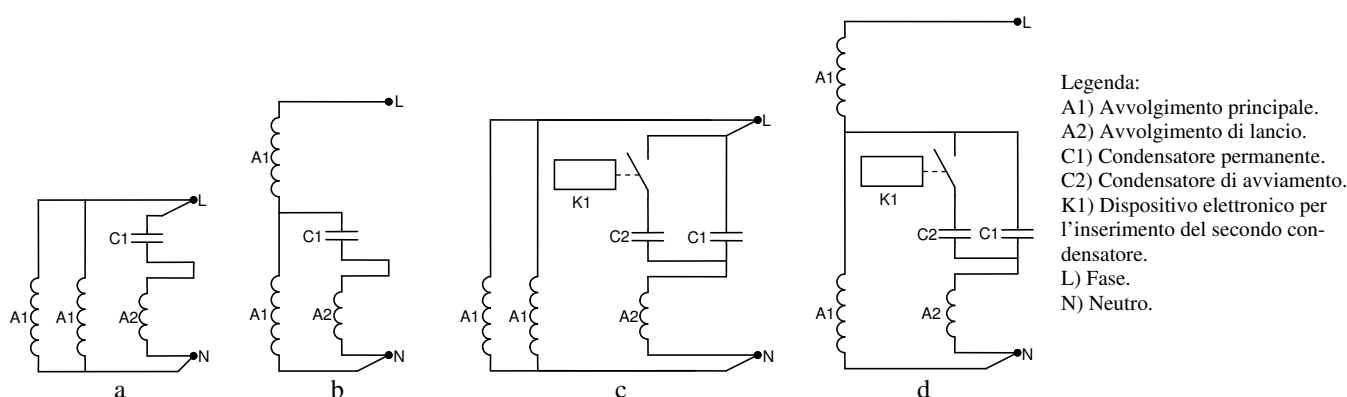


Fig. 7.52 - Schemi di collegamento dei motori asincroni monofase bitensione (115/230 V): a) Tipo normale con tensione di alimentazione con il valore minimo di targa - b) Tipo normale con tensione di alimentazione con il valore massimo di targa - c) Tipo con alta coppia di avviamento con tensione di alimentazione con il valore minimo di targa - d) Tipo con alta coppia di avviamento con tensione di alimentazione con il valore massimo di targa (Lafert).

Per tutte le altezze d'asse, sulle targhe sono riportate le correnti massime nominali. Normalmente, i valori di potenza riportati nelle targhe e nei cataloghi si riferiscono alla modalità di servizio S1, per un funzionamento continuo a carico costante, in conformità a quanto dettagliato dalle norme EN 60034-1, ad una temperatura ambiente di 40 °C e ad un'altitudine massima di 1000 m sopra il livello del mare. Alla temperatura di funzionamento e alla tensione nominale, i motori sono in grado di sostenere un sovraccarico per 15 s a 1,5 volte la copia nominale, conformemente a quanto riportato dalla norme EN 60034-1 e senza subire un eccessivo riscaldamento.

Se la temperatura ambiente è superiore a 40 °C, la potenza nominale del motore è ridotta secondo quanto riportato nella tab. 7.28.

Temperatura ambiente [°C]	45	50	55	60
Riduzione della potenza nominale [%]	95	90	85	80

Tab. 7.28 - Riduzione della potenza erogabile con una temperatura ambiente maggiore di 40 °C.

Se l'altitudine d'installazione è superiore a 1000 m sopra il livello del mare, la potenza nominale del motore è ridotta secondo quanto riportato nella tab. 7.29.

Altitudine dell'installazione [m]	2000	3000	4000
Temperatura ambiente di 40 °C e classe di isolamento B Potenza nominale ridotta a circa [%]	92	84	76
Temperatura ambiente di 40 °C e classe di isolamento F Potenza nominale ridotta a circa [%]	89	79	68
Potenza nominale erogata secondo i dati della tabella con classe di isolamento B temperatura ambiente di [°C]	32	24	16
Potenza nominale erogata secondo i dati della tabella con classe di isolamento F temperatura ambiente di [°C]	30	19	9

Tab. 7.29 - Installazione ad altitudini superiori a 1000 m sopra il livello del mare.

Le caratteristiche di questi motori, analogamente per i tipi trifase, sono riportate sulla targa (v. fig. 7.53).



Motore asincrono monofase realizzato secondo le norme IEC 60034; potenza di 0,75 kW (1 HP); tipo a 2 poli funzionante a carico a 2780 giri/min; grado di protezione IP55; classe di isolamento F; tensione nominale di funzionamento 230 V; corrente nominale 5,1 A con una tensione compresa tra 220 e 240 V; funzionante alla frequenza di 50 Hz; con un fattore di potenza a carico nominale di 0,91.

Il condensatore di avviamento ha la capacità di 25 µF e una tensione di lavoro di 400 V.

Fig. 7.53 - Esempio di targa per motori asincroni monofase (Lafert).

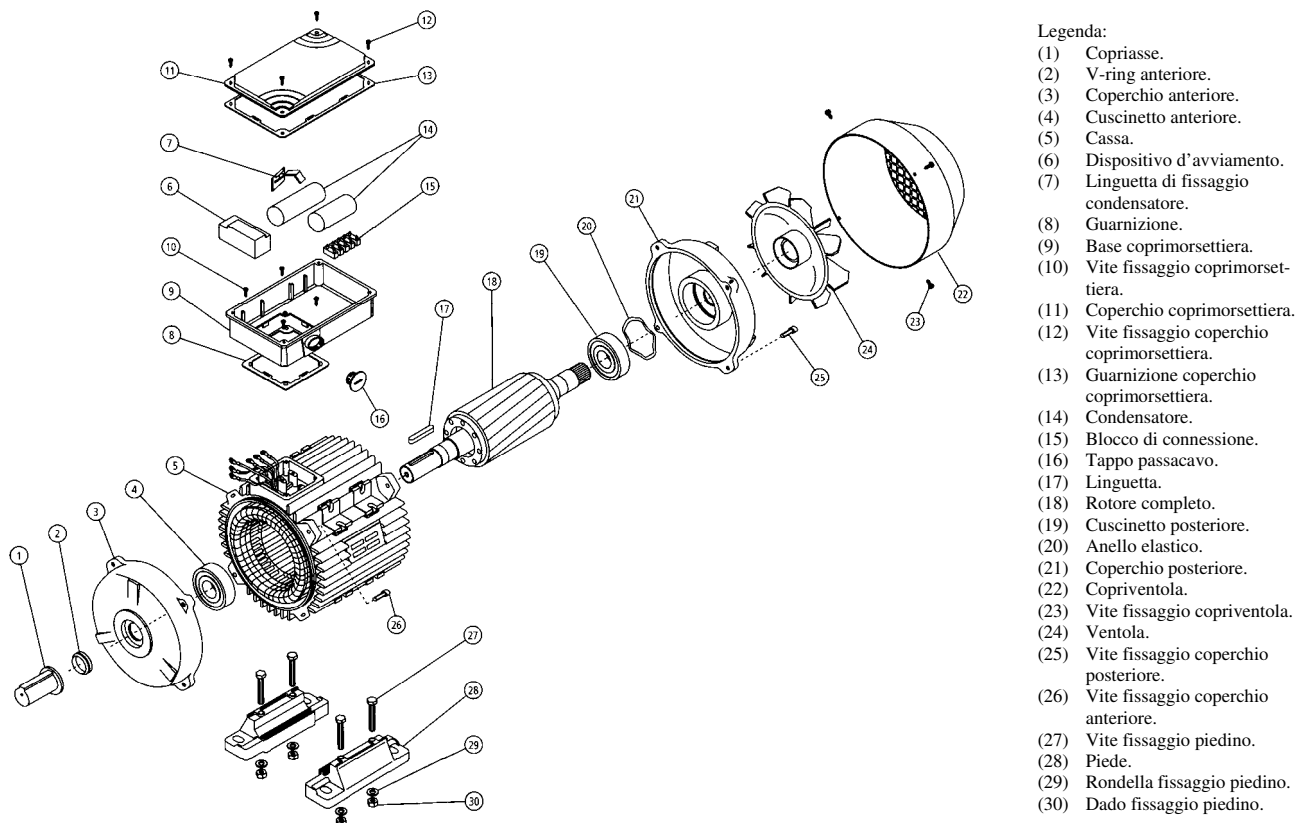


Fig. 7.54 - Esempio di motore asincrono monofase (Lafert).

Le tab. 7.30a e 7.30b, riportate di seguito, elencano le caratteristiche essenziali dei motori asincroni monofase a 2, 4 poli, con costruzione chiusa, con ventilazione esterna, rotore a gabbia di scoiattolo, servizio continuo S1, isolamento in classe F, protezione IP55, $U_n = 230$ V, 50 Hz.

Tipo motore	Potenza resa	Velocità	Corr. nom.	Rend.	Fattore di potenza	C. nom.	C. avv. C. nom.	C. max. C. nom.	Corr. avv. Corr. nom.	Cond.	Momento d'inerzia	Peso	Tipo motore	Potenza resa	Velocità	Corr. nom.	Rend.	Fattore di potenza	C. nom.	C. avv. C. nom.	C. max. C. nom.	Corr. avv. Corr. nom.	Cond.	Momento d'inerzia	Peso
	P_n (kW)	n (1/min)	$I_n - 230V$ (A)	η %	$\cos\phi$	T_n (Nm)	T_{av}/T_n	T_{max}/T_n	I_{av}/I_n	C (gF)	J 10 ⁻³ kgm ²	p (kg)		P_n (kW)	n (1/min)	$I_n - 230V$ (A)	η %	$\cos\phi$	T_n (Nm)	T_{av}/T_n	T_{max}/T_n	I_{av}/I_n	C (gF)	J 10 ⁻³ kgm ²	p (kg)
56 C2	0,11	2610	1,10	49	0,89	0,40	0,4	1,3	2,5	4,0	0,09	3,3	56 S4	0,09	1300	0,80	48	0,92	0,66	0,5	1,2	1,7	6,3	0,18	3,5
63 C2	0,11	2780	0,92	56	0,93	0,39	0,6	1,5	2,8	4,0	0,11	4,5	63 A4	0,11	1400	1,10	48	0,89	0,76	0,8	1,6	2,0	8,0	0,27	4,5
63 S2	0,18	2840	1,28	62	0,98	0,62	0,5	1,6	3,0	6,3	0,14	5,0	63 C4	0,18	1350	1,60	54	0,89	1,29	0,6	1,1	2,0	8,0	0,34	4,9
63 L2	0,24	2615	1,70	60	0,98	0,63	0,6	1,8	3,1	8,0	0,18	5,5	71 C4	0,24	1300	2,40	58	0,81	1,72	0,7	1,4	2,5	10,0	0,82	7,2
71 C2	0,37	2610	3,00	59	0,90	1,25	0,9	2,0	3,3	16,0	0,41	7,1	71 S4	0,29	1300	2,30	65	0,84	2,08	0,6	1,6	2,6	12,5	0,95	7,8
71 S2	0,55	2600	4,20	68	0,83	1,83	0,6	1,9	3,5	16,0	0,55	8,5	71 L4	0,37	1370	2,90	65	0,85	2,58	0,6	1,5	3,4	16,0	1,08	8,5
80 C2	0,75	2620	5,20	69	0,91	2,21	0,6	2,0	4,1	25,0	1,05	11,4	80 C4	0,37	1375	2,60	66	0,94	2,59	0,7	1,5	2,5	16,0	2,00	9,8
80 S2	1,10	2880	6,20	75	0,99	3,63	0,3	1,9	5,0	25,0	1,08	11,8	80 S4	0,55	1395	4,30	66	0,84	3,76	0,6	1,7	3,4	16,0	2,41	11,3
90 S C2	1,10	2815	8,00	76	0,78	3,75	0,4	1,9	3,8	32,0	1,62	15,3	80 L4	0,75	1435	5,20	68	0,91	4,90	0,4	1,9	4,1	25,0	2,70	12,8
90 L S2	1,50	2805	10,00	75	0,87	4,99	0,4	1,8	3,6	36,0	1,87	17,3	90 L C4	1,10	1435	8,00	74	0,81	7,35	0,3	1,9	3,9	25,0	3,13	15,4
90 L L2	1,80	2830	11,00	80	0,89	6,19	0,3	1,9	3,7	40,0	2,09	18,7	90 L S4	1,50	1410	9,50	78	0,88	10,01	0,3	1,4	3,4	32,0	3,73	17,6
90 L A2	2,20	2880	12,50	80	0,90	7,50	0,2	1,9	5,0	40,0	2,11	19,3	100 L C4	1,80	1400	12,00	76	0,86	12,46	0,3	1,6	3,2	50,0	5,83	22,8
100 L C2	2,20	2820	12,50	80	0,92	7,36	0,2	1,8	4,6	50,0	4,05	24,5	100 L S4	2,20	1440	12,10	85	0,86	15,21	0,2	1,3	3,2	50,0	6,00	23,8

Tab. 7.30 - Caratteristiche elettriche e meccaniche di motori asincroni monofase, costruzione chiusa, con ventilazione esterna, rotore a gabbia di scoiattolo, servizio continuo S1, isolamento in classe F, grado di protezione IP55, condensatore permanente, tensione nominale $U_n = 230 V$: a) Tipi a 2 poli 50 Hz - b) Tipi a 4 poli 50 Hz (Lafert).

7.16 Motori asincroni autofrenanti

Un motore, quando funziona alle sue condizioni nominali, ruota ad una certa velocità. Quando si apre il contattore di linea e si toglie l'alimentazione, il motore rallenta, ma, se il motore è accoppiato ad una macchina, l'energia cinetica immagazzinata può mantenere in rotazione il rotore anche per alcuni minuti.

In particolare, quando determinati cicli di lavoro richiedono arresti rapidi del motore e in tempi prefissati, allo scopo di eliminare i tempi morti e aumentare la precisione della macchina, oppure quando, in caso di pericolo, si vogliono frenare parti di macchine nel rispetto della normativa antinfortunistica (gru, montacarichi, ecc.), è necessario provvedere alla frenatura del motore applicando all'albero una coppia resistente, che dissipi l'energia cinetica.

Questi motori sono costruiti per opporre una coppia resistente per attrito meccanico, con dissipazione dell'energia cinetica trasformata in calore.

Un motore autofrenante di uso comune è costituito dall'accoppiamento di un motore asincrono monofase o trifase anche a doppia polarità, con le caratteristiche viste precedentemente, e di un gruppo freno elettromagnetico interno a disco.

Il freno può essere alimentato da una sorgente esterna in corrente continua o in corrente alternata a seconda dei tipi. In particolare, in presenza di corrente alternata, i due conduttori di alimentazione del freno sono spesso collegati ai due morsetti di una fase del motore.

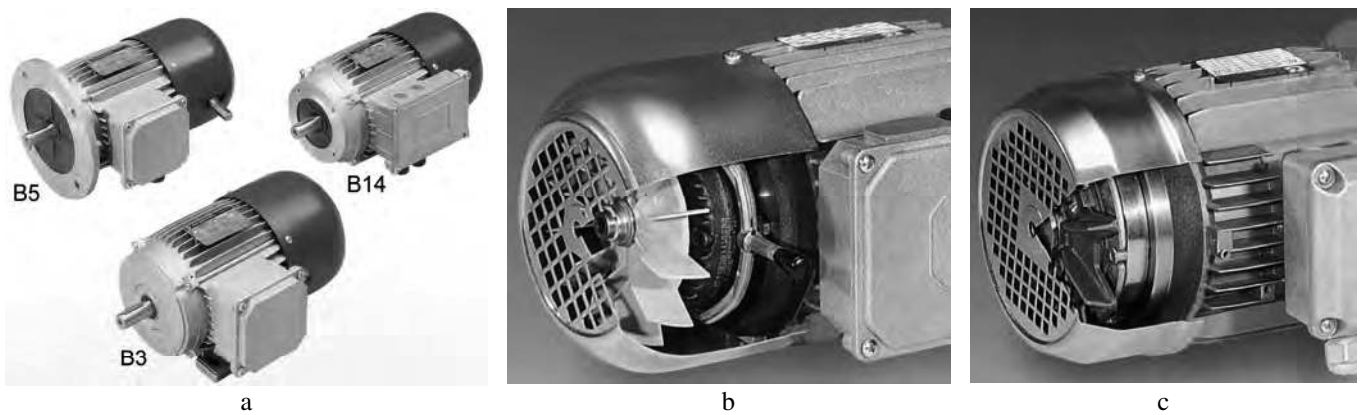


Fig. 7.55 - a) Esempi di motori autofrenanti e relativa forma costruttiva (Carpanelli) - b) Particolare di un motore asincrono trifase autofrenante con freno in corrente continua ad avviamento progressivo per traslazione, tipo di servizio S3, ventola pesante; si noti la leva di sblocco freno, utile in fase di installazione e manutenzione del motore - c) Particolare di un motore asincrono monofase autofrenante con freno di sicurezza in corrente continua ad ingombro ridotto (CSM).

La soluzione appena citata determina, però, un leggero ritardo nell'intervento dell'elettromagnete freno, per effetto di una tensione, indotta nell'avvolgimento statorico dal flusso di rotore, che si riduce a zero con un certo ritardo (v. tab. 7.31).

Tempi	Elettromagneti in corrente continua [ms]	Elettromagneti in corrente alternata [ms]
Tempi di innesto del freno	8÷40	4÷10
Tempi di disinnesco del freno	10÷120	4÷10

Tab. 7.31 - Tempi di risposta dei freni elettromagnetici per motori autofrenanti.

Quando la bobina del freno è alimentata, l'elettromagnete vince la forza esercitata dalle molle e attira a sé il nucleo mobile, il quale sblocca il disco freno, consentendo, così, all'albero del motore di ruotare liberamente. Viceversa, quando la bobina non è alimentata, il nucleo mobile, sospinto dalle molle di richiamo, preme sul disco freno e blocca la rotazione dell'albero (funzionamento negativo).

La coppia frenante è proporzionale alla compressione delle molle, che, in genere, può essere variata agendo sugli appositi dadi. La frenatura avviene senza lo scorrimento assiale dell'albero e risulta egualmente potente in entrambi i sensi di rotazione del motore.

Esistono modelli di motori autofrenanti che hanno il freno ad azione positiva, nei quali l'azione frenante è esercitata in presenza di alimentazione alla bobina del freno. Se il freno non è alimentato, il motore è, invece, libero.

Nei modelli con freno funzionante in corrente alternata, l'alimentazione della bobina freno è prelevata direttamente dalla morsettiera del motore e, normalmente, la tensione di alimentazione è di 230/400 V ±10%, 50 Hz. Gli elettromagneti alimentati in corrente alternata non necessitano, in genere, di dispositivi di protezione contro le sovratensioni; tuttavia, se il numero di interventi è particolarmente elevato, o in situazioni di linea sfavorevoli, l'inserimento di tali dispositivi può essere conveniente per limitare le sollecitazioni elettriche sull'elettromagnete.

Il freno in corrente continua prevede l'uso di un diodo raddrizzatore, che può essere collocato internamente al coprimorsettiera. In questo caso, il principio di funzionamento risulta comunque simile a quello del tipo in corrente alternata.

Parallelamente al consumo progressivo della guarnizione di attrito, il freno richiede d'essere periodicamente registrato (per esempio, ogni 6 mesi). La regolazione è effettuata agendo su apposite viti di regolazione e appurando, mediante uno spessimetro, la presenza del valore di traferro necessario. Questa operazione deve essere eseguita con il freno a temperatura ambiente.

Nella fig. 7.56 è mostrato l'impiego di un raddrizzatore, secondo le norme CEI, avente un contenitore a 6 morsetti e adatto, in particolare, per un controllo diretto e tempestivo del freno. I due morsetti aggiuntivi fungono da interruttore diretto sul freno, bypassando il circuito raddrizzatore e garantendo, così, un intervento rapido e immune da disturbi di rigenerazione.

Questi raddrizzatori sono caratterizzati dalla presenza non solo di appositi dispositivi di protezione contro le sovratensioni che nascono durante gli interventi del freno, ma anche di un filtro contro le emissioni in radio frequenza.

Gli schemi di collegamento, riportati nella fig. 7.56, presentano le seguenti caratteristiche:

- a) connessione del raddrizzatore a 4 o 6 morsetti mediante collegamento alla linea tramite contattore;
- b) connessione del raddrizzatore a 4 o 6 morsetti tramite collegamento diretto al motore;
- c) connessione del raddrizzatore a 6 morsetti mediante collegamento diretto al motore e con interruttore collegato al contattore del motore;
- d) connessione del raddrizzatore a 6 morsetti tramite collegamento alla linea con un secondo contattore.

Secondo il tipo di collegamento, è possibile ottenere una risposta più o meno rapida del freno. In particolare, la risposta più rapida è ottenuta dal tipo di connessione (d), seguito dal tipo (c), quindi dal tipo (a) e, per finire, dal tipo (b).

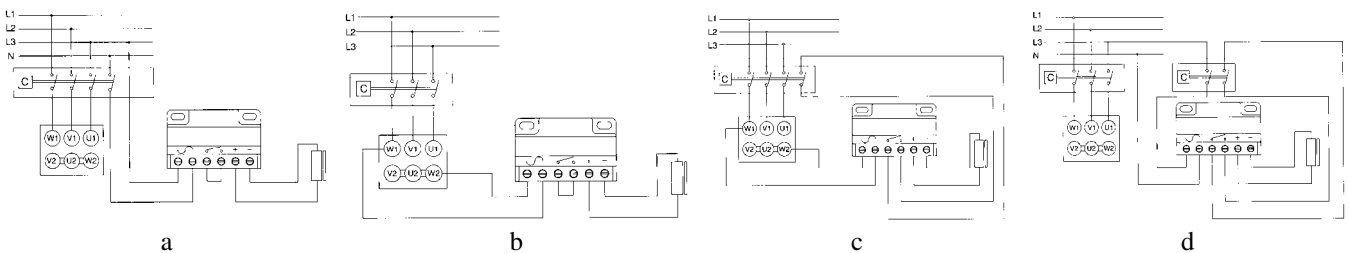
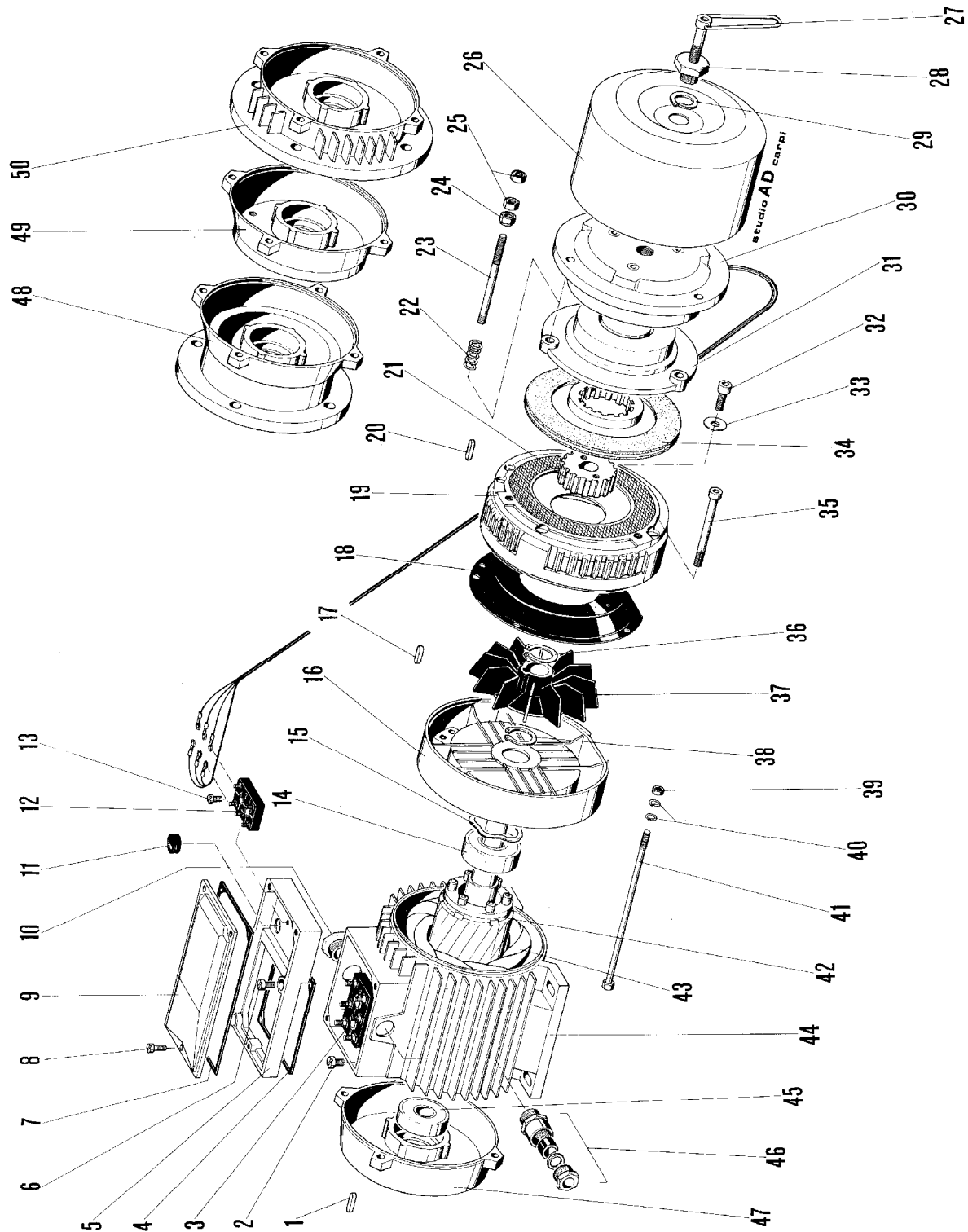


Fig. 7.56 - I collegamenti differiscono per la velocità dell'intervento del freno; l'intervento più rapido è ottenuto dal tipo (d), seguito, in sequenza, dai tipi (c), (a) e (b) (Carpanelli).



Legenda:

(1) linguetta d'accoppiamento, (2) vite per il collegamento a terra, (3) morsettieria con parti metalliche per il collegamento del motore, (4) guarnizione portamorsettieria, (5) scatola portamorsettieria, (6) viti di fissaggio della morsettieria, (7) guarnizioni coprimorsettieria, (8) viti di fissaggio coprimorsettieria, (9) coprimorsettieria, (10) tappo cieco, (11) passacavo in gomma, (12) morsettieria con parti metalliche per il collegamento del freno, (13) viti di fissaggio della morsettieria, (14) cuscinetto a sfere posteriore, (15) anello di compensazione, (16) scudo posteriore, (17) linguetta per ventola, (18) convogliatore d'aria, (19) flangia di frenatura, (20) linguetta per mozzo sfilabile, (21) mozzo sfilabile, (22) molle freno, (23) colonnetta, (24) dado autobloccante per registro molla, (25) dadi bloccaggio elettromagnete (interni e esterni), (26) calotta coprifreno, (27) leva per sblocca manuale, (28) vite forata, (29) rondella grower, (30) elettromagnete, (31) ancora mobile, (32) vite a brugola per bloccaggio del mozzo sfilabile, (33) rondella bisellata, (34) disco freno, (35) vite a brugola per bloccaggio della flangia di frenatura, (36) seeger, (37) ventola di raffreddamento, (38) seeger, (39) dado per tiranti, (40) rondelle grower, (41) tirante per motore, (42) pacco rotore con albero, (43) pacco statore avvolto, (44) carcassa alettata con piedi, (45) cuscinetto a sfere anteriore, (46) bocchettone pressacavo, (47) scudo anteriore, (48) flangia B5 ridotta, (49) flangia B14, (50) flangia B5.

Fig. 7.57 - Esempio di motore asincrono trifase autofrenante, con freno a disco (Seipie).

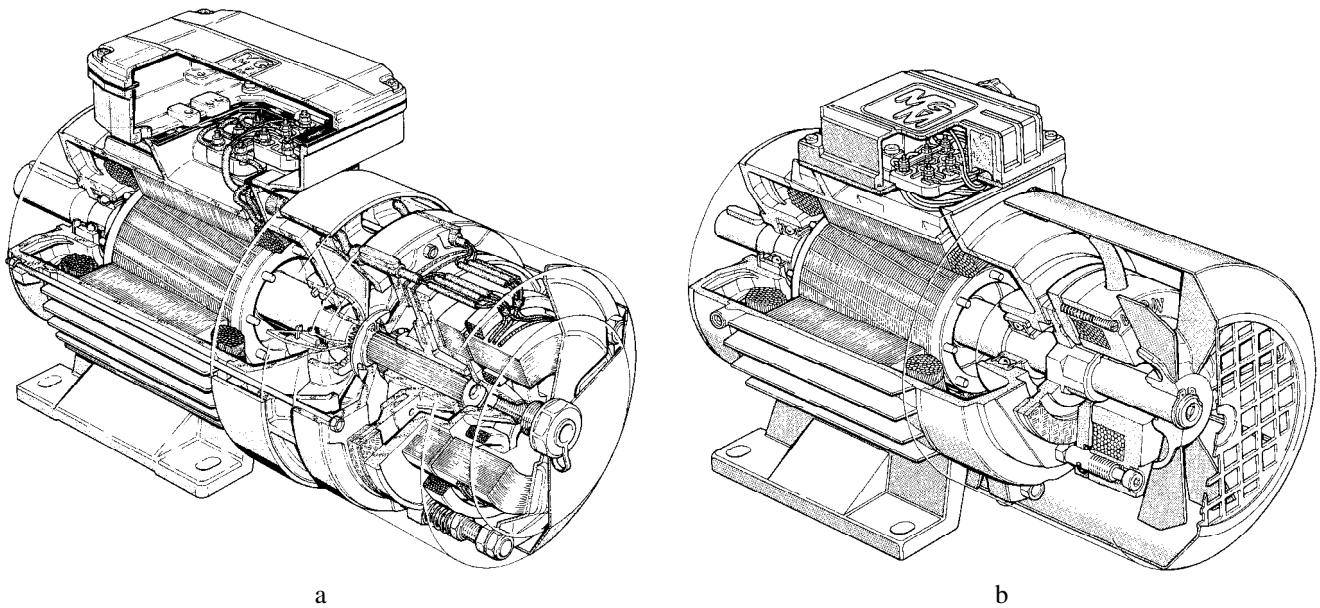


Fig. 7.58 - Motori autofrenanti: a) Con freno alimentato in corrente alternata - b) Con freno alimentato in corrente continua (MGM).

7.17 Motoriduttori

I motori elettrici hanno generalmente un numero di giri che può raggiungere diverse migliaia di giri al minuto. Simili velocità sono difficilmente richieste; infatti, in molte applicazioni occorrono motori di minore velocità con coppie più elevate. Si presenta, quindi, la necessità di adattare il motore al carico, utilizzando i cosiddetti riduttori di velocità o motoriduttori.

In un riduttore la potenza meccanica è trasferita dal motore al carico, diminuendo la velocità e aumentando, di conseguenza, il valore della coppia (amplificatori di coppia) per il moto di avanzamento, esattamente come è richiesto in molte applicazioni dell'automazione delle macchine.

La funzione di un riduttore in un sistema meccanico può essere assimilata a quella di un trasformatore in un sistema elettrico. Infatti, il trasformatore trasferisce la potenza elettrica dal generatore al carico, senza cambiarne il valore, se, ovviamente, si escludono le perdite.

Di conseguenza, la tensione U può essere diminuita, aumentando, in modo proporzionale, l'intensità di corrente I , per mantenere costante il prodotto, ovvero la potenza P ($P = U \cdot I$).

Allo stesso modo, con il riduttore la potenza meccanica P è trasferita dal motore al carico, diminuendo la velocità ω e aumentando, di conseguenza, il valore della coppia T per il moto di avanzamento ($P = T \cdot \omega$), esattamente come è richiesto in molte applicazioni dell'automazione delle macchine.

I riduttori di velocità classici sono realizzati con un treno di ingranaggi (detto rotismo) in cui le singole ruote sono successivamente in presa tra di loro. I rotismi sono detti ordinari quando gli assi di rotazione di tutte le ruote dentate sono fissi ed epicicloidali. I rotismi che presentano almeno un asse di rotazione mobile, sono usati in modo particolare nel campo della robotica.

I riduttori a rotismo ordinario, anche se ingombranti e pesanti, permettono di trasmettere potenze elevate con ottimi rendimenti e presentano il principio di funzionamento delineato nelle righe che seguono.

Quando due ruote dentate ingranano tra loro, le velocità di rotazione risultano inversamente proporzionali al loro numero di denti.

Si immagini, per esempio, di avere una ruota dentata A con Z_A denti e una B con Z_B denti, come mostrato nella fig. 7.59a. Il rapporto delle loro velocità di rotazione sarà:

$$\omega_A / \omega_B = Z_B / Z_A$$

Tenendo presente che la geometria dei denti impone, per la ruota di dimensioni minori, un numero minimo di denti sotto il quale non è possibile scendere, il massimo rapporto di riduzione, ottenibile accoppiando due ruote, è di 10:1.

Tuttavia i rapporti di riduzione più comunemente usati, affinché le due ruote non abbiano dimensioni molto diverse, sono molto inferiori (4:1 o 5:1). Infatti, il loro diametro è proporzionale al numero dei denti e, quindi, il rapporto di riduzione esprime anche il rapporto dei diametri.

Questo significa che, per ottenere gli elevati rapporti di riduzione richiesti, si dovranno utilizzare più stadi (più ruote connesse tra loro in serie), con un conseguente aumento della massa e dell'ingombro del riduttore.
 Il rapporto di riduzione di più stadi connessi in serie è dato dal prodotto di quello dei singoli stadi.
 Per esempio, in riferimento alla fig. 7.59b, se il rapporto di riduzione di ognuno dei singoli stadi è 4, quello complessivo tra l'albero di ingresso e quello di uscita sarà 16.

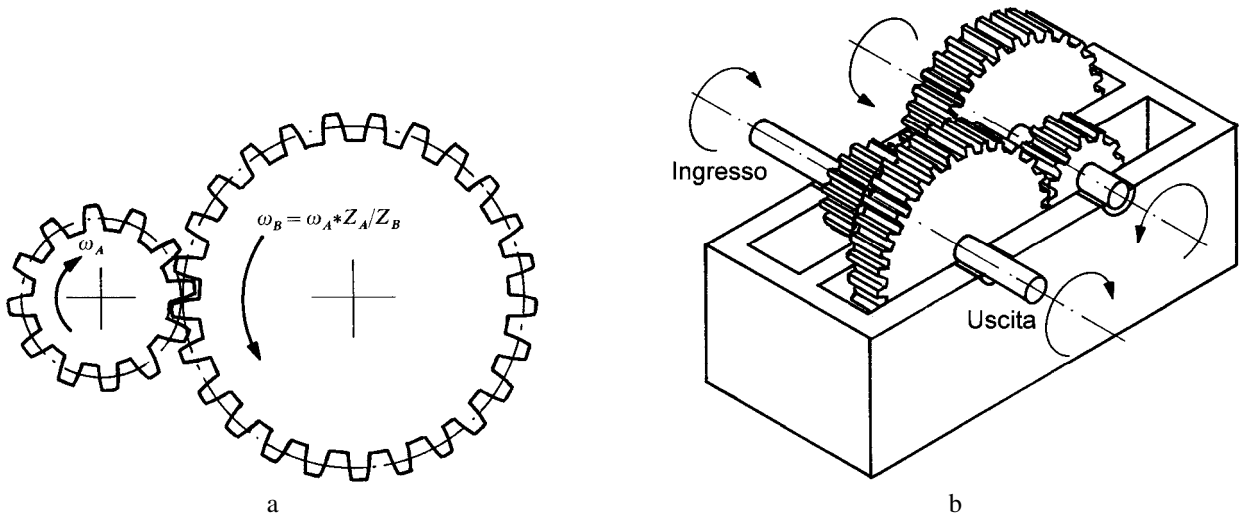


Fig. 7.59 - a) Semplice riduttore a due ruote dentate - b) Riduttore a ingranaggi a due stadi.

L'elevato rendimento η di un singolo stadio ($\eta \cong 0,98$) consente di mantenere elevato anche quello del riduttore, dato dal prodotto del rendimento dei singoli stadi. Così, nel caso citato nella fig. 7.59b, il rendimento del riduttore η diventa $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$ ovvero $\eta = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$.

Un tipo d'ingranaggi molto utilizzato è quello a denti diritti, perché permette di limitare gli ingombri ed evitare l'insorgere di sforzi assiali.

In questo tipo di trasmissione occorre mettere in conto un certo gioco, per evitare eccessive interferenze tra le due ruote dentate a causa delle tolleranze di lavorazione e delle dilatazioni termiche.

A seconda delle caratteristiche d'impiego, si possono annoverare due differenti esecuzioni di motoriduttori: coassiali e ad assi ortogonali, come mostrato nella fig. 7.60.

Negli esempi riportati, i riduttori utilizzano ingranaggi elicoidali, usati, in particolare, quando le potenze da trasmettere sono elevate.

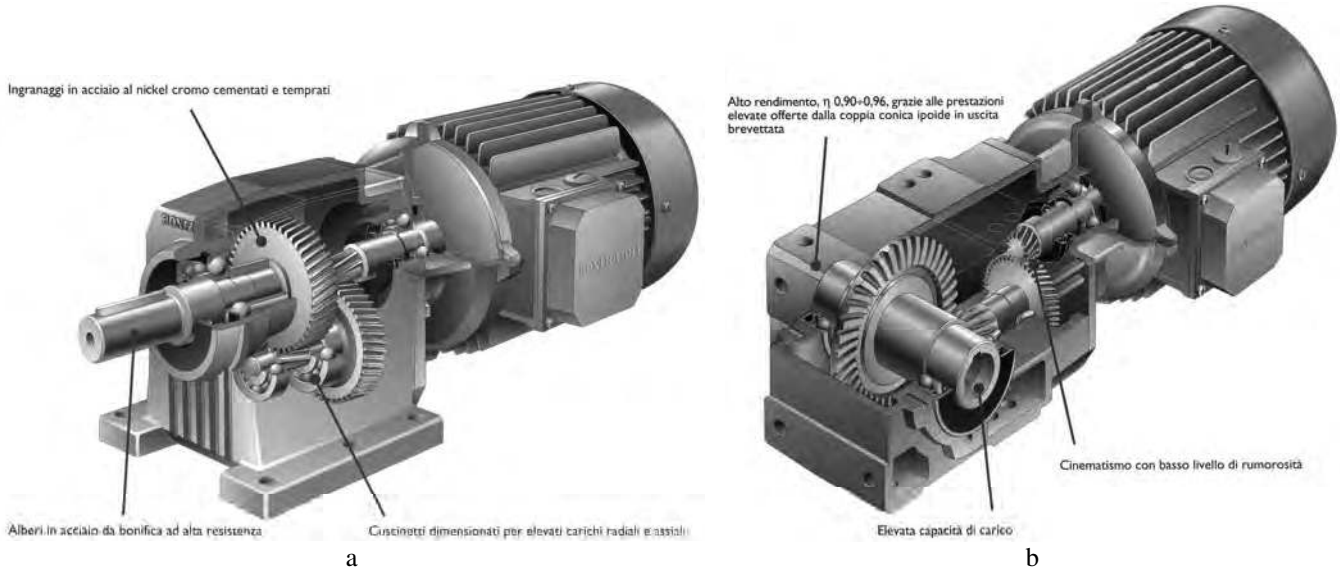


Fig. 7.60 - Esempi di riduttori: a) Tipo coassiale - b) Tipo ad assi ortogonali (Bonfiglioli).

Un altro tipo di riduttore, denominato a vite senza fine, è realizzato accoppiando una vite senza fine con una ruota dentata.

L'albero veloce di ingresso del riduttore è collegato alla vite senza fine, mentre l'albero lento preleva il movimento dalla ruota dentata.

Il rapporto di riduzione della velocità è dato da:

$$R = Z_2/Z_1$$

dove Z_1 è il numero di principi della vite e Z_2 è il numero di denti della ruota dentata.

Utilizzando viti a singolo principio, è possibile ottenere rapporti di riduzione molto elevati, anche superiori a 400:1, pur di accettare una ruota dentata molto grande.

Il rendimento dei riduttori a vite è, in genere, più basso rispetto a tipi a ruote dentate, in quanto il moto relativo tra la vite e l'ingranaggio comporta degli strisciamenti.

Le tabelle di selezione dei riduttori riportano i valori dei rendimenti dinamici η_d per diverse velocità di rotazione della vite (valori indicativi $0,39 < \eta_d < 0,90$).

Per questo tipo di riduttore, di particolare importanza è anche il rendimento statico η_s , che deve essere tenuto in buona considerazione nella scelta dei riduttori, quando l'avviamento del riduttore o del motoriduttore avviene sotto carico.

Infatti, η_s esprime le perdite del rotismo vite-corona nel transitorio di spunto. Superata la fase di inizio moto, il rendimento durante il funzionamento diventa quello dinamico.

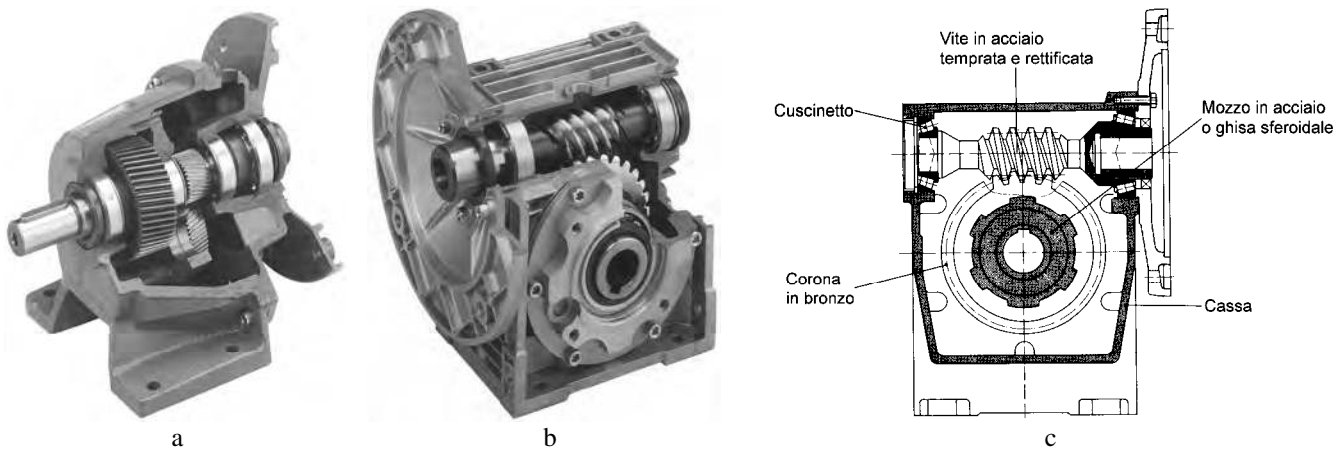


Fig. 7.61 - Esempi di riduttori: a) Tipo coassiale - b) Tipo a vite senza fine - c) Particolari di un riduttore a vite senza fine (Motovario).

Il rendimento migliora utilizzando delle viti a più principi, anche se causa una diminuzione del rapporto di riduzione, rendendolo, così, inutilizzabile, per esempio, nel campo della robotica.

Il rendimento può essere aumentato lubrificando il riduttore e scegliendo opportunamente i materiali della vite e dell'ingranaggio.

Nelle fig. 7.62a e 7.62b sono mostrati due tipi di riduttori lubrificati con grasso sintetico e provvisti di un tappo di carico (superiore) e di un tappo di scarico (inferiore). In alcuni modelli lubrificati con olio a base minerale sono presenti anche i tappi di livello olio.

Qualora il rendimento sia molto basso, si può raggiungere l'irreversibilità del moto, cioè la vite può muovere la ruota dentata, ma non viceversa, presentando il vantaggio di eliminare la necessità del freno di stazionamento.

Prima di procedere all'eliminazione del freno, occorre analizzare attentamente il problema, in quanto la presenza di vibrazioni potrebbe diminuire l'attrito tra la vite e la ruota dentata, permettendo il moto in senso inverso, anche se questo sarebbe impossibile in condizioni statiche.

Nella fig. 7.62c è mostrato un nomogramma che consente di determinare la coppia (T), la potenza (P) e la velocità (n) in uscita dal riduttore, ovvero le grandezze meccaniche necessarie all'utilizzatore.

Date due grandezze, è possibile ricavare la terza, congiungendo i valori di riferimento con un righello.

Qualora sia conosciuto il valore della potenza in ingresso P_1 al riduttore, sarà necessario moltiplicare tale valore per il rendimento η del riduttore, riportato sui cataloghi dei costruttori.

Alcuni tipi di riduttori (motovariatori) hanno la possibilità, agendo su di un volantino esterno oppure mediante un motore elettrico o un cilindro pneumatico, di regolare la velocità di uscita.

Nei cataloghi dei costruttori, è possibile trovare le caratteristiche tecniche, le posizioni di montaggio, i criteri di scelta e le istruzioni per l'uso e la manutenzione.

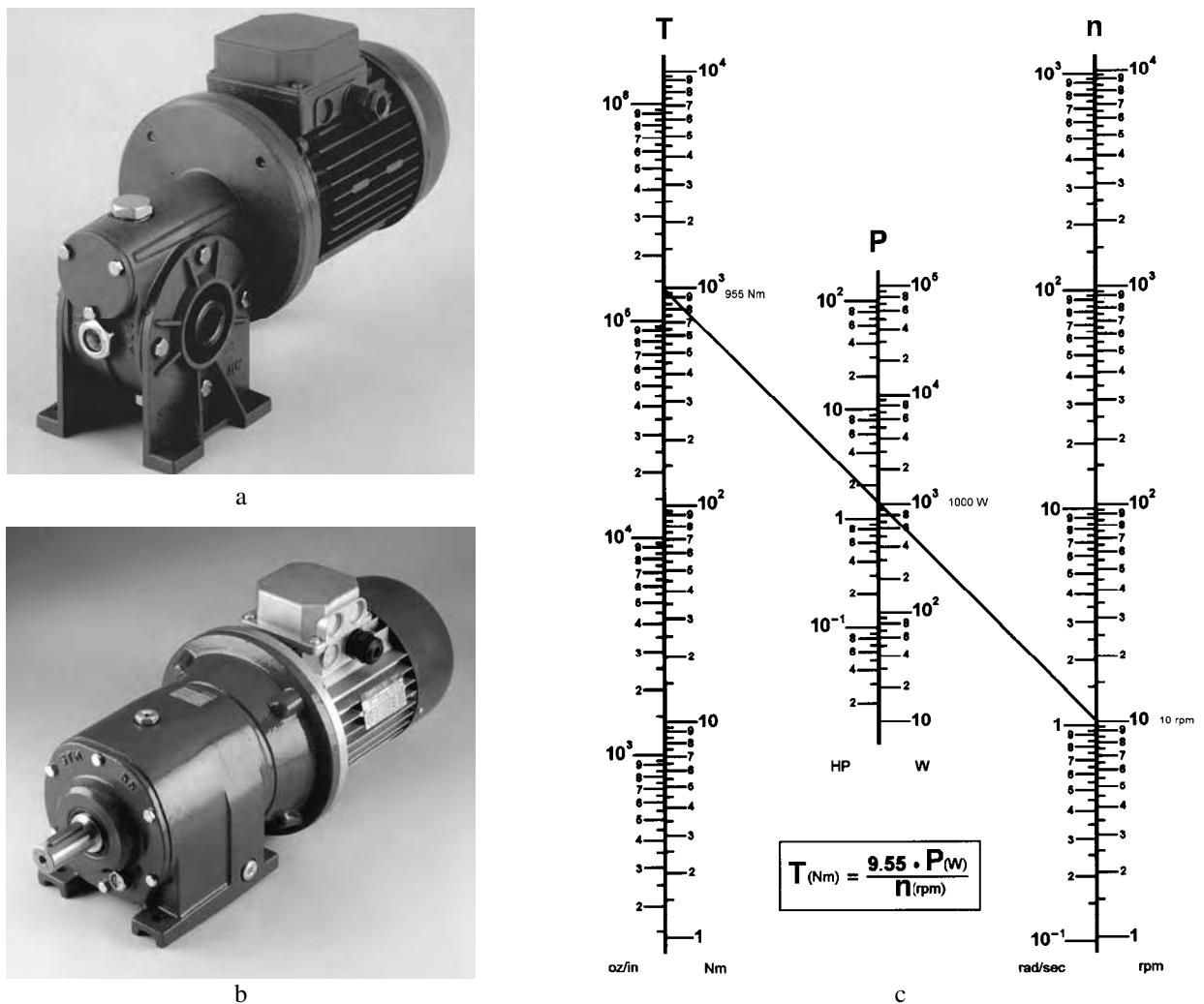


Fig. 7.62 - a) Esempio di riduttore a vite senza fine - b) Esempio di riduttore coassiale - c) Nomogramma, per i riduttori coassiali, per il calcolo della coppia in uscita al riduttore (T), della potenza in uscita (P) e della velocità in uscita (n). Date due grandezze, è possibile ottenere la terza congiungendo i valori di riferimento con un righello (STM).

7.18 Avviatori ad azionamento graduale per motori asincroni trifase (soft start)

Durante l'avviamento di un motore, a causa dello spunto, si verificano grossi assorbimenti di corrente, che, in funzione della potenza installata, possono causare cadute di tensione sull'intera rete di alimentazione, creando problemi ad altre utenze collegate sulla stessa distribuzione, come, per esempio:

- variazione dell'intensità luminosa degli apparecchi di illuminazione;
- interferenze con i sistemi computerizzati;
- diseccitazione di contattori e relè.

Inoltre, in fase di avviamento, le parti meccaniche di una macchina o di un impianto sono fortemente sollecitate da improvvisi aumenti della coppia.

Le soluzioni tradizionali elettromeccaniche (che prevedono l'uso di interruttori protettori, contattori, commutatori) a tensione statorica ridotta, descritte nel Capitolo 8, sono:

- avviamento stella-triangolo;
- avviamento con autotrasformatore;
- avviamento statorico con induttanze o resistenze.

Con queste soluzioni, largamente diffuse, la tensione e, quindi, la corrente ai morsetti del motore sono applicate gradualmente. Sono soluzioni che, in linea di principio, sono sufficienti per soddisfare le esigenze tipiche della maggior parte degli impieghi.

Tuttavia in diverse applicazioni, quando il rapporto tra la coppia di spunto e la coppia di carico del motore non è ottimale, possono nascere dei problemi come quelli citati precedentemente.

L'avviatore statico soft start controlla la tensione, in modo continuo, parzializzandola dalla fase iniziale fino al cento per cento. In questo modo, la coppia e la corrente aumentano entrambe in modo continuo.

L'avviatore statico consente, quindi, un avviamento graduale del motore sotto carico, a partire dallo stato di motore fermo.

I principali vantaggi del soft start sono:

- 1) utilizzo di componenti elettronici di potenza che non presentano parti in movimento (nessuna usura);
- 2) assenza di archi elettrici, rispetto agli avviatori elettromeccanici, durante l'inserzione e la disinserzione dei motori;
- 3) limitazione dei picchi di corrente durante l'avviamento;
- 4) avviamento dolce, graduale e senza strappi, che protegge il motore e la macchina;
- 5) adattabilità della coppia del motore al carico corrispondente;
- 6) assenza di colpo di ariete per le pompe durante la fase di avviamento e l'arresto;
- 7) assenza nell'impianto di urti e shock che potrebbero impedire un processo o ridurne la disponibilità;
- 8) riduzione dell'usura delle cinghie, delle catene, dei meccanismi e dei cuscinetti, con conseguente diminuzione dei costi di manutenzione e di riparazione;
- 9) semplificazione dell'automazione grazie alle possibili regolazioni;
- 10) minore necessità o addirittura eliminazione del rifasamento sui motori alimentati mediante soft start;
- 11) sfruttamento ottimale dell'energia elettrica consumata, con ripercussioni positive sui costi legati alle tariffe elettriche (*energy saving*);
- 12) possibile gestione da personal computer o PLC e mediante una rete di comunicazione (Profibus, DeviceNet, ecc.).

Settore	Applicazione	Vantaggi
Trattamento acque	Pompe centrifughe, pompe sommerse, idrovore	Limitazione delle sovrappressioni nelle condotte, limitazione del colpo di ariete, riduzione delle correnti di spunto
Trattamento aria	Ventilatori, aspiratori, condizionamento, compressori	Limitazione slittamento delle cinghie, riduzione delle sollecitazioni sui riduttori all'avvio, riduzione delle correnti di spunto
Plastica e gomma	Presse ad iniezione per gomma, mescolatori	Riduzione stress meccanici ed elettrici dovuti ai ripetuti avviamenti
Movimentazione	Carri ponte, gru, nastri trasportatori	Limitazione delle pendolazioni dei carichi su gru e carri ponte, limitazione dello slittamento e usura ruote su gru e carri ponte, riduzione dei rischi di caduta e danneggiamento dei carichi in fase di partenza e arresto, eliminazione dei giunti idraulici per smorzare gli strappi in partenza e arresto
Macchine centrifughe	Mulini, separatori	Limitazione degli stress meccanici, limitazione dello slittamento di cinghie, limitazione dei picchi di corrente elevati, eliminazione delle frizioni meccaniche

Tab. 7.32 - Esempi di applicazione dei soft start per motori asincroni trifase.

Gli avviatori statici mettono a disposizione diverse funzioni per poter essere adattati a molteplici casi di impiego: pompe, compressori, nastri trasportatori, impianti di condizionamento dell'aria, ventilatori, agitatori, macchine utensili e così via.

Esiste tuttavia una serie di applicazioni per le quali l'utilizzo degli avviatori statici non è consigliabile.

Sono tutti quei casi in cui, in presenza di grossi carichi inerziali (grandi masse, volani, ecc.) quali si hanno, per esempio, in alcuni tipi di mulini e di frantoi, il motore non riuscirebbe ad avviarsi e a raggiungere il suo numero di giri nominale, a causa della riduzione della coppia provocata dall'avviatore.

Inoltre, l'avviatore soft start, in alcuni casi, può presentare uno svantaggioso costo superiore rispetto agli avviatori elettromeccanici a tensione storica ridotta.

Con l'aiuto delle curve caratteristiche della coppia del motore, è possibile spiegare come si può ottenere un avviamento lento del motore.

Confrontando la curva caratteristica del carico con la curva caratteristica del motore, si può vedere che la curva della coppia del motore si trova sempre al di sopra della curva della coppia di carico, fino a quando entrambi i valori non si incontrano nel punto di lavoro, come mostrato nella fig. 7.63a.

La differenza tra la curva della coppia del carico e la curva della coppia del motore è la cosiddetta coppia di accelerazione (T_b). Questa coppia genera l'energia necessaria per far girare il motore e fargli raggiungere la velocità di regime, come mostrato nella fig. 7.63b.

È possibile cambiare la tensione applicata al motore con il controllo del ritardo di fase.

Con l'uso di un semiconduttore controllabile, come il tiristore (SCR), è possibile far passare soltanto una certa percentuale della tensione al motore, ritardando una mezza semionda sinusoidale.

L'istante a partire dal quale il tiristore trasmette la semionda sinusoidale si chiama angolo di accensione α . Se l'angolo α è grande, la tensione efficace applicata al motore è bassa.

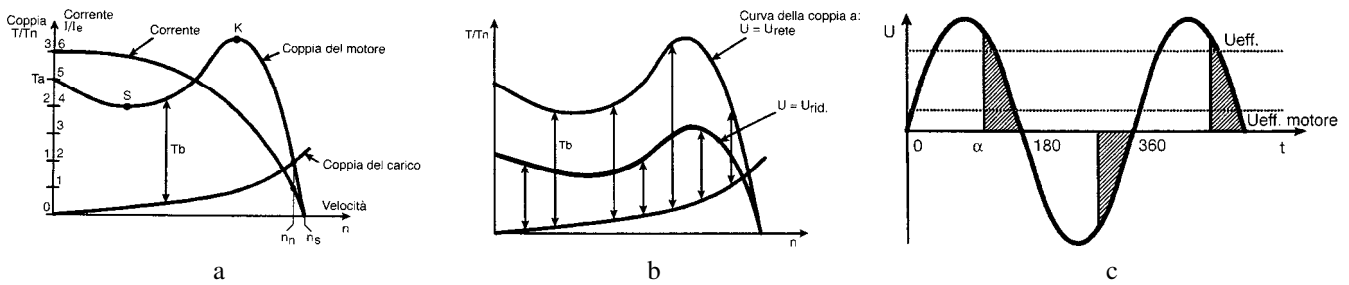


Fig. 7.63 - a) Curve caratteristiche di un motore asincrono trifase e relativo carico - b) Curve della coppia - c) Modifica della tensione di alimentazione.

Se l'angolo di accensione α è spostato progressivamente verso sinistra, il valore della tensione efficace applicata al motore aumenta sino a raggiungere il valore massimo, come indicato nella fig. 7.63c.

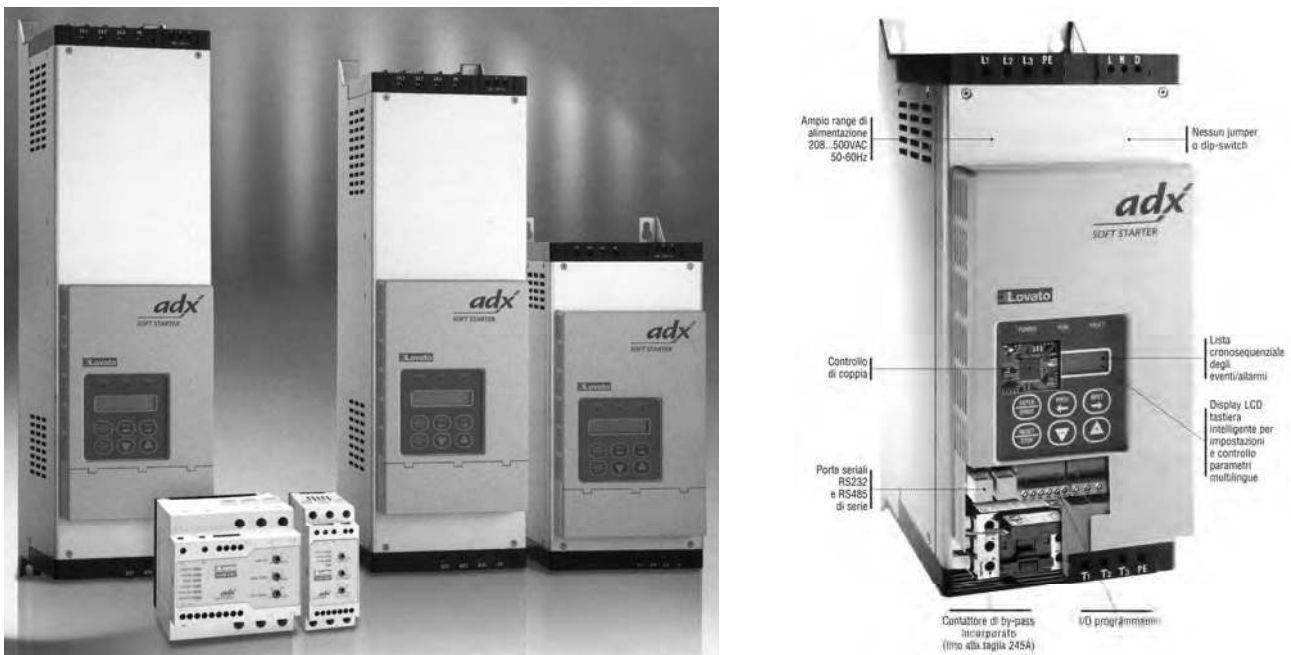


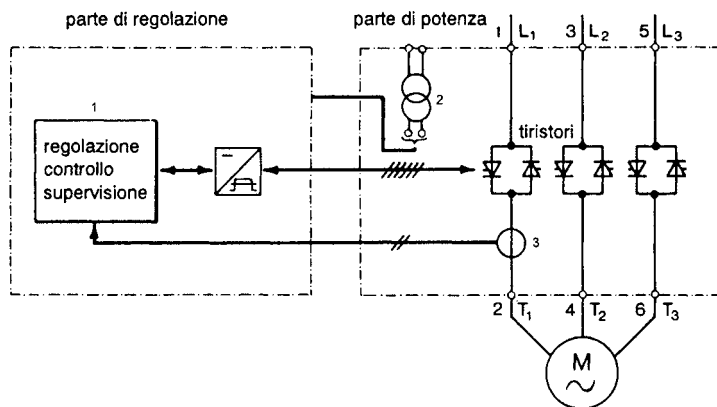
Fig. 7.64 - Esempi di soft start: ADX soft starter (Lovato).

Sono disponibili modelli con tensione di ingresso trifase: 208+500 V $\pm 10\%$ AC; 208+415 V $\pm 10\%$ AC; frequenza di rete: 50/60 Hz $\pm 5\%$; tensione ausiliaria: 208+240 V $\pm 10\%$ AC; taglie da 6 a 1200 A. Le caratteristiche principali sono:

- avviamento e arresto con controllo di coppia, in tempo reale, che consente accelerazioni e decelerazioni efficienti e particolarmente graduali, non sempre garantite da un dispositivo con semplice controllo in tensione o corrente;
- possibile attivazione dell'arresto con frenatura in corrente continua, particolarmente utile come arresto d'emergenza, nei casi in cui, a causa della massa inerziale, il motore si fermerebbe in tempi eccessivamente lunghi;
- contattore di by-pass interno, che semplifica l'installazione, esclude i tiristori di potenza (SCR) dopo che il motore è stato avviato, ottenendo, così, una notevole riduzione della potenza dissipata e consentendo l'utilizzo di armadi elettrici più piccoli e/o senza ventilazione. Inoltre, protegge gli SCR da cortocircuiti nei casi in cui non si utilizzino i fusibili extra-rapidi;
- ingressi-uscite digitali-analogiche configurabili, tra cui un ingresso che può essere programmato per la protezione termica di motori predisposti con sonda PTC, l'avvio e l'arresto automatico dei motori in funzione di sonde di temperatura Pt100, il controllo esterno della rampa di accelerazione e/o decelerazione in funzione di un segnale 0+10 V oppure 4+20 mA e l'avvio o arresto automatico dei motori in funzione di un ingresso analogico esterno (per esempio, tramite controlli di livello);
- protezione completa del motore e dell'avviatore garantita dalle funzioni sempre attive come la termica motore, mancanza di fase, frequenza fuori limiti, rotore bloccato, termica avviatore, sovracorrente avviatore, avaria contattore di by-pass, 24 V DC comandi in cortocircuito e da funzioni che necessitano di essere attivate in fase di programmazione, come minima tensione, massima tensione, sequenza fase errata, asimmetria corrente, sovracorrente motore, coppia troppo bassa e avviamento troppo lungo;
- elevata versatilità, possibile grazie anche alle altre funzioni programmabili, come, per esempio, l'avviamento a coppia costante, la soglia di coppia massima, ritardo all'avviamento, reset allarmi automatico, boost all'avviamento (coppia di spunto), preallarme protezione termica;
- orologio datario con batteria tampone per registrazione delle ore totali di funzionamento del motore, impostazione di un tempo di manutenzione a scalare e registrazione cronologica degli ultimi 20 eventi e allarmi;
- tastiera e display alfanumerico per la visualizzazione degli allarmi, dei valori di correnti, tensioni, potenze, $\cos \phi$, energia attiva, coppia, stato termico motore, per la visualizzazione degli allarmi attivi/registrati e per la configurazione dei parametri di funzionamento e per il comando del motore;
- due porte seriali di cui una RS485 per il collegamento con una tastiera remota (simile a quella locale) e una RS232 per la connessione con un personal computer (direttamente o tramite modem) o anche ad un modem GSM con possibilità, al verificarsi di un allarme, di inviare automaticamente messaggi SMS ad un telefono cellulare o a un'e-mail.

Tab. 7.33 - Principali caratteristiche dei soft start riportati nella fig. 7.64: ADX soft starter (Lovato).

Esistono due possibilità per avviare un motore con un avviatore statico, con un **avviamento mediante il controllo della rampa di tensione** oppure mediante un **avviamento con limitazione della corrente**.



La parte di regolazione assicura:

- l'accensione dei tiristori;
- il calcolo delle condizioni di funzionamento mediante microprocessori;
- la memorizzazione e la protezione dello stato termico del motore e dell'avviatore;
- il controllo della rete di alimentazione;
- il controllo delle uscite configurate e configurabili;
- la visualizzazione mediante LED o display a 7 segmenti o LCD;
- la selezione delle funzioni;
- l'alimentazione del circuito di controllo.

Il modulo di potenza comprende:

- 3 moduli con 2 tiristori montati in antiparallelo e le relative protezioni su un apposito radiatore (nei modelli di maggiore potenza dotati di elettroventilatore);
- trasformatori di misura delle corrente (trasformatori di corrente TA);
- un gruppo di ventilazione con le relative sicurezze.

- 1) Funzione di controllo, calcolo e sorveglianza mediante microprocessore.
- 2) Alimentazione del circuito di controllo.
- 3) Trasformatori di misura della corrente (trasformatori amperometrici TA).

Fig. 7.65 - Schema a blocchi di un avviatore soft start per il comando di motori trifase con tensioni normalizzate comprese tra 200 e 500 V e potenza compresa tra 2,2 e 800 kW. Queste apparecchiature sono composte da un parte di controllo montata sulla parte di potenza. Opzioni per la comunicazione in locale o in linea (PLC o PC). Sono fornite, in genere, preregolate e possono essere messe in servizio senza la necessità di alcun intervento ogni volta che sono utilizzate come avviatore.

Con l'avviamento mediante il **controllo della rampa di tensione**, mostrato nella fig. 7.66a, sono regolati il tempo di accelerazione e la percentuale della coppia di pieno carico.

L'avviatore statico, in questo caso, aumenta la tensione ai morsetti del motore in modo lineare, partendo da un valore iniziale prestabilito (tensione iniziale) sino a raggiungere la tensione nominale di rete con tempi variabili, per esempio, da 0,5 a 60 s.

Il valore minimo di tensione applicato al motore all'inizio del processo di avviamento ha come conseguenza una coppia del motore bassa, determinando un processo di accelerazione morbido.

Il valore iniziale della tensione è determinato dalla percentuale della coppia di pieno carico che si vuole avere all'avvio del motore; tale coppia rappresenta la coppia di avviamento del motore.

In alcuni modelli, esiste la possibilità di scegliere tra due profili di rampa di tensione, con tempi di accelerazione e percentuali della coppia di pieno carico regolabili separatamente, indicata come "Rampa#2" nella fig. 7.66a.

Il tempo di accelerazione del motore dipende dalla regolazione della stessa e dalla percentuale della coppia di pieno carico.

Se si sceglie una percentuale della coppia di pieno carico molto alta o un tempo di accelerazione molto breve, si ottiene, in pratica, quasi un avviamento diretto.

Normalmente, si stabilisce prima il tempo di accelerazione (per esempio, circa 10 s nelle pompe) e, quindi, si fissa la percentuale della coppia di pieno carico, in modo che venga raggiunto l'avvio morbido desiderato.

Si noti che il motore, una volta esaurita la rampa di accelerazione, potrebbe non aver ancora raggiunto la velocità nominale o potrebbe averla raggiunta da tempo, essendo questo aspetto legato alla natura del carico e alla sua coppia resistente.

Nel caso dell'**avviamento a limitazione di corrente**, si imposta un valore limite di corrente espresso in termini percentuali della corrente nominale del motore.

Il soft start controllerà la tensione ai morsetti del motore, in modo che la corrente del motore non superi mai questo valore durante l'avviamento.

Solitamente, i valori entro i quali la corrente può essere limitata variano da 50% a 600% della corrente nominale.

Come mostrato nella fig. 7.66b, la corrente sale linearmente con una certa rampa fino a raggiungere il valore massimo prestabilito e, quindi, diminuisce fino al valore nominale I_n ($1 I_n$) al raggiungimento della velocità nominale del motore.

L'avviamento con limitazione di corrente è richiesto dalle società fornitrici di energie elettrica nel caso in cui si debba collegare alla rete di alimentazione un motore di grandi dimensioni (grossi ventilatori, pompe).

Nel grafico di fig. 7.66c sono rappresentate le diverse coppie del motore con l'avviamento diretto, con l'avviamento statico con controllo della rampa di tensione e con limitazione di corrente.

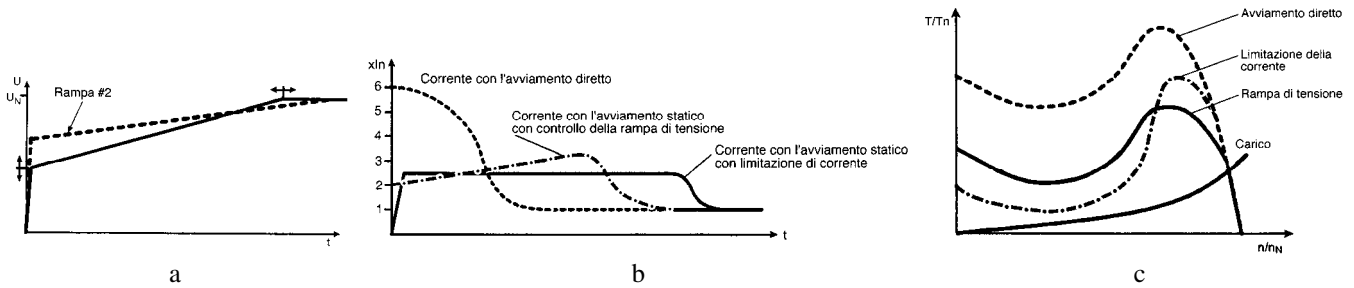


Fig. 7.66 - a) Avviamento mediante il controllo della rampa di tensione - b) Avviamento mediante limitazione della corrente - c) Curve caratteristiche della coppia del motore con avviamento diretto, con limitazione della corrente, con il controllo della rampa di tensione.

I soft start sono caratterizzati, inoltre, dalle funzioni delineate nelle righe che seguono.

Impulso di tensione all’inserzione (kick start). Questa funzione, abbinata alle modalità di avviamento viste precedentemente, fornisce un impulso di tensione all’avviamento, allo scopo di garantire la partenza del motore anche in presenza di applicazioni che sono caratterizzate da elevate coppie resistenti (frantoi, mulini, ecc.).

Al termine dell’impulso, la tensione scende fino a riprendere la rampa impostata; normalmente, è possibile regolare il valore e il tempo di permanenza dell’impulso. Il valore può essere regolato in un intervallo compreso tra 0% e 100% della tensione nominale, mentre la durata dell’impulso varia normalmente da 0 a 2 s.

Avviamento a piena tensione. Questa funzione è utilizzata in caso di emergenza (per esempio, in caso di un’anomalia di funzionamento dell’impianto), quando, per ragioni particolari, la coppia resistente allo spunto assume valori estremamente alti. In questi casi, questa funzione, che applica la piena tensione per tutta la durata dell’avviamento, consente comunque l’avvio del motore. È possibile usare questa funzione, mediante opportune tarature, e limitare la corrente durante l’avviamento ad un valore massimo (per esempio, di 5,5 I_n).

Arresto dolce. Questa funzione prevede la presenza di una rampa inversa, in modo che, durante la fase di arresto, la tensione di alimentazione del motore non sia subito tolta, ma sia portata progressivamente a zero seguendo la rampa di discesa, con tempi variabili, per esempio, da 1 a 120 s. Questa funzione può risultare particolarmente utile in tutte quelle applicazioni dove è importante controllare la fase di decelerazione, come, per esempio, nel caso di un nastro trasportatore o di una pompa dove brusche frenate possono creare problemi all’impianto.

Controllo pompa. Negli impianti dotati di pompe, si possono verificare sbalzi di pressione ogni volta che vi sono cambiamenti improvvisi di portata, che possono generarsi anche durante la fase di avviamento e di arresto. Queste variazioni così repentine di pressione, definite colpo di ariete, possono mettere a dura prova le tubazioni, i raccordi e le valvole, che, in alcuni casi, possono cedere.

Il soft start dotato di funzione con controllo pompa può essere utilizzato, al posto di costose tecniche meccaniche, per ridurre questo fenomeno. Nei soft start dotati di questa funzione, l’andamento della coppia motrice ricalca esattamente quello della coppia resistente della pompa, minimizzando, in questo modo, la coppia accelerante. In questo modo, è possibile contenere la variazione di portata e, quindi, il colpo di ariete.

In particolare, il motore non accelera linearmente, ma il cambiamento di velocità avviene secondo una curva ad S, come mostrato nella fig. 7.67a. Nel grafico di fig. 7.67b sono rappresentate le curve caratteristiche della coppia con diversi sistemi di avviamento. La curva del soft start con il controllo pompa risulta parallela alla curva caratteristica della pompa, facendo sì che si ottenga una coppia di accelerazione costante.

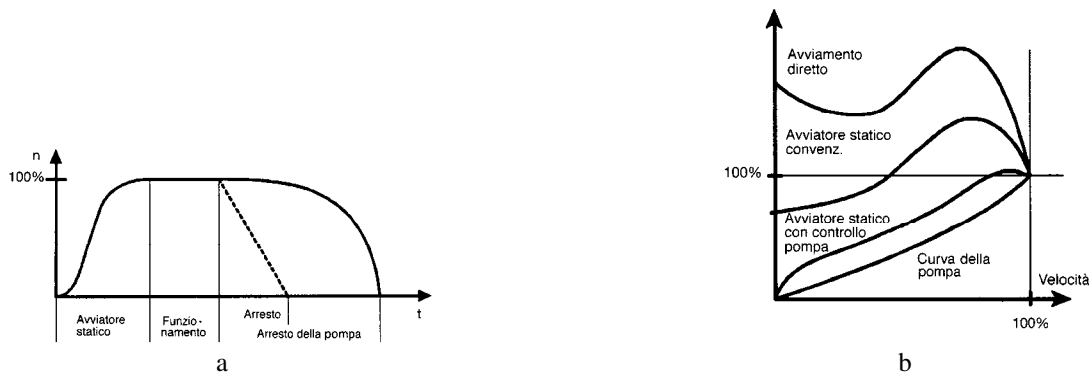


Fig. 7.67 - a) Comportamento della velocità in un soft start con controllo pompa - b) Curve delle coppie durante l’avviamento mediante soft start con la funzione di controllo pompe.

Nel grafico mostrato nella fig. 7.68a, è riportata la curva della portata durante la fase di avviamento, per diverse modalità di avviamento della pompa.

Durante l'avviamento diretto, la portata del liquido, per effetto della pressione, accelera molto rapidamente. Se si raggiunge il 100% della portata del liquido, subentra un notevole cambiamento dell'accelerazione, provocando, così, il colpo di ariete.

Utilizzando un soft start convenzionale, il cambiamento di accelerazione è sostanzialmente minore e, quindi, anche le conseguenze che ne derivano. Solo l'utilizzo di un soft start con controllo pompa, il cambiamento di accelerazione è talmente basso da evitare qualsiasi colpo di ariete.

Anche durante la fase di arresto della pompa si possono creare problemi di sovrappressioni, perché la pompa si ferma rapidamente quando si arresta il motore.

Anche il fluido incompressibile (per esempio, acqua), che è in movimento, deve fermarsi altrettanto rapidamente, provocando forti variazioni di pressione nell'impianto. Se il soft start è dotato della funzione di controllo pompa, si possono evitare brusche variazioni di velocità arrestando il motore lentamente.

Nel grafico mostrato nella fig. 7.68b, è riportata la curva della portata durante la fase di arresto, per diverse modalità di arresto della pompa. L'arresto immediato di una pompa durante la massima velocità del motore può caricare maggiormente l'impianto rispetto all'avviamento diretto. Il controllo della rampa di decelerazione tradizionale non è adatto per il controllo pompe, in quanto la velocità della portata è ritardata solo fino ad un certo grado e, quindi, si potrebbero verificare gli stessi effetti che si hanno durante il funzionamento alla velocità massima.

Un rallentamento ottimale può essere ottenuto solo con un arresto mediante controllo pompa. Questa funzione risulta importante durante l'avviamento, ma è ancora più importante durante l'arresto per eliminare i colpi di ariete.

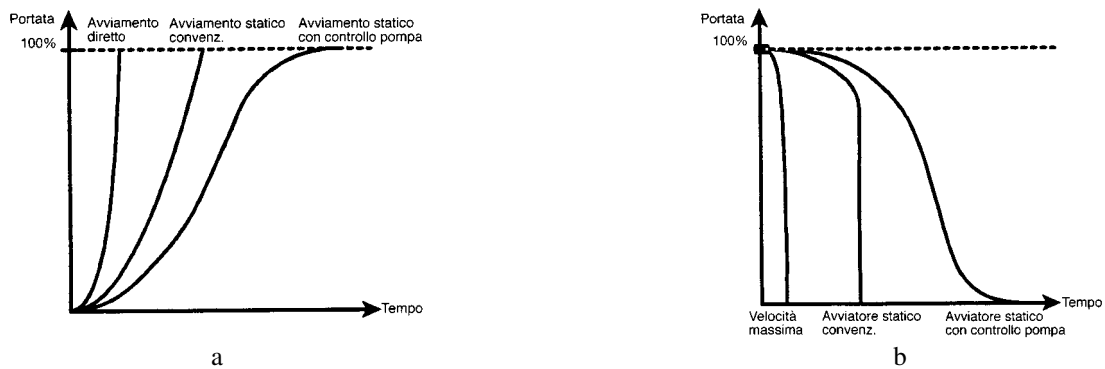


Fig. 7.68 - a) Curve della portata della pompa durante l'avviamento - b) Curve della portata della pompa durante l'arresto.

Frenatura controllata. Questa funzione è usata quando un'elevata inerzia del motore prolungherebbe in modo eccessivo i tempi di frenatura. Normalmente, sono disponibili due tipi di frenatura. Il primo metodo prevede un circuito elettronico che crea una contro coppia che si oppone al moto del motore, frenandolo. Questo tipo di frenatura consente un arresto dolce, come mostrato nella fig. 7.70. Il secondo metodo prevede, invece, una frenatura ottenuta con l'ausilio di un contattore, che comanda un circuito in corrente continua, in modo da creare un contro campo che si oppone al movimento del motore, ottenendo, così, un'azione frenante.

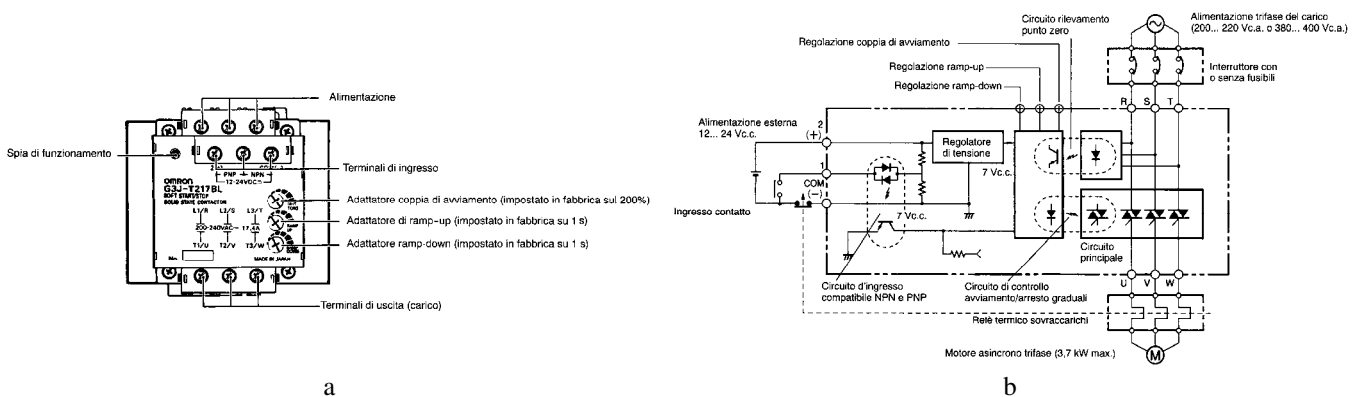


Fig. 7.69 - Esempio di soft start G3J-T (0,75÷3,7 kW): a) Caratteristiche dei terminali. Si notino i potenziometri per l'impostazione dell'avviamento e l'arresto gradual del motore - b) Schema di collegamento (Omron).

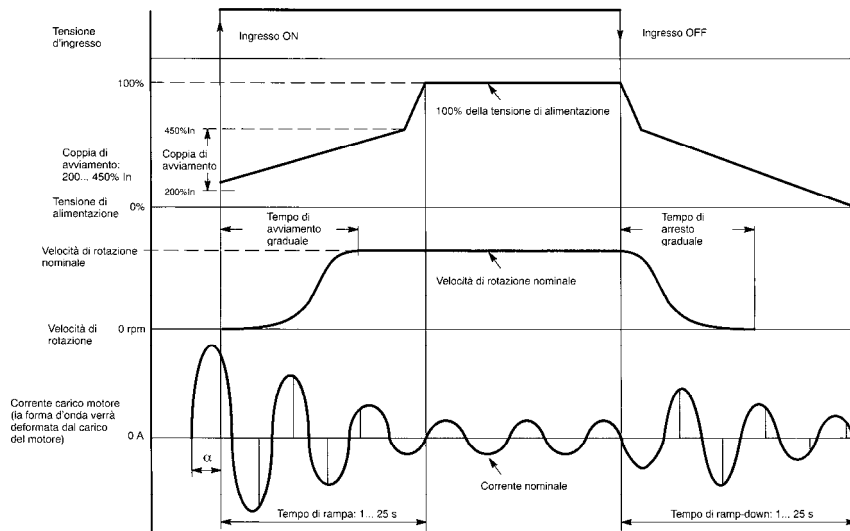


Fig. 7.70 - Caratteristiche di avviamento e arresto graduali di un avviatore soft start (Omron).

Ottimizzazione del fattore di potenza ($\cos \phi$). Una funzione di particolare utilità è quella relativa al controllo del fattore di potenza, e quindi al risparmio energetico (*energy saving*) che ne deriva. In particolare, il problema è registrato quando il motore funziona a vuoto oppure con un carico ridotto.

In queste condizioni di lavoro, il fattore di potenza tende ad assumere valori più bassi, impegnando più energia reattiva per generare il campo magnetico.

Le immediate ripercussioni di questo fenomeno sono l'aumento della bolletta elettrica e la necessità di affrontare ulteriori costi per l'installazione di un impianto di rifasamento.

In un motore parzialmente caricato o funzionante a vuoto, il valore del fattore di potenza è costantemente verificato e ottimizzato dal microprocessore dell'avviatore, che determina un abbassamento della tensione fornita al motore, come mostrato nella fig. 7.71. Ciò consente di ottenere risparmi di energia nell'ordine del 3÷4% per motori di grandi dimensioni, e fino al 10÷14 % per motori di taglia medio-piccola.

Grazie al risparmio energetico ottenuto, è possibile ammortizzare più rapidamente la spesa affrontata per l'acquisto del soft start.

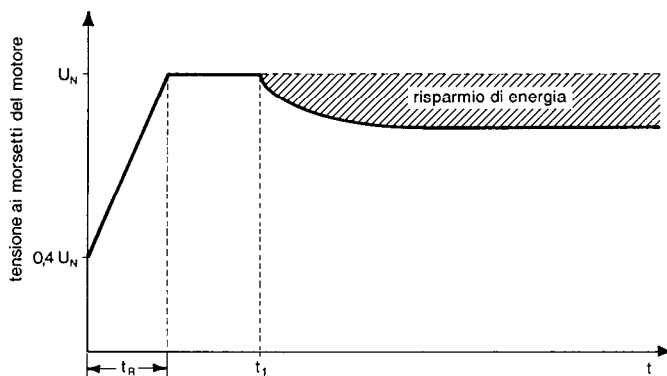


Fig. 7.71 - Funzione di ottimizzazione del fattore di potenza (*energy saving*).

Dopo il tempo di rampa t_R , durante il quale il motore è avviato, si passa al funzionamento normale a pieno carico (segmento orizzontale), quindi, al tempo t_1 , quando il carico del motore diminuisce, l'avviatore regola la tensione ai morsetti del motore, risparmiando energia.

Durante la fase di avvio (t_R), la tensione passa da un valore minimo di $0,4 U_N$ fino a raggiungere la tensione nominale U_N del motore.

Regolazione dei parametri e delle funzioni. L'impostazione dei parametri, come mostrato nella fig. 7.69 e nella fig. 7.72, è effettuata mediante potenziometri e microinterruttori, per mezzo dei quali sono impostate tutte le funzioni e i parametri del soft start.

Alcuni modelli, come quelli mostrati in fig. 7.64, hanno a bordo un display per la visualizzazione dei dati e sono dotati, inoltre, di una piccola tastiera di programmazione.

I modelli più moderni di queste apparecchiature possono essere impostati anche mediante un personal computer, dotato di un opportuno software e attraverso una porta di comunicazione seriale (per esempio, del tipo RS 232).

In genere, questi software consentono un controllo in tempo reale del motore, monitorando grandezze quali, per esempio, la corrente assorbita e la coppia del motore.

In questi casi, è talvolta possibile gestirli da PLC o da sistemi di supervisione mediante reti (per esempio, Profi-Bus e DeviceNet).

L'uso dei soft start è facilitato, inoltre, dalla presenza di appositi diodi LED, che segnalano lo stato di funzionamento e la presenza di eventuali anomalie, come, per esempio, funzionamento regolare (marcia motore), presenza di alimentazione, funzione risparmio energetico attiva, rampa di avvio completata, apparecchio in sovraccarico (limitazione di corrente attiva) e malfunzionamento (intervento delle protezioni).

Nei soft start sono disponibili, in genere, dei contatti a potenziale libero, che forniscono un segnale elettrico relativo, per esempio, allo stato di avviamento (contatto di power on) e al raggiungimento di fine avviamento (contatto di fine rampa).

Quest'ultima segnalazione consente di realizzare facilmente configurazioni di by pass e partenza in cascata di più motori, utilizzando un unico avviatore statico.

Oltre alle uscite a relè, su alcuni modelli come, per esempio, quelli mostrati nella fig. 7.64, sono disponibili anche ingressi e uscite analogiche.

In particolare, gli ingressi analogici (0÷10 V, 0÷20 mA o 4÷20 mA) possono impostare la rampa di accelerazione e/o di decelerazione, le soglie di comando avviamento ed arresto motore, nonché le soglie di comando eccitazione e diseccitazione dei relè programmabili.

Le uscite analogiche (0÷10 V, 0÷20 mA o 4÷20 mA) possono essere utilizzate, invece, per la misura della corrente, della coppia, dello stato termico del motore e del fattore di potenza.

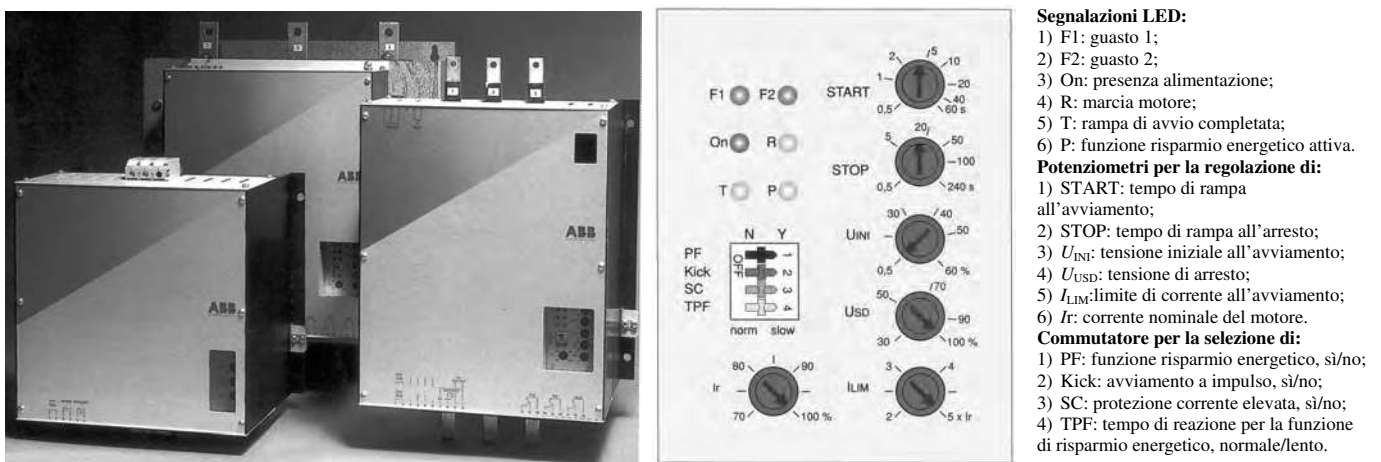


Fig. 7.72 - Esempi di soft start con potenza da 7,5 a 450 kW e relativo pannello di controllo (ABB).

Dimensionamento del soft start e relative apparecchiature. Gli avviatori soft start devono essere dimensionati in base alla corrente nominale del motore.

La scelta del soft start deve tener conto della frequenza di manovra, della temperatura ambiente e delle caratteristiche che deve avere l'avviamento.

In particolare, in tutte quelle applicazioni che richiedono dei tempi lunghi di avviamento e che prevedono carichi pesanti, è consigliato scegliere un avviatore di una o due taglie superiore rispetto a quella scelta considerando solo la potenza nominale del motore.

Un sovradimensionamento dell'avviatore si rende necessario anche in presenza di elevate frequenze di manovra.

Il numero massimo di avviamenti previsti in un'ora che un soft start è in grado di effettuare senza subire declassamenti varia da modello a modello ed è funzione delle sue dimensioni, oltre a dipendere dalla presenza di un dissipatore di calore (dotato o sprovvisto di ventilatore) e dalla presenza del by-pass interno.

Come è possibile osservare nelle fig. 7.73, 7.74, 7.75, il soft start è collegato in serie alle apparecchiature di comando e protezione del motore (fusibili, contattore, relè termico).

Il contattore di linea, se non diversamente specificato, è dimensionato sulla corrente nominale del motore in categoria d'impiego AC3. Il soft start è collegato a valle del contattore di linea, soluzione che è necessaria solo nel caso in cui il soft start non abbia già a bordo i comandi per la marcia e l'arresto del motore o non sia predisposto per ricevere simili comandi dall'esterno. In genere, il contattore, o un altro idoneo organo con caratteristiche di sezionamento, è ugualmente installato per ragioni di sicurezza, al fine di garantire la separazione galvanica dalla rete di alimentazione (infatti, gli apparecchi elettronici non possono garantire tale condizione).

Operando in tal modo, si possono sfruttare al meglio i vantaggi offerti dalla moderna tecnologia elettronica di potenza, mantenendo anche la rispondenza alle prescrizioni delle norme per gli equipaggiamenti elettrici di macchine industriali (IEC 204-1, CEI 44-5).

Il soft start è spesso installato con un contattore di by-pass qualora lo si voglia escludere, una volta superata la fase di avviamento. Nei moderni soft start, il contattore di by-pass è normalmente integrato; in questo caso, si ha il

vantaggio di eliminare dal quadro elettrico una fonte di calore significativa (il calore è prodotto per effetto Joule dai tiristori durante la fase di conduzione).

Inoltre, i contattori elettromeccanici presentano il vantaggio di determinare una minore caduta di tensione rispetto ai tiristori.

Morsetti	Descrizione dei morsetti
1L1, 3L2, 5L3	Ingresso alimentazione di potenza (massimo 440 V o 500 V a seconda dei tipi)
2T1, 4T2, 6T3	Uscita verso il motore
A1/A2, B1/B2	Ingresso alimentazione di controllo (110/120 V - 220/240 V)
11, 12, 14	Uscita relè interno "Marcia/Allarme" (11-12 = NC, 11-14 = NO)
23, 24	Uscita relè interno "Fine rampa"
33, 34	Uscita relè interno "Frenatura in corrente continua"
1, 57	Ingresso comando "Marcia"
2, 57	Ingresso comando "Arresto"
3, 57	Ingresso "By-pass"
4, 57	Ingresso "Marcia ad impulsi"/"Velocità ridotta"
5, 6	Ingresso segnali termistore PTC (valori di intervento: da 2,8 k Ω a 3,2 k Ω), (valori di ripristino da 0,75 k Ω a 1 k Ω)
7, 8	Ingresso segnale di retroazione tachimetrico

Tab. 7.34 - Descrizione dei morsetti degli schemi applicativi di fig. 7.73, fig. 7.74, fig. 7.75 (GE).

Il contattore di by-pass è normalmente dimensionato tenendo conto della corrente di linea, ma considerando la portata in categoria AC1, in quanto è attivato quando la fase di avviamento è già avvenuta e, quindi, deve essere in grado di sopportare solo la corrente nominale del motore.

Qualora il contattore di by-pass sia esterno, esso è inserito automaticamente, mediante un contatto ausiliario del soft start stesso, che commuta solo quando è finita la fase di avviamento.

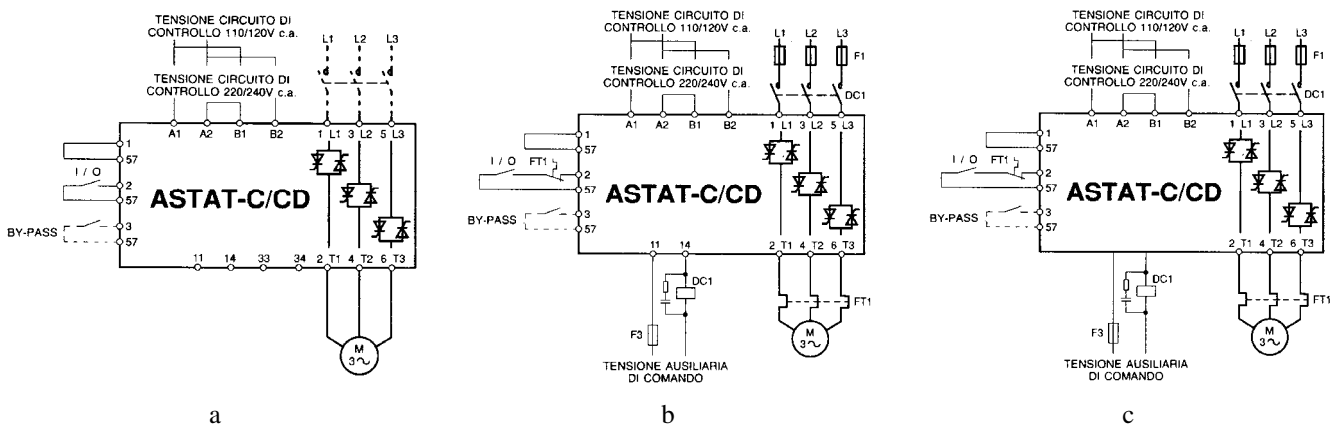


Fig. 7.73 - Schemi applicativi: a) Schema di base con comando di marcia permanente - b) Schema di base con comando a pulsanti - c) Comando di marcia permanente. Legenda: F1 fusibili di protezione tipo gG, DC1 contattore di linea, FT1 relè termico (GE).

All'interno del quadro elettrico che contiene il soft start dovranno essere presi, se necessario, dei provvedimenti atti ad assicurare un efficace e sicuro smaltimento del calore (per esempio, utilizzando appositi filtri e ventilatori).

I dispositivi di protezione presenti nel circuito sono il relè termico, una terna di fusibili (per esempio, del tipo gG) e una terna di fusibili extrarapidi per la protezione dei semiconduttori del tipo aR.

Il relè termico è necessario per proteggere il motore dai sovraccarichi, mentre i fusibili gG servono per proteggere il motore e le apparecchiature del circuito di potenza dai cortocircuiti. Infine, i fusibili extrarapidi per semiconduttori tipo aR sono necessari per proteggere i tiristori del soft start dalle elevate correnti che nascono in caso di cortocircuito, situazione questa a cui i tiristori sono particolarmente sensibili (per eventuali sostituzioni occorre rispettare le indicazioni dei costruttori).

I fusibili gG e il relè termico possono essere sostituiti da un più pratico interruttore automatico salvamotore. In entrambi i casi, la scelta deve essere fatta secondo quanto riportato sui cataloghi dei costruttori.

Il soft start prevede, al suo interno, altre protezioni, come, per esempio, quella contro i guasti ai tiristori, quella contro la mancanza di una fase e l'asimmetria delle fasi e, infine, quella contro le sovratemperature interne.

L'intervento anche di una sola delle precedenti protezioni determina la disattivazione immediata del soft start.

Funzioni di monitoraggio e protezione del motore. Tra le svariate funzioni disponibili sui moderni soft start, oltre alle già citate modalità di comunicazione mediante i più diffusi bus di campo (Profibus, DeviceNet, ecc.) e anche via modem, sono sempre più spesso disponibili svariate funzioni per il monitoraggio e il controllo dei moto-

ri. Queste funzioni consentono al soft start non solo di effettuare l'avviamento dei motori asincroni trifase, ma anche di garantire una completa gestione (protezione, comando, controllo) degli stessi.

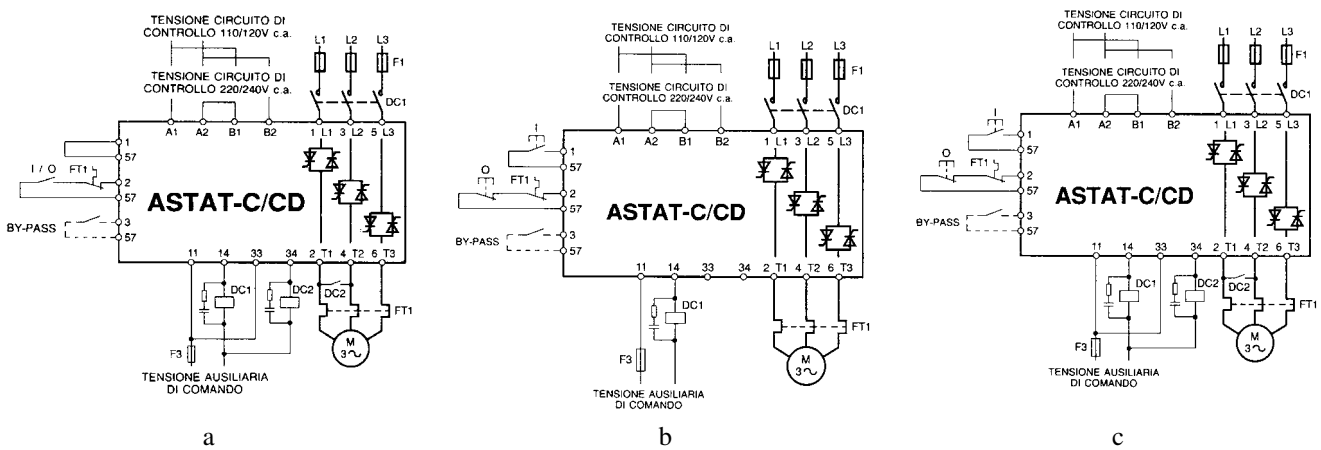


Fig. 7.74 - Schemi applicativi: a) Comando di marcia permanente e frenatura in corrente - b) Comando a pulsanti - c) Comando a pulsanti e frenatura in corrente continua. Legenda: F1 fusibili di protezione tipo gG, DC1 contattore di linea, DC2 contattore per frenatura in corrente continua, FT1 relè termico (GE).

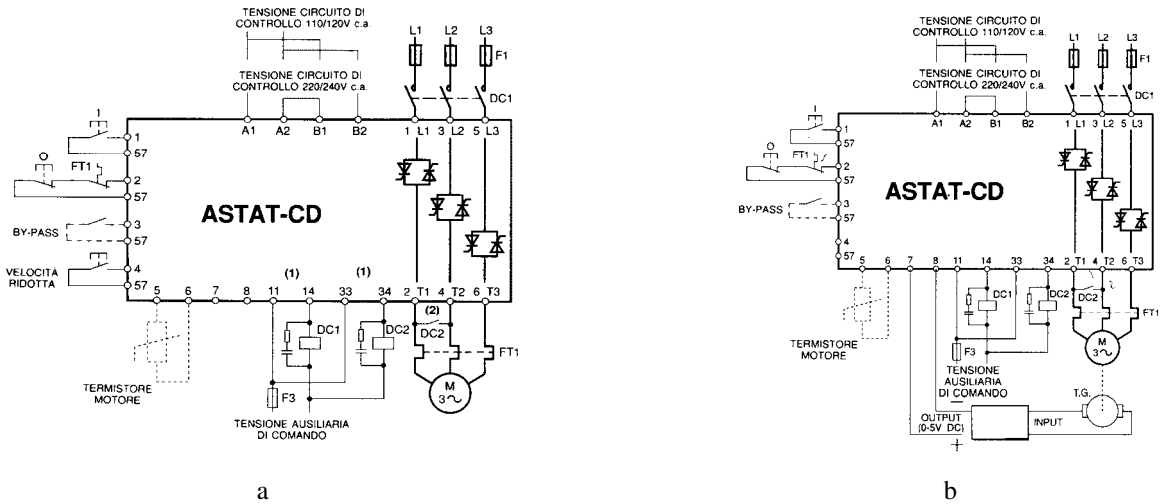


Fig. 7.75 - Schemi applicativi: a) Comando a pulsanti, frenatura in corrente continua e velocità ridotta - b) Comando a pulsanti, frenatura in corrente continua e rampa lineare. Legenda: F1 fusibili di protezione tipo gG, DC1 contattore di linea, DC2 contattore per frenatura in corrente continua, FT1 relè termico, TG generatore tachimetrico (GE).

Tra le funzioni disponibili vale la pena ricordare quella contro il sovraccarico, di tipo elettronico con la possibilità di scegliere diverse classi di protezione termica (l'una per la fase di avviamento e l'altra per il normale funzionamento), quella contro la mancanza di una fase, lo squilibrio di corrente, il blocco o lo stallo del rotore, contro il sotto carico, contro i guasti verso terra, per il controllo della temperatura mediante PTC, contro gli avviamenti troppo lunghi, per il controllo della coppia minima e così via.

Sono disponibili, inoltre, funzioni che segnalano che la tensione di alimentazione ausiliaria è troppo bassa, che l'alimentazione di potenza presenta problemi come la mancanza di una fase, che si sta eseguendo una non corretta sequenza delle fasi e che la frequenza della tensione è fuori limite.

Sono presenti, inoltre, delle protezioni per salvaguardare l'avviatore contro le sovratemperature, le sovracorrenti ed eventuali avarie ai tiristori e al contattore di by-pass.

I moderni soft start sono dotati, in genere, di pannelli con un display LED, o meglio LCD, che consente di visualizzare le correnti assorbite dal motore (anche a livello di singola fase), le tensioni di alimentazione del motore (anche a livello di singola fase), l'eventuale squilibrio presente tra le fasi del motore, il fattore di potenza $\cos \varphi$, la potenza assorbita dal motore, l'energia dissipata, la temperatura del motore, il numero di manovre effettuate, le ore di funzionamento, l'energia assorbita e così via.

I precedenti valori possono altresì essere visualizzati in modo remoto anche tramite bus di comunicazione.

7.19 Azionamenti elettronici per motori asincroni trifase (inverter)

La velocità di un motore asincrono trifase dipende da tre fattori:

- 1) scorrimento;
- 2) numero dei poli;
- 3) frequenza della tensione di alimentazione.

Questi fattori sono legati fra loro dalla relazione:

$$n_0 = 2 \cdot \frac{60f}{p}$$

dove n_0 rappresenta il numero di giri al minuto del campo magnetico rotante (velocità di sincronismo), f la frequenza della tensione di rete trifase di alimentazione, p il numero di poli del motore (qualora questa relazione sia indicata senza il fattore 2 di moltiplicazione, il denominatore p deve essere inteso come numero delle coppie dei poli).

Lo scorrimento s è legato alla velocità effettiva n del motore secondo la seguente equazione:

$$n_0 = \frac{n}{(1-s)} \quad \text{ovvero} \quad n = n_0(1-s)$$

Partendo da quest'ultima equazione e sostituendo in essa il valore di n_0 delimitato nella prima relazione, si deduce che la velocità effettiva n del motore è ottenuta mediante la seguente espressione:

$$n = 2 \cdot \frac{60f}{p} (1-s)$$

Di conseguenza, il numero di giri del motore è direttamente proporzionale alla frequenza, mentre lo scorrimento e il numero di poli sono inversamente proporzionali ad essi. Agendo su uno dei tre parametri è possibile, in pratica, attuare una variazione della velocità. È necessario, però, limitare l'azione sullo scorrimento ai motori con rotore avvolto, poiché su quelli a gabbia l'aumento dello scorrimento determina un indebolimento del flusso magnetico, che potrebbe portare ad un funzionamento instabile.

La variazione del numero dei poli è realizzabile utilizzando motori a più avvolgimenti, ma deve essere pur sempre riferita a valori fissi, proporzionali alle velocità di sincronismo (750, 1000, 1500, 3000 giri al minuto) e, per ragioni costruttive, deve essere limitata ad un numero massimo di tre gradini.

Rimane, infine, l'azione sulla frequenza che è quella che più interessa ai fini di questa trattazione.

Nel motore asincrono trifase con rotore a gabbia di scoiattolo, solo gli avvolgimenti induttori di statore sono alimentati, nel caso classico con una rete trifase. Il risultato è la generazione di un campo magnetico rotante, che induce negli avvolgimenti di rotore, non eccitati e normalmente in cortocircuito, delle forze elettromotrici, e quindi delle correnti, a condizione che il rotore giri ad una velocità inferiore a quella del campo rotante. Tale velocità, come detto precedentemente, è definita velocità di sincronismo.

La velocità utile è inferiore a quella di sincronismo di qualche punto percentuale, valore che è detto di "scorrimento" e che è determinato in funzione della coppia di carico, a parità di altre caratteristiche.

La caratteristica coppia-giri mostra una zona stabile compresa tra la velocità di sincronismo, alla quale la coppia è nulla, e quella corrispondente alla coppia massima. Per coppie di carico superiori a quella massima, il motore rallenta e può arrestarsi. Si può osservare, inoltre, che la coppia di spunto, cioè a motore fermo, è bassa e la corrente assorbita è alta, perché il rotore fermo è come un avvolgimento secondario di un trasformatore in cortocircuito, il cui primario è costituito dagli avvolgimenti di statore.

Il motore asincrono è un motore a velocità sostanzialmente costante, prossima a quella del campo magnetico rotante n_0 (velocità di sincronismo), il cui valore è determinato, come visto precedentemente, solo dal rapporto tra la frequenza di alimentazione f e il numero dei poli p , ovvero:

$$n_0 = 2 \cdot \frac{60f}{p}$$

Di conseguenza, per poter variare la velocità con continuità, occorre variare in corrispondenza la frequenza di alimentazione. La variazione della sola frequenza porterebbe, però, ad un'alterazione del punto di lavoro del circuito magnetico del motore e di alcune caratteristiche del motore.

Così, se si riduce la frequenza, occorre ridurre proporzionalmente la tensione di alimentazione, per non incorrere nella saturazione magnetica. Viceversa, aumentando la frequenza, occorre aumentare proporzionalmente la tensione di alimentazione.

Trascurando gli effetti secondari, la regolazione della velocità di un motore asincrono trifase deve essere eseguita con un'alimentazione avente una caratteristica tensione/frequenza (V/Hz) costante ($U/f = \text{costante}$).

Questo tipo di controllo consente di conservare il flusso del motore costante e di operare intorno al punto di lavoro ottimale prefissato.

Infatti, occorre ricordare che la coppia all'albero T del motore è proporzionale al flusso, ovvero:

$$T = k \cdot \Phi \cdot I_{rot}$$

A sua volta, il flusso è proporzionale al rapporto tra tensione e frequenza, vale a dire:

$$\Phi = k \cdot \frac{U}{f}$$

In definitiva, volendo lavorare a flusso/coppia costante, è necessario mantenere costante il rapporto tra tensione e frequenza: al variare della frequenza è necessario, quindi, cambiare anche la tensione.

Solitamente, si lavora a coppia costante fino alla frequenza nominale del motore, superata la quale è necessario, invece, lavorare a potenza costante e, di conseguenza, riducendo il flusso, la coppia disponibile diminuisce (v. fig. 7.76b). Le caratteristiche di potenza e corrente in funzione della velocità possono avere un andamento costante oppure variabile, come mostrato nella fig. 7.76a. La coppia massima si mantiene costante, nel campo da zero fino alla frequenza nominale (anche se, alle frequenze più basse, è necessario aumentare leggermente il valore della tensione per compensare la maggiore incidenza delle perdite), mentre la potenza cresce in modo lineare.

Oltre la frequenza nominale, alla quale corrisponde anche la tensione nominale (la tensione nominale non è superata per non danneggiare l'isolamento del motore), la coppia massima del motore inizia a diminuire, ma la forma della sua curva caratteristica rimane inalterata, come mostrato nella fig. 7.76b; consentendo una condizione di lavoro con fattore di potenza e rendimento costanti. La potenza rimane, invece, costante fino al valore massimo di frequenza, che non è generalmente superiore a tre volte quello nominale.

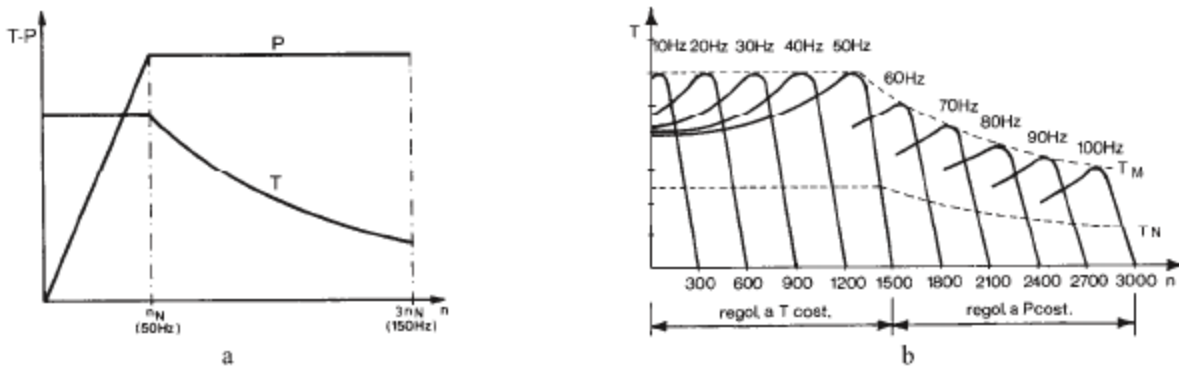


Fig. 7.76 – a) Confronto tra le caratteristiche coppia-velocità e potenza-velocità di un motore asincrono trifase - b) Andamento della coppia massima (T_M) e della coppia nominale (T_N) di un motore asincrono trifase a 4 poli (1500 giri/min.) alimentato a frequenza variabile. Si noti che la relazione che lega la potenza meccanica P , la coppia meccanica T e la velocità n risulta essere $P = T \cdot n$.

La struttura di conversione di potenza, denominata convertitore di frequenza o inverter, deve avere, quindi, un'uscita regolabile in tensione e frequenza. Lo schema di base più utilizzato, mostrato nella fig. 7.79, è costituito da due stadi in cascata: il primo converte la tensione alternata di rete (trifase o monofase) in tensione continua (AC/DC), mentre il secondo effettua una conversione continua/alternata (DC/AC) a frequenza variabile.

Tra questi due blocchi esiste uno stadio intermedio di filtraggio e collegamento, detto "DC link". La struttura complessiva è comunemente chiamata, come detto precedentemente, convertitore di frequenza o inverter.

La conversione AC/DC è realizzata, nel caso più semplice, con un ponte di Greatz controllato (rete monofase) oppure con un ponte totalmente controllato che utilizza sei tiristori (rete trifase). Per la conversione DC/AC è usato, invece, un ponte a semiconduttori controllati come tiristori, transistor bipolari, transistor unipolari MOS-FET e, infine, transistor bipolari a porta isolata IGBT. I transistor a porta isolata IGBT sono una combinazione tra il transistor bipolare e il transistor MOS-FET e possiedono le caratteristiche positive di entrambi, in termini di potenza e di frequenza di commutazione. Essi sono particolarmente adatti per realizzare inverter, grazie alle loro buone caratteristiche di conduttività, all'elevata frequenza di commutazione e alla semplicità di comando.

Negli azionamenti a velocità variabile per motori asincroni trifase, l'impiego di transistor, e in particolare di transistor a porta isolata IGBT, in luogo dei tiristori consente di semplificare i circuiti di comando e di ottenere una modulazione a frequenza molto più elevata della tensione di uscita.

La tecnica di modulazione in ampiezza è quella denominata PWM (*Pulse Width Modulation*): essa consente di ottenere una tensione con un andamento medio praticamente sinusoidale, come mostrato nella fig. 7.77, e una fortissima riduzione delle armoniche superiori. Questa tecnica di controllo prevede, inoltre, la possibilità di generare in uscita una qualsiasi forma d'onda (nel caso più comune quella sinusoidale). Infine, con questa tecnica, i tempi di connessione del carico (motore asincrono) all'alimentazione in corrente continua (all'uscita del convertitore AC/DC) sono modulati in modo da ottenere un valore medio sinusoidale di ampiezza variabile. In realtà, la forma

d'onda della tensione in uscita non è una successione di gradini ideali, bensì di rampe, con rampe in salita. Il valore massimo della tensione in uscita sarà pari a 1,41 volte la tensione di alimentazione dell'inverter.

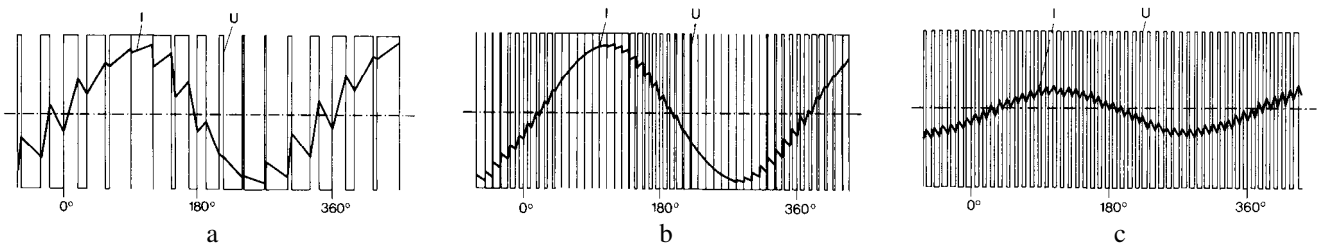
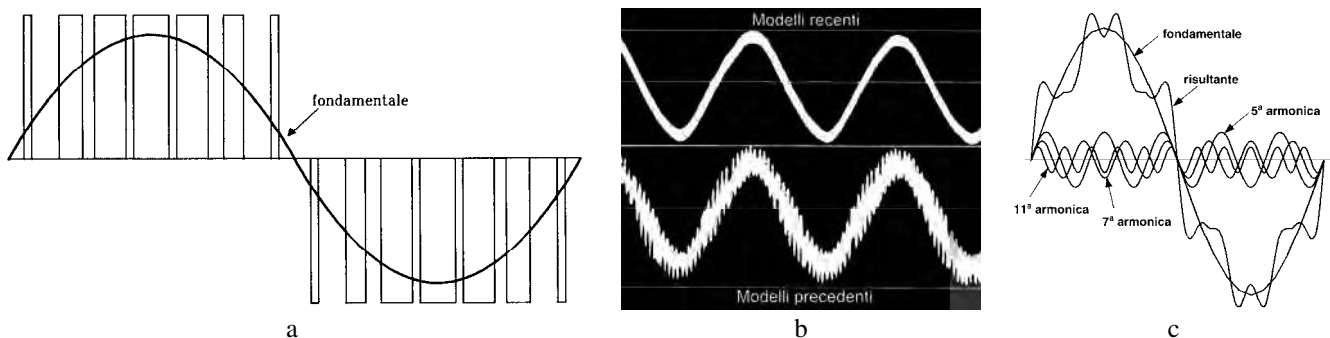


Fig. 7.77 - Ricostruzione della corrente sinusoidale di alimentazione di una fase del motore in corrente alternata, mediante la tecnica di modulazione in ampiezza della tensione: a) Onda sinusoidale ricostruita con 12 commutazioni al periodo - b) Onda sinusoidale ricostruita con 36 commutazioni al periodo - c) Aggiustamento dell'ampiezza di corrente ottenuto agendo sulla durata degli impulsi di tensione.

L'eventuale presenza di armoniche (v. fig. 7.78c) sul motore dà origine ad una coppia di tipo alternativo, che si sovrappone alla coppia di valore medio costante (presenza di oscillazioni della coppia che provocano vibrazioni); le armoniche, inoltre, producono un aumento delle perdite dovute alle dissipazioni parassite (per esempio, nel ferro).

Le coppie alternative possono provocare danneggiamenti per oscillazioni torsionali; inoltre, sono particolarmente pericolose quando il collegamento meccanico fra il motore ed il circuito è realizzato mediante un giunto elastico (la formazione di coppie alternative, oltre che alle armoniche, va imputata anche ad eventuali squilibri della tensione di alimentazione).



I motori asincroni trifase sono studiati per lavorare con tensioni alternate sinusoidali. È possibile alimentare il motore anche mediante una tensione non perfettamente sinusoidale, perché tutte le tensioni periodiche possono essere scomposte in varie tensioni sinusoidali. Queste tensioni sinusoidali hanno frequenze ed ampiezze diverse. Il motore può pertanto essere alimentato dalla tensione sinusoidale fondamentale.

Se la tensione di uscita dell'inverter non è sinusoidale, il motore riceverà queste armoniche di tensione in aggiunta alla tensione della frequenza richiesta (frequenza fondamentale o 1ª armonica). Le frequenze delle armoniche sono 5, 7, 11 e 13 volte superiori alla frequenza di base e le loro ampiezze diminuiscono con l'aumentare della frequenza. Le armoniche causano pulsazioni angolari di coppia (coppie aggiunte), vibrazioni, maggiore rumorosità acustica, un minor rendimento del motore e maggiori perdite in calore del motore.

Questi svantaggi sono particolarmente significativi a basse velocità. Alla velocità nominale del motore, le frequenze armoniche non hanno molta influenza e non ne hanno del tutto quando la velocità è aumentata di una volta e mezza il valore nominale. Ciò è dovuto al fatto che le armoniche presentano frequenze così alte da essere smorzate dalle reattanze degli avvolgimenti del motore.

Fig. 7.78 - a) Esempio di tensione di uscita di un convertitore ottenuta con la tecnica PWM - b) Confronto tra la forma d'onda della corrente in uscita da inverter con tecnologia meno recente con modelli più recenti; in quest'ultimo caso è possibile osservare come questa abbia un andamento molto più sinusoidale - c) Esempio di forma d'onda risultante scomponibile nella sua sinusoide fondamentale dalle armoniche di livello superiore.

Lo schema, riportato nella fig. 7.79, di un inverter a PWM è solitamente del tipo a tensione impressa, con un ponte a trifase di conversione, sui cui rami i transistor bipolari sono portati alternativamente in conduzione. Si noti che l'alimentazione dell'inverter può essere, secondo i modelli, trifase (A) oppure monofase (B).

Il controllo *U/f* non consente sempre rapide risposte di coppia e una precisa regolazione di velocità, in quanto agisce sulla coppia attraverso il controllo del flusso del campo magnetico rotante. Per una verifica più precisa, è necessario utilizzare un tipo di controllo differente, che consenta la regolazione diretta della coppia oltre che del flusso.

Per il controllo della coppia, sono stati perciò studiati degli schemi di controllo della corrente di statore chiamati tecniche di controllo vettoriale. Come per le macchine in corrente continua, è possibile ottenere una proporzionalità diretta tra la corrente e la coppia del motore.

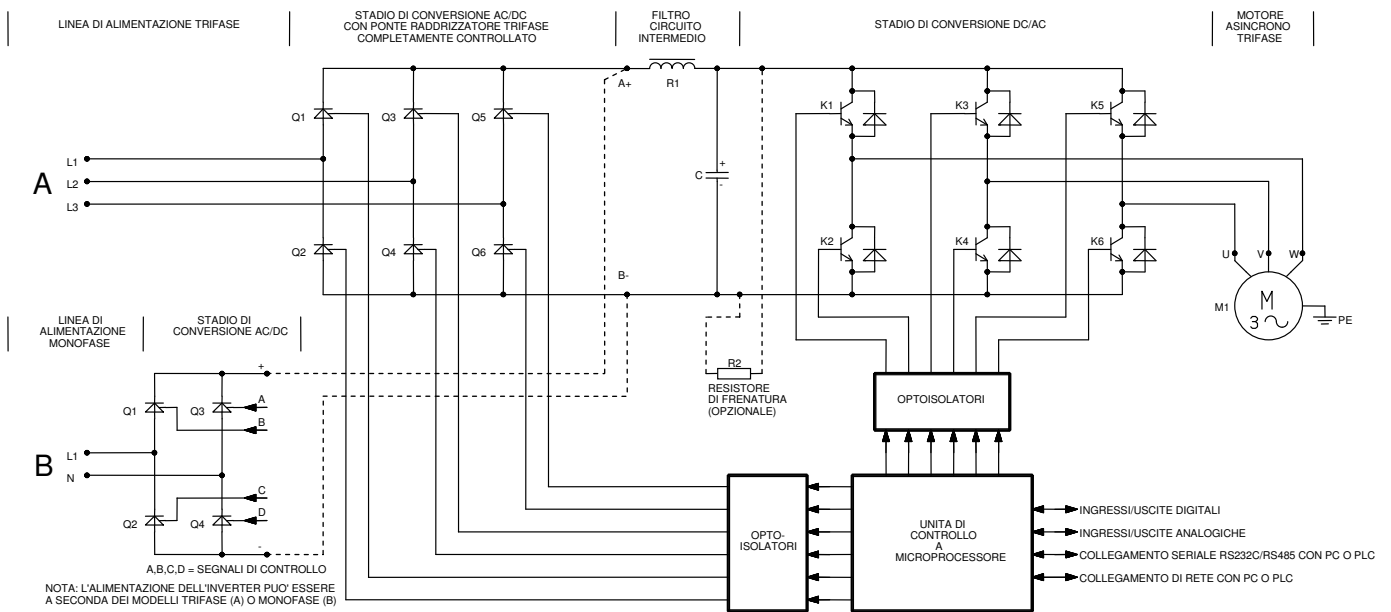


Fig. 7.79 - Schema di principio di un convertitore di frequenza (inverter). Si noti che l'alimentazione dell'inverter può essere, a seconda dei modelli, trifase (A) oppure monofase (B).

Le tecniche di controllo vettoriale sono schemi di controllo più complessi di quelli utilizzati per controllare le macchine in corrente continua, ma consentono di ottenere dal motore asincrono prestazioni elevate.

Come nella macchina a corrente continua, è possibile ottenere una proporzionalità diretta tra la corrente assorbita e la coppia del motore.

Nella modulazione vettoriale è utilizzato il modello matematico di rappresentazione del motore, scomponendo la corrente statorica di un motore asincrono in due componenti in quadratura tra di loro: I_d proporzionale al flusso rotorico e I_q proporzionale alla coppia elettromagnetica.

Regolando i due valori di corrente in modo indipendente, oltre alla tensione e alla frequenza, è possibile regolare sia la coppia sia il flusso magnetico, tanto da raggiungere quasi le prestazioni di un azionamento in corrente continua. È possibile ottenere una maggiore precisione installando sull'asse del motore un encoder incrementale, che trasmetta all'azionamento l'esatta posizione del rotore.

Di particolare importanza, per ottenere delle buone prestazioni da un controllo vettoriale del motore, è la conoscenza dei parametri del motore che possono essere impostati manualmente (mediante tastiera di programmazione oppure mediante PC) oppure acquisiti automaticamente dall'inverter (*autotuning*).

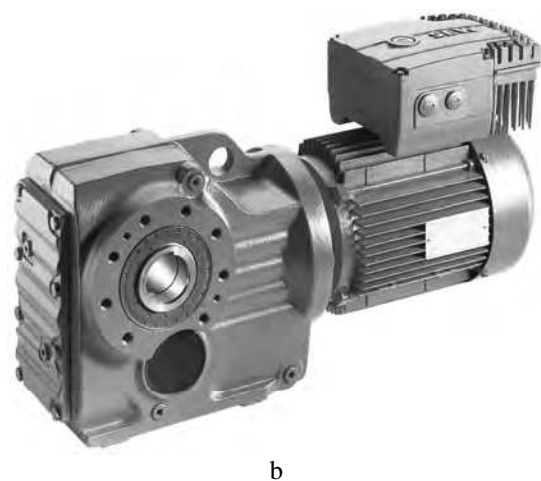
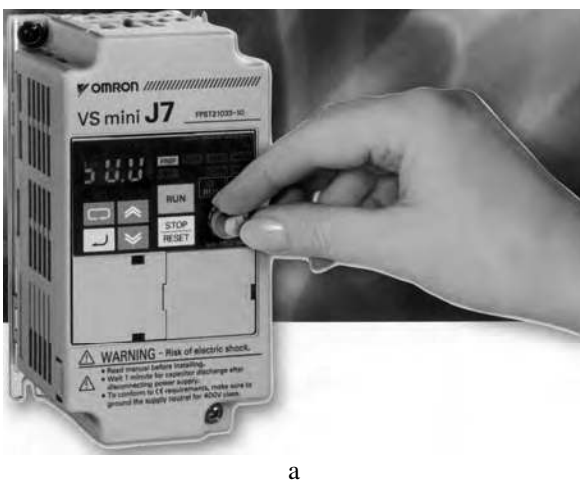


Fig. 7.80 - Esempi di azionamenti per motori asincroni trifase: a) Inverter Omron J7 - b) Esempio di motoriduttore con inverter integrato (Sew). Questa soluzione consente di posizionare l'azionamento non più negli armadi elettrici, ma direttamente nel motore. Gli inverter sono dotati di protezione termica e ambientale adeguata (IP66), nonché di funzionalità specifiche di controllo. Tale soluzione consente di ottenere risparmi sull'installazione e messa in servizio, in particolare se l'azionamento è collegato agli altri azionamenti e al controllo della macchina (PLC) tramite la moderna tecnologia dei bus di campo (per esempio, ModBus, DeviceNet).

Nel funzionamento del motore asincrono come motore, l'energia elettrica fluisce dall'inverter al motore. Il motore, come è noto, ha un suo rendimento η , di conseguenza, presenta perdite che si trasformano in calore, oltre, ovviamente, all'energia meccanica sviluppata all'albero (v. fig. 7.81a).

Durante il funzionamento del motore asincrono alimentato da inverter, si può verificare la frenatura del motore con recupero di energia (ovvero il motore funziona da generatore). La tecnica del recupero di energia, altrimenti detta supersincrona (il moto relativo del rotore supera quello del campo del magnetico rotante, producendo uno scorrimento negativo), è attuata negli inverter quando si riduce la frequenza, riducendo, di conseguenza, la velocità del campo rotante. In questa fase, il motore converte l'energia meccanica assorbita dal suo asse in energia elettrica che, sottrae le perdite anche in questo caso trasformate in calore, deve essere trasferita in rete (v. fig. 7.81b), ovvero si ha l'inversione del verso di trasferimento dell'energia. Anche in questo caso, il rendimento è funzione dello scorrimento. Nel diagramma di fig. 7.81c è mostrato l'andamento della coppia in funzione della velocità nei due casi citati.

Nel funzionamento in modo generatore, la corrente che fluisce dal "generatore asincrono" all'inverter va a caricare il condensatore posto nello stadio intermedio. La tensione può aumentare fino a circa 780 V, dopo di che sono attivati i circuiti di frenatura che alimentano un resistore (resistenza) di potenza, collegato all'esterno dell'inverter, che dissipa l'energia prodotta.

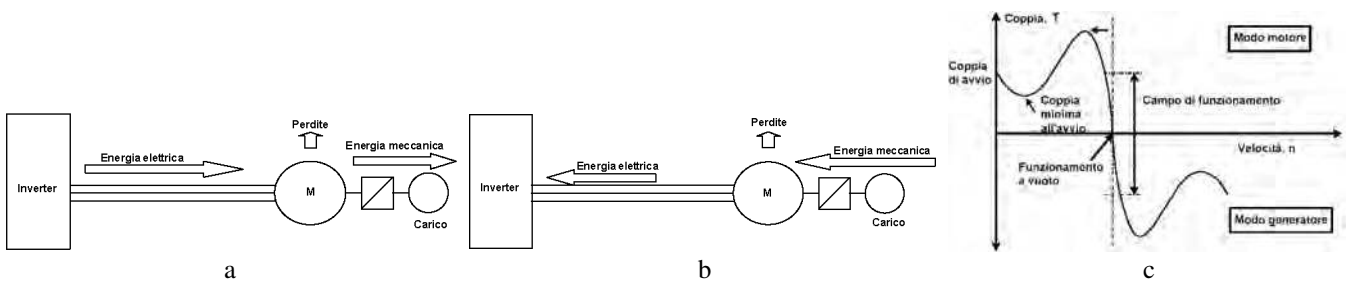


Fig. 7.81 - Funzionamento del motore asincrono: a) Modo motore - b) Modo generatore - c) Diagramma della coppia in funzione della velocità nel modo motore e generatore.

Con un circuito di comando elettromeccanico, l'inversione del senso di rotazione è ottenuta scambiando i collegamenti di due fasi del motore rispetto ai conduttori di linea, perché così si inverte il senso di rotazione del campo rotante. Con un azionamento per motori asincroni trifase i collegamenti non devono essere cambiati, perché è l'apparecchiatura elettronica che, su comando, è in grado di invertire il senso di rotazione del campo magnetico rotante.

Il rendimento di un inverter è molto elevato (v. fig. 7.82a), consentendo, a parità di potenza assorbita dalla linea, di ottenere, sull'albero del motore, una potenza di poco inferiore a quella che si otterrebbe collegando la macchina direttamente alla rete, come mostrato nella fig. 7.82b e fig. 7.82c. Alle basse velocità, il rendimento diminuisce a causa della maggiore influenza delle perdite. L'alto rendimento dell'inverter offre alcuni vantaggi: quanto più alto è il rendimento, tanto minore è la quantità delle perdite sotto forma di calore che dovranno essere eliminate, in particolare, se queste apparecchiature sono contenute in un quadro elettrico. Inoltre, minori perdite consentono anche una loro maggiore durata.

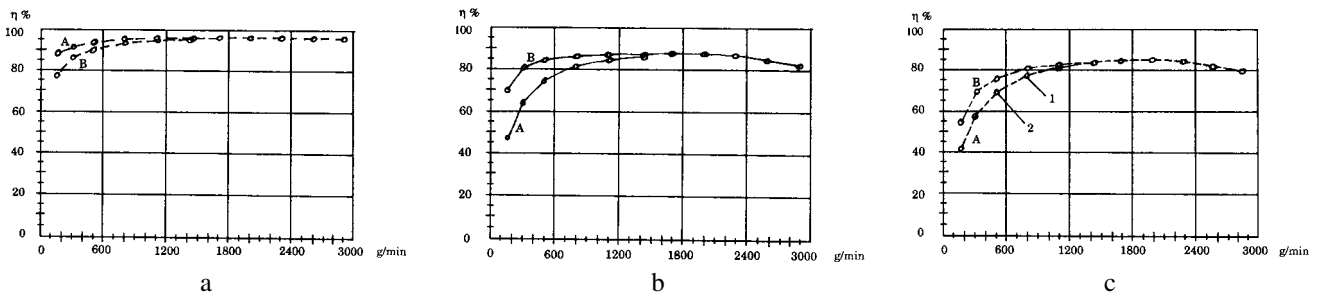


Fig. 7.82 - a) Esempio di rendimento di un inverter con carico al 100% (A) e al 25% (B) - b) Esempio di rendimento tipico di un motore collegato direttamente alla rete con carico al 100% (A) e al 25% (B) - c) Esempio di rendimento complessivo di un inverter e motore con carico al 100% (A) e al 25% (B). Esempi: 1) $\eta=77\%$; 2) $\eta=70\%$.

L'inverter può essere controllato mediante una console di programmazione, oppure mediante degli ingressi digitali o analogici programmabili, mediante treni di impulsi e, infine, mediante bus di comunicazione come Profibus, DeviceNet, Modbus, come mostrato nella fig. 7.83.

L'inverter prevede, normalmente, delle uscite digitali multifunzione, programmabili dall'utente, sia a relè sia a transistor, uscite analogiche standard, sia in tensione (per esempio, 0÷10 V) sia in corrente (0/4÷20 mA), e, infine, risposte ai bus di comunicazione citati in precedenza.

Molte sono le funzioni interne agli inverter, come, per esempio, multivelocità, velocità in funzione di un ingresso analogico in corrente o in tensione o a treno di impulsi, salto di frequenza, multi accelerazioni/decelerazioni, curva di accelerazione ad S, iniezione di corrente continua, funzioni PID, controllo della coppia, risparmio energetico. Le funzioni principali sono descritte nel successivo paragrafo.

Molte sono le protezioni previste all'interno degli inverter, tra le quali è possibile citare la protezione termica del motore, la protezione da sovracorrente istantanea, che interviene quando si supera il 250% della corrente nominale di uscita, la protezione dai sovraccarichi, che interviene quando la corrente raggiunge il 150% di quella nominale per 1 minuto, e la protezione di terra.

L'avvento delle tecnologie digitali a microprocessore consente notevoli semplificazioni nella costruzione hardware degli inverter. Queste apparecchiature sono caratterizzate dalla presenza di dispositivi tipici di un computer o di un PLC, quali memorie RAM, ROM ed EPROM, microprocessori, bus di comunicazioni interni. Inoltre, sono presenti particolari circuiti integrati denominati ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*), che sono dispositivi nei quali parte delle funzioni del circuito interno è determinata dal costruttore dei semiconduttori a seconda delle applicazioni. Tutte le procedure di controllo sono realizzate a livello di software, cioè la complessa circuiteria che realizzava le diverse funzioni negli inverter analogici della passata generazione è sostituita da algoritmi numerici ad elevata affidabilità. Il software può essere progettato con criteri di modularità, consentendo modifiche anche radicali con interventi sui singoli moduli e non sulla struttura globale del programma.



Fig. 7.83 - a) Esempi di segnali tra un PLC e un inverter. Segnali di comando (per esempio, cambio velocità, avviamento/arresto, inversione di marcia). Segnali di controllo (per esempio, corrente, frequenza del motore, frequenza raggiunta). Allarmi (per esempio, motore fermo, sovratemperatura) - b) Collegamento tra un PLC e inverter mediante bus di comunicazione (per esempio, RS485).

Per quanto riguarda la scelta dell'inverter più adatto ad un determinato carico, è necessario conoscere la caratteristica del carico, come illustrato nei paragrafi precedenti. Si dovrà individuare, quindi, l'inverter in grado di sviluppare la potenza necessaria. Quest'ultima può essere calcolata in vari modi. In particolare, un modo preciso e rapido è quello di prendere in esame la corrente nominale I_n assorbita dal motore. Se il motore non è completamente carico, la corrente potrà essere determinata sulla base delle misurazioni eseguite su impianti corrispondenti.

Per esempio, un motore asincrono trifase a 4 poli, con una potenza nominale $P_n = 7,5$ kW, funzionante ad una tensione nominale $U_n = 400$ V, assorbe una corrente nominale $I_n = 15,40$ A (v. tab. 7.16). Sulla base dei dati tecnici, si dovrà scegliere un inverter la cui corrente di uscita continua massima sia superiore o uguale a 15,40 A, con la coppia resistente che può essere costante oppure quadratica. Facendo riferimento alla fig. 7.97a, si potrà optare per l'inverter V1000 ad alimentazione trifase funzionante a 400 V, oppure per il modello 45P5 in grado di erogare, con un carico di lavoro normale, una corrente di 17,5 A riferita ad un motore a 4 poli da 7,5 kW.

7.20 Modalità operative degli inverter

Alcuni inverter devono essere tarati per mezzo di microinterruttori e trimmer incorporati nell'apparecchio. Tuttavia, poiché la polvere e l'elettricità statica possono danneggiare i circuiti elettronici, è molto importante aprire l'inverter il meno possibile. Per questo motivo, molti inverter possono essere azionati e tarati dall'esterno, tramite un pannello (normalmente una tastiera a membrana), sul quale sono riportati i vari dati e mediante il quale è possibile modificare alcuni valori di taratura. Alcuni LED possono completare la console di programmazione (v. fig. 7.84). Gli apparecchi digitali sono tarati mediante i cosiddetti **menu**. Il menu elenca i vari parametri, come, per esempio, il valore limite della corrente. Il numero dei menu varia da un apparecchio all'altro.

Il numero dei menu non è necessariamente legato a una particolare complessità operativa, in quanto è sufficiente utilizzare soltanto alcuni dei menu (per esempio, menu di base), essendo la maggior parte dei valori impostata in fabbrica. Gli inverter sono in grado di segnalare eventuali guasti, permettendo, così, una individuazione dei guasti più veloce. Qualsiasi guasto, derivante, per esempio, da sovraccarico del motore, sovra o sottotensione nella rete di alimentazione, cortocircuiti o dispersioni verso terra, è indicato sul display LCD oppure a LED utilizzato per la programmazione, oppure è segnalato da LED.

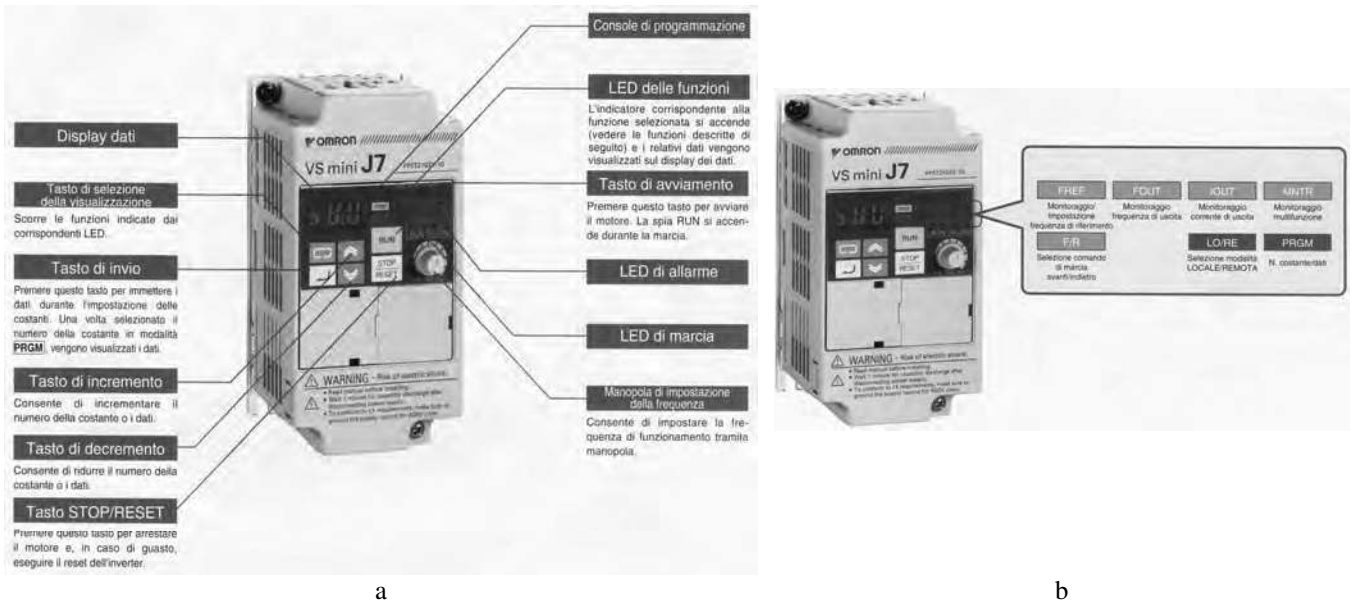


Fig. 7.84 - Console di programmazione a menu di un convertitore di frequenza tipo J7: a) Funzioni svolte - b) LED delle funzioni, l'indicatore corrispondente alla funzione selezionata si accende e i relativi dati sono visualizzati sul display dei dati (Omron).

Display	Indicazione guasti		Programmazione dell'applicazione		Messa a punto del motore
Misura di applicazione	Limite di corrente	Protezione termica motore	Configurazione di base	Marcia ad impulsi [Hz]	Corrente nominale [A]
Frequenza di uscita [Hz]	Sovratensione	Controllo software	Locale/Distanza	Rampa di accelerazione [s]	Potenza nominale del motore [kW]
Tensione [V]	Sottotensione	Mancato funzionamento inverter	Riferimento locale [Hz]	Rampa di decelerazione [s]	Tensione nominale motore [V]
Corrente del motore [A]	Controllo interno tensione		Velocità minima [Hz]		Frequenza nominale motore [Hz]
Coppia del motore [%]	Protezione termica inverter		Velocità massima [Hz]		Velocità nominale (giri/min.)

Tab. 7.35 - Esempi di menu di base per un inverter.

Gli inverter possono essere configurati in modo da operare in svariate modalità di funzionamento e di configurazione; di seguito sono elencate alcune tra le più comuni.

Loop aperto U/f. Deve essere usato con motori standard a corrente alternata. L'inverter applica, in questo caso, la potenza al motore, con frequenze che possono essere variate dall'utente. A causa del carico meccanico, la velocità del motore è data dalla frequenza di uscita dell'inverter e dallo scorrimento. L'inverter può alimentare una serie di motori in parallelo (ogni motore deve essere protetto singolarmente dal sovraccarico mediante un relè termico). L'inverter può migliorare le prestazioni del motore applicando la compensazione dello scorrimento, oppure utilizzando la modalità vettoriale a loop aperto. Esempi di applicazione: trasportatori, pompe, ventilatori, multi motore e così via.

Vettoriale a loop aperto. Questa modalità operativa mantiene costante il flusso, correggendo la tensione applicata al motore in base al tipo di carico applicato. Questo tipo di controllo consente di ottenere la coppia nominale fino a circa 1 Hz. Esempi di applicazione: convogliatori, estrusori, miscelatori, macchine tessili e così via.

Vettoriale a loop chiuso. Deve essere usato con motori standard accoppiati ad un encoder incrementale. L'inverter controlla direttamente la velocità del motore. L'inverter e il motore formano un sistema a loop chiuso, più preciso del precedente, nel quale l'encoder fornisce la retroazione al convertitore. L'inverter, in questo caso, può pilotare, in genere, un solo motore.

I/O (input/output) programmabili. L'utilizzatore può assegnare gli ingressi e le uscite dell'inverter; può definire quali punti I/O digitali o analogici operano e con quali funzioni. Per esempio, l'entrata digitale 1 potrebbe essere definita come velocità preimpostata oppure per il reset dell'inverter. Questa possibilità permette una maggiore flessibilità di utilizzo degli I/O sia digitali sia analogici.

Modalità ingressi analogici. Vi sono normalmente diversi ingressi analogici. Possono essere in tensione (per esempio, 0÷10 V) o in corrente (per esempio, 0÷20 mA oppure 4÷20 mA). Se è selezionata la configurazione di un segnale di corrente, vi sono diverse scelte per il tipo di segnale (per esempio, 0÷20 mA oppure 20÷0 mA). Per esempio, la frequenza di uscita dell'inverter può essere controllata mediante un segnale analogico chiamato velocità di riferimento. Questo valore di riferimento aumenta, analogamente al valore della coppia, con la velocità del moto-

re. Se la coppia del carico è inferiore alla coppia del motore ottenibile con il limite di corrente del motore, la velocità avrà il valore richiesto. Qualora questo non accada, non si potrà raggiungere il valore massimo di velocità richiesto. È possibile impostare, se necessario, l'inverter in modo che esso non si disattivi, se la corrente nominale è superata per un certo tempo prefissato.



Fig. 7.85 - a) Collegamento tra segnale di riferimento (per esempio, 0-10 V) - b) Corrispondente variazione della coppia del motore.

Inversione di marcia. La direzione della velocità dei motori è determinata dalla sequenza delle fasi della tensione di alimentazione. L'inversione del senso di rotazione è effettuata invertendo due fasi. L'inverter può variare il senso di rotazione del motore, cambiando elettronicamente la sequenza delle fasi. L'inversione è ottenuta mediante il riferimento di velocità negativo oppure tramite un segnale di ingresso digitale. Se il motore deve ruotare in uno specifico senso di rotazione, la prima volta che è messo in marcia occorre ricordarsi di controllare i parametri impostati dal costruttore. Poiché l'inverter limita la corrente del motore al suo valore nominale, il senso di rotazione dei motori controllati dagli inverter può essere invertito più spesso di quello dei motori collegati direttamente alla rete di alimentazione. Per lo stesso motivo, l'inversione di marcia mediante inverter richiede più tempo.

Rampe e rampe ad S. Per assicurare un funzionamento lineare del motore, tutti gli inverter sono dotati di funzioni di rampa. Le rampe sono regolabili e limitano, rispettivamente, l'aumento e la diminuzione della velocità di riferimento al valore prefissato (v. fig. 7.86a e fig. 7.86b). Se i tempi di rampa impostati sono troppo brevi, la corrente del motore aumenta fino a raggiungere il limite di corrente nominale. Se il tempo di decelerazione di rampa è troppo breve, la tensione del circuito intermedio può aumentare fino a quando l'elettronica di protezione non interviene disinserendo l'inverter. Normalmente, i tempi di rampa sono determinati in base alla velocità nominale del motore, come mostrato nella fig. 7.86c. Le rampe di accelerazione e di decelerazione possono essere configurate come rampe ad S. Questa modalità rende le partenze e gli arresti più morbidi, che risultano particolarmente utili per carichi delicati. L'utilizzatore può regolare il tempo massimo del cambiamento di accelerazione, consentendo, così, di definire la curvatura della rampa ad S (v. fig. 7.87a).

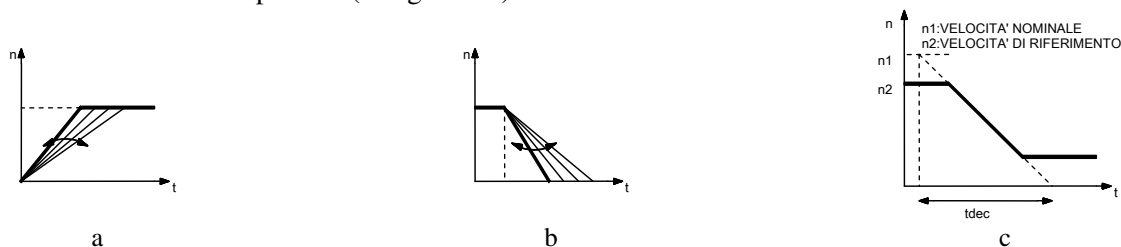


Fig. 7.86 - a) Esempio di rampa regolabile di accelerazione - b) Esempio di rampa regolabile in decelerazione - c) Determinazione grafica dei tempi di rampa.

Velocità preimpostate o multivelocità. È possibile selezionare, mediante ingressi digitali, varie velocità (per esempio, 8), impostabili mediante la console di programmazione o mediante PC (v. fig. 7.87c).

Selezione delle rampe di accelerazione e di decelerazione. Con questa modalità è possibile impostare dei tempi di accelerazione (per esempio, 8) e dei tempi di decelerazione (per esempio, 8) mediante gli ingressi digitali. Tempi possono operare in senso orario oppure anti-orario, come mostrato nella fig. 7.87b.

L'accelerazione indica la rapidità con cui la velocità aumenta e il tempo necessario per consentire alla velocità di raggiungere il nuovo valore è chiamato tempo di accelerazione t_{acc} . La decelerazione esprime, invece, la rapidità con la quale la velocità diminuisce. Il tempo necessario per consentire alla velocità di scendere al nuovo livello è chiamato tempo di decelerazione t_{dec} . Si veda a questo proposito la fig. 7.86c. Poiché il motore segue sempre la frequenza di uscita dell'inverter, è possibile passare direttamente dalla decelerazione all'accelerazione.

Frenatura. Quando si diminuisce la velocità di riferimento, il motore funge da generatore ed è frenato; il grado di frenatura è determinato dalla potenza sviluppata dal motore. Un motore collegato direttamente alla rete di alimentazione può rinviare la potenza di frenata alla rete. Questa procedura non è attuabile con il controllo mediante inverter poiché, in questo caso, il circuito intermedio dell'inverter assorbirebbe la potenza sviluppata durante la frenatura. Quando la potenza di frenata è superiore alla perdita di potenza dell'inverter, la tensione del circuito intermedio aumenta sino a quando l'inverter si disinserisce per ragioni di sicurezza.

Può essere, pertanto, necessario collegare al circuito intermedio un resistore esterno (v. fig. 7.79), nel quale dissipare la potenza di frenata. Utilizzando un'unità di frenatura, è possibile rallentare molto più rapidamente anche carichi notevoli. Se l'inverter dispone di un inverter collegato in anti-parallelo a monte del raddrizzatore, esso potrà rinviare alla rete di alimentazione la potenza frenante, anziché dissiparla mediante i resistori di frenatura.

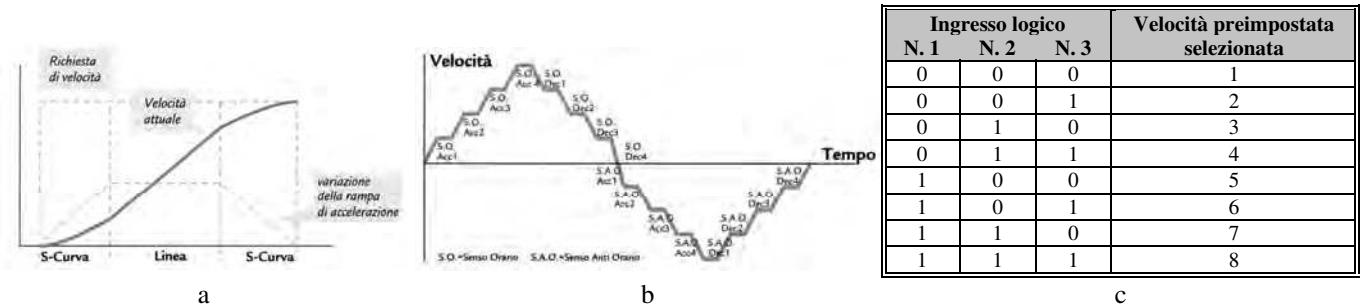


Fig. 7.87 - a) Rampas ad S - b) Rampe di accelerazione e di decelerazione - c) Esempio di modalità di selezione di 8 velocità preimpostate mediante 3 ingressi logici (Control Techniques).

Salto di frequenze. Utilizzando questa modalità, quando è necessario, l'inverter evita che la frequenza di uscita non rientri in un intervallo (range) pericoloso per l'impianto, per esempio, a causa di una risonanza meccanica (v. fig. 7.88a).

Iniezione di corrente continua. Questa modalità è utilizzata quando è necessario che il motore si mantenga fermo (in coppia) prima di partire e subito dopo l'arresto. È ottenuta applicando una tensione continua tra due fasi del motore, che produce un campo magnetico fisso nello statore. La potenza frenante rimane nel motore e, di conseguenza, può verificarsi un surriscaldamento del motore stesso. Per questo motivo, la frenata in corrente continua è adatta soprattutto a frequenze inferiori a 2 Hz. Questa modalità è utilizzata nelle applicazioni in cui è necessario aiutare il freno elettromagnetico del motore nei carichi verticali come, per esempio, per i montacarichi (v. fig. 7.88b).

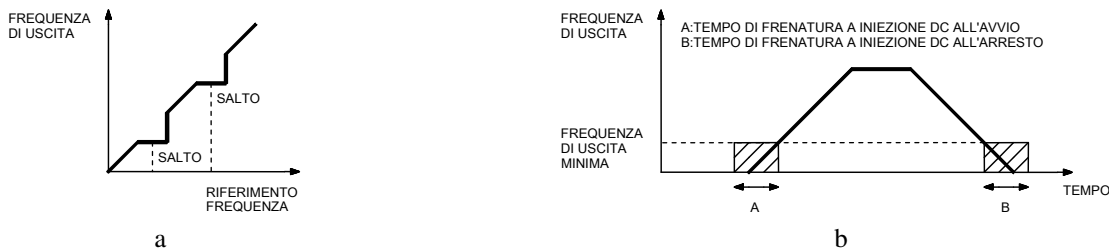


Fig. 7.88 - a) Salto di frequenze - b) Frenatura con iniezione di corrente continua (Omron).

Compensazione all'avviamento e tensione di avviamento. Lo scopo di queste due compensazioni è di assicurare la magnetizzazione ottimale e la coppia massima in fase di avviamento ed a basse velocità. Questo risultato è raggiunto mediante una tensione di uscita addizionale. In questo modo, è ottenuta una compensazione della caduta di tensione sulla resistenza degli avvolgimenti del motore. Questo accorgimento risulta particolarmente utile alle basse frequenze.

La compensazione all'avviamento è una tensione dipendente dal carico, mentre la tensione di avviamento è indipendente dal carico. Se il motore è di grandezza molto inferiore a quella consigliata, può essere necessario applicare una tensione addizionale e, in questo caso, essa dovrà essere impostata manualmente. Se i motori devono funzionare in parallelo, è normalmente preferibile non effettuare la compensazione all'avviamento.

Compensazione allo scorrimento. Lo scorrimento di un motore asincrono è dipendente dal carico e, a pieno carico, equivale a circa il 5% della velocità nominale. Su un motore a 2 poli, lo scorrimento sarà, per esempio, di circa 150 giri/min. Supponendo che un inverter debba far funzionare questo motore a 300 giri/min. (ovvero il 10% della velocità nominale), lo scorrimento sarà pari al 50% della velocità desiderata.

Se l'inverter deve azionare un motore al 5% della velocità nominale, il motore andrà in condizione di stallo (blocco del rotore) non appena sarà caricato. Tuttavia, mediante la misura della corrente nelle fasi di uscita dell'inverter, è possibile compensare tutto lo scorrimento. L'inverter compensa lo scorrimento aumentando la frequenza in base alla corrente attiva.

Controllo PID. Il controllo Proporzionale-Integrale-Derivativo elabora i valori retroazionati dal sistema in modo che corrispondano al valore di riferimento (set-point). Sono applicabili a sistemi di macchine, nelle quali i tempi di risposta siano superiori a 0,1 s.

Il guadagno proporzionale influenza la velocità di raggiungimento del set-point. L'azione di controllo è proporzionale all'errore che esiste tra il set-point e il segnale proveniente dalla retroazione. Aumentando il valore del guadagno, aumenta l'azione di controllo e il sistema controllato potrebbe diventare instabile (oscillazioni).

Il parametro di tempo integrale permette il raggiungimento del set-point, eliminando gli errori a regime presenti tra il set-point e la retroazione. Aumentando il valore del tempo integrale, la risposta del sistema di controllo è rallentata. Il sistema controllato potrebbe presentare sovraelongazioni prima del raggiungimento del set-point. Il valore consigliato per il tempo integrale è attorno al 50% della costante di tempo del sistema. L'azione derivativa è utilizzata per controllare il sistema in modo repentino. Il controllore reagisce immediatamente a rapide variazioni dell'errore. È consigliato tenere un'azione derivativa bassa, per evitare che il sistema diventi instabile.

Applicazione	Controllo	Esempio di sensore utilizzato
Controllo di velocità	I dati sulla velocità del sistema sono recuperati in modo che la velocità di funzionamento del sistema corrisponda al valore impostato.	Generatore tachimetrico
Controllo di pressione	I dati sulla pressione sono recuperati per il controllo della pressione.	Sensore di pressione
Controllo di portata	I dati sulla portata di liquido sono recuperati per il controllo del flusso mediante il funzionamento di una pompa.	Sensore di flusso
Controllo di temperatura	I dati sulla temperatura sono recuperati per il controllo della temperatura mediante il funzionamento di un ventilatore.	Termocoppia/termistore

Tab. 7.36 - Esempi di applicazione in cui è possibile utilizzare la modalità PID (Omron).

Attraverso un controllo PID, in genere, si vuole far rispondere il sistema nel modo più rapido possibile. Per ottenere questo risultato, è necessario aumentare il guadagno proporzionale (che è appunto proporzionale alla differenza fra il riferimento e la retroazione) e ridurre il tempo integrale. Una buona regolazione non presenta, in genere, sovraelongazioni ed ha una buona velocità di risposta.

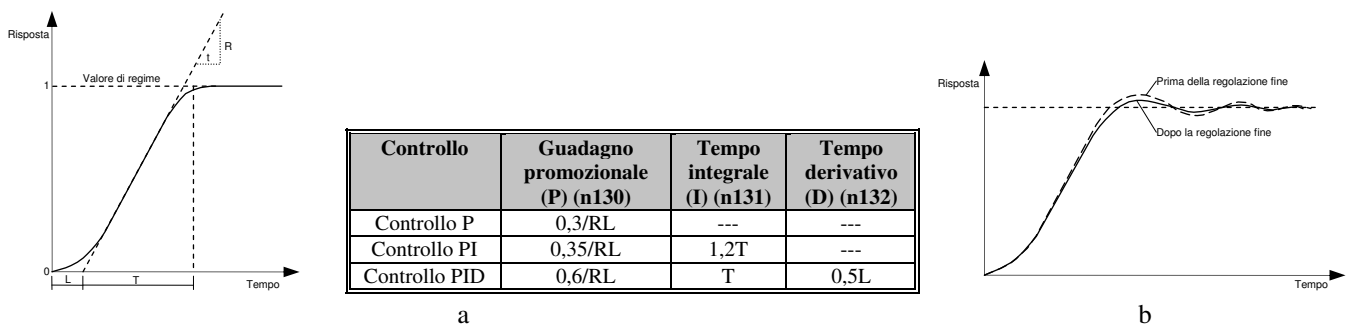


Fig. 7.89 – Impostazioni dei parametri PID in un inverter: a) Nota la risposta del sistema come rappresentato nel grafico in figura, i parametri PID da impostare nell'inverter possono essere calcolati da R, L e T mediante la tabella - b) Una buona regolazione non presenta sovraelongazioni ed ha una buona velocità di risposta (Omron).

Autotuning. L'inverter è in grado di misurare automaticamente la resistenza di statore e l'induttanza del motore. Questi valori consentono all'inverter di stabilire un modello matematico del circuito elettrico equivalente del motore da utilizzare nella modalità di controllo vettoriale. Questa modalità consente di ottimizzare il funzionamento della modalità a controllo vettoriale.

Calcolo del costo della potenza e del consumo. L'inverter, in questo caso, può calcolare il costo istantaneo orario, basandosi sul consumo della potenza e sul costo dell'energia elettrica per kilowattora.

Tempo di funzionamento in marcia. L'inverter è in grado di mantenere in memoria il tempo totale di marcia del motore. Questi dati sono utili per la manutenzione dell'inverter e dell'impianto.

7.21 Installazione degli inverter per motori asincroni trifase

Per quanto riguarda l'installazione di queste apparecchiature, occorre fare attenzione all'ambiente in cui sono collocate, in particolare in relazione alla presenza di umidità elevata, vapori di vario genere e gas. Inoltre, trattandosi di apparecchiature elettroniche, non devono essere esposte direttamente a sorgenti di calore elevato o ai raggi solari. È bene che l'apparecchiatura sia ben aerata e che non sia soggetta ad eccessive vibrazioni.

L'inverter è posizionato, normalmente, all'interno di un quadro elettrico (v. fig. 7.90b) e posto a funzionare ad una temperatura compresa tra -10 °C e 50 °C. Se queste condizioni di lavoro non sono rispettate, occorre utilizzare appositi inverter contenuti all'interno dei motori (v. fig. 7.80b) oppure dotati di apposite custodie con un elevato grado di protezione (v. fig. 7.90a).

Occorre porre particolare attenzione quando si effettuano i collegamenti della morsettiera di potenza dell'inverter alla rete di alimentazione (monofase o trifase) e al motore. In particolare, i morsetti L1, L2, L3 (collegamento trifase) oppure L1, N (collegamento monofase) devono essere collegati esclusivamente alla rete di alimentazione; i morsetti U, V, W, invece, devono essere collegati necessariamente al motore asincrono (U, V, W). Una loro eventuale inversione porta inevitabilmente al danneggiamento dell'inverter.

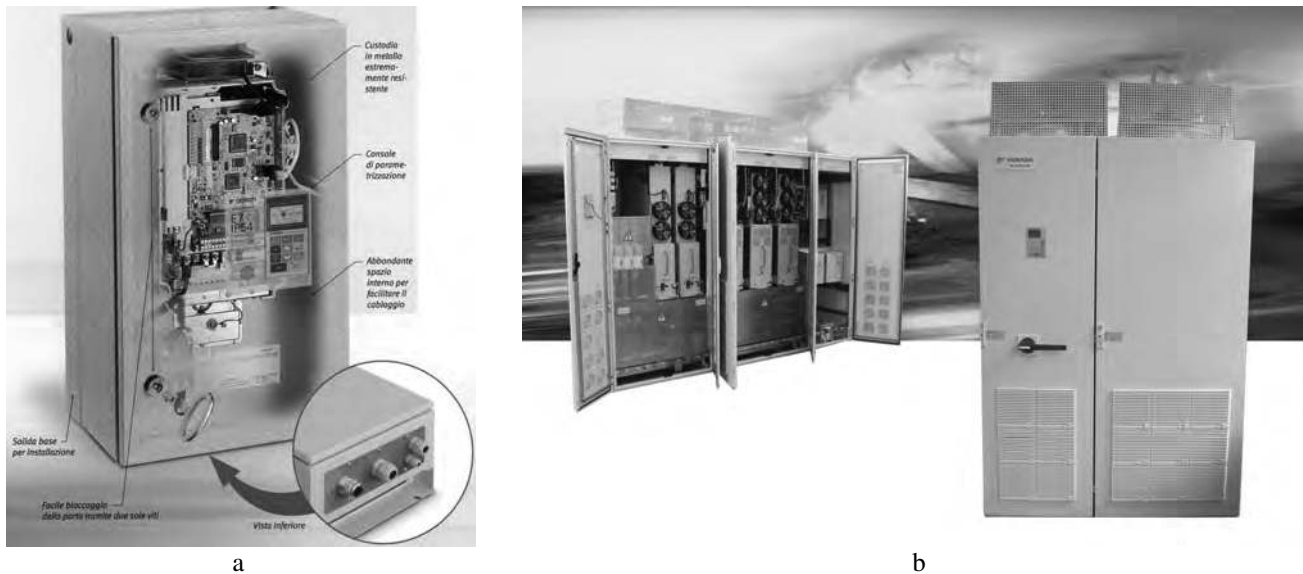


Fig. 7.90 - a) Esempio di inverter per pompe e ventole contenuto in una custodia di protezione con grado di protezione IP54. Esistono versioni con grado di protezione IP65 - b) Esempio di inverter di grande potenza protetto in un quadro elettrico; si noti il sistema di ventilazione per mantenere la temperatura del quadro nei limiti previsti (Yaskawa).

Per i motori asincroni valgono considerazioni simili a quelle per i motori a corrente continua, che saranno illustrati successivamente, in relazione ai problemi legati alle perdite dovute alle forme d'onda non perfette (nel caso del motore asincrono non perfettamente sinusoidali), alla scarsa ventilazione a basse velocità (di conseguenza, il motore potrebbe raggiungere temperature pericolose anche per correnti notevolmente minori della corrente nominale). Di conseguenza, può essere necessario l'uso di un motore con raffreddamento separato.

Il problema del sovrariscaldamento può anche essere risolto utilizzando un motore di maggiore potenza. Tuttavia, si dovrà tenere presente che la grandezza del motore deve essere adeguata alla dimensione dell'inverter.

In generale, non si ritiene necessario il declassamento (circa il 10% della potenza nominale), nel caso di funzionamento a coppia costante, sino al 50% della velocità nominale, mentre al di sotto di questo valore si definisce un limite di coppia che diminuisce linearmente, sino ad arrivare al 40÷50% di quella nominale a bassa velocità. È interessante notare che, se, da un lato, una riduzione della velocità può portare a problemi di raffreddamento, dall'altro, velocità molto superiori a quella nominale della ventola potrebbero incidere notevolmente sul valore della potenza assorbita. I problemi di carattere impiantistico, dovuti ai disturbi introdotti nella rete di alimentazione da parte degli azionamenti per motori asincroni, sono risolti in modo analogo a quelli a corrente continua (per esempio, con filtri di rete). La presenza di forme d'onda non perfettamente sinusoidali oppure un'elevata velocità di rotazione (rotore non ben equilibrato) può generare delle vibrazioni. In questi casi, le vibrazioni possono essere ridotte o eliminate mediante l'utilizzo di materiali antivibrazione oppure con l'uso di giunti elastici.

Normalmente, tra l'inverter e il motore, non è installato un contattore, come mostrato nella fig. 7.94. Qualora fosse necessario procedere all'installazione di un contattore, esso non deve essere manovrato durante la marcia del motore ed è collocato a monte dell'inverter, sia per creare il necessario isolamento galvanico, utile, per esempio, in fase di manutenzione, sia per escludere una ripartenza del motore dopo una mancanza di alimentazione.

Gli inverter sono dotati di una propria protezione termica che può sostituire, in genere, un normale relè termico. In alcuni casi, però, è necessario installare i relè termici tradizionali: per esempio, quando i valori di intervento della protezione termica sono incompatibili con le caratteristiche del motore, oppure quando l'inverter alimenta contemporaneamente più motori, oppure se la velocità di lavoro continuativa è inferiore a 10 Hz o superiore a 50 Hz oppure, infine, se il motore lavora con caratteristiche di coppia ridotta.

Un inverter è in grado di controllare più motori collegati in parallelo, come mostrato nella fig. 7.91a. Se le velocità dei motori devono essere differenti, si devono utilizzare motori con diverse velocità nominali, come, per esempio, 1450 e 2850 giri/min. Le velocità dei motori possono essere cambiate contemporaneamente, mantenendo costante il rapporto tra le velocità nominali nell'intero campo di regolazione dei motori.

Tuttavia, la corrente assorbita dai motori non può superare la corrente massima di uscita dall'inverter. I singoli motori possono essere inseriti, disinseriti o il loro senso di rotazione invertito un numero illimitato di volte.

Se la corrente totale di inserimento dei motori è superiore alla corrente massima di uscita dell'inverter, la frequenza di uscita diminuisce. La corrente di uscita dell'inverter può superare la corrente nominale dei singoli motori e, di conseguenza, è necessario proteggere ogni singolo motore con un proprio relè termico o sonda.

Se i motori hanno una potenza nominale diversa, possono nascere alcuni problemi in fase di avviamento e nel caso di funzionamento a bassa velocità, in quanto i piccoli motori sono dotati di uno statore avente una resistenza ohmica relativamente elevata e, di conseguenza, necessitano di una maggiore tensione di compensazione, sia durante l'avviamento sia a bassa velocità.

Il problema può essere risolto aumentando la tensione di avviamento e trovando, in questo modo, una condizione di avviamento accettabile per tutti i motori. Se questa soluzione non è applicabile, si deve sostituire il motore di piccole dimensioni con uno più grande. L'uso di un motore di dimensioni maggiori non richiede necessariamente l'uso di un inverter di taglia maggiore, in quanto la potenza meccanica sviluppata dal motore rimane invariata.

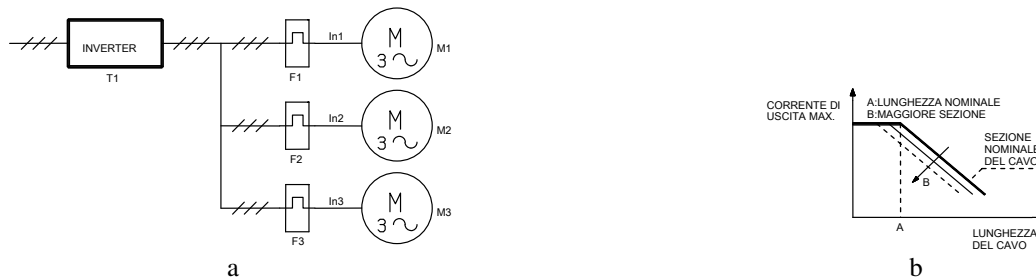


Fig. 7.91 - a) Collegamento di motori asincroni trifase in parallelo - b) La corrente di uscita massima dall'inverter dipende dalla lunghezza e dalla sezione del cavo di alimentazione del motore.

L'inverter e il motore sono collegati normalmente mediante un cavo schermato, la cui schermatura è collegata a terra. Inoltre, in alcuni casi, sono utilizzati appositi toroidi di filtro, sui quali sono avvolte alcune spire dei suddetti cavi, al fine di ridurre i gradienti di tensione in uscita dall'inverter (v. fig. 7.92).

Infatti, il modo di funzionamento dell'inverter provoca ripidi fronti di salita della tensione nel cavo del motore, che possono danneggiare l'isolamento degli avvolgimenti del motore. Questo problema si intensifica con l'aumentare della frequenza di commutazione dell'inverter.

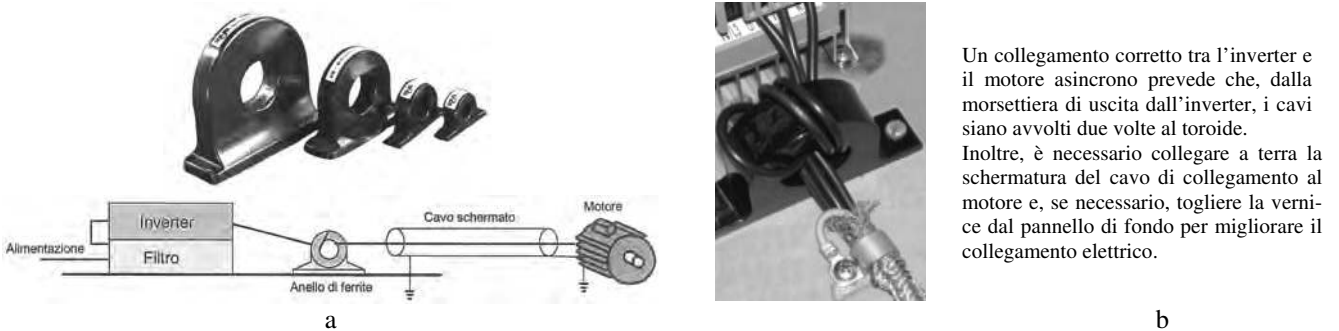


Fig. 7.92 - a) Esempi di collegamento di un toroide di filtro per la riduzione del gradiente di tensione in uscita dell'inverter. Il dimensionamento dipende dalla taglia dell'inverter e dalle dimensioni del cavo in uscita; i valori sono riportati nei cataloghi dei costruttori - b) Tipica installazione.

Per quanto riguarda la lunghezza dei cavi del motore, gli inverter sono realizzati in relazione a cavi aventi sia una determinata lunghezza massima sia una determinata sezione. La lunghezza e la sezione del cavo variano a seconda del costruttore. Quanto più lungo è il cavo, tanto maggiore è il calore generato dall'inverter. Si deve perciò controllare sempre quali sono le lunghezze e le sezioni dei cavi ammissibili per un determinato inverter, in quanto tali valori sono di grande importanza per le sue condizioni termiche.

Quanto maggiore è la lunghezza del cavo o quanto più grande è la sezione dei suoi conduttori, tanto maggiore è la capacità, che, se elevata, fa aumentare le perdite del cavo (è lo stesso motivo che impedisce di alimentare con un inverter un motore dotato di batteria di rifasamento). Di conseguenza, la corrente di uscita deve essere ridotta di circa il 5% per ogni aumento di sezione del cavo; analoga riduzione è necessaria qualora si utilizzi una lunghezza superiore a quella massima prevista per quel determinato inverter (v. fig. 7.91b).

Un vantaggio notevole ottenuto con i motori asincroni alimentati mediante un convertitore di frequenza è costituito dalla possibilità di effettuare avviamenti senza assorbire correnti elevate dalla linea di alimentazione. Infatti,

in un avviamento normale da una rete a frequenza fissa, lo scorrimento del motore varia da 1 (macchina ferma) fino ad un valore molto piccolo, corrispondente a una velocità vicina a quella di sincronismo.

Poiché la corrente assorbita da un motore asincrono aumenta con lo scorrimento quando questo è grande (vicino a 1), anche la corrente è molto elevata e può raggiungere un valore pari a circa $6\div 7$ volte quello della corrente nominale. L'azionamento consente, invece, mediante un'opportuna regolazione della frequenza della tensione che alimenta il motore, di mantenere lo scorrimento entro limiti accettabili per tutta la durata dell'avviamento, evitando, così, che la corrente raggiunga valori troppo alti.

Questo risultato è ottenuto regolando in modo opportuno i tempi di accelerazione. Gli inverter sono dotati di varie protezioni (per esempio, mancanza di fase, protezione termica) e il loro intervento determina il rilascio dall'inverter e il motore si ferma per moto inerziale. Se necessario, per esempio per motivi di sicurezza, può essere utile prevedere un freno di tipo meccanico.

Si noti che, alimentando il motore con una frequenza sufficientemente bassa, è possibile far sviluppare al motore, in fase di avviamento, la coppia massima (v. la fig. 7.76b); inoltre, in caso di avaria del convertitore di frequenza, è possibile alimentare il motore, facendolo funzionare secondo i suoi dati di targa, collegandolo direttamente alla rete di alimentazione. Quest'ultima soluzione non è applicabile, invece, per i motori in corrente continua, che necessitano sempre di un convertitore che trasformi la corrente alternata in corrente continua.

Qualora il carico sia caratterizzato da un'elevata inerzia e sia necessario un breve tempo di decelerazione, occorre collegare all'inverter un resistore (resistenza) di frenatura (v. fig. 7.93a). Il dimensionamento dipende dalla tipo e dalla taglia dell'inverter.

Per eliminare i disturbi generati dall'inverter verso la rete di alimentazione, è necessario installare un filtro. Il dimensionamento è eseguito secondo il modello e la taglia dell'inverter. Volendo collegare più inverter con lo stesso filtro, il dimensionamento è effettuato in base alle correnti nominali (la corrente sopportata dal filtro deve essere uguale o maggiore della somma delle correnti nominali degli inverter). I costruttori hanno, a catalogo, modelli di resistenze di frenatura e filtri di rete per ogni tipo di inverter (v. fig. 7.93b).

Nel caso si debbano effettuare delle misure della resistenza d'isolamento in un quadro elettrico nel quale sono presenti inverter, occorre fare attenzione ai valori elevati di tensione usati durante la prova, che possono danneggiare i componenti elettronici. Di conseguenza, i morsetti di ingresso e di uscita devono essere cortocircuitati. Se l'inverter è dotato di filtri soppressori, i condensatori del filtro devono essere scollegati (v. fig. 7.93c).



Fig. 7.93 - a) Esempio di resistore (resistenza) di frenatura - b) Esempio di filtro di rete trifase - c) Prima di effettuare la misura della resistenza di isolamento, occorre cortocircuitare e disinserire eventuali filtri.

Nella fig. 7.94 sono riportati due schemi di collegamento relativi a due inverter con alimentazione, rispettivamente, trifase (v. fig. 7.94a) e monofase (v. fig. 7.94b).

Il circuito prevede un interruttore automatico magnetotermico Q1, avente la funzione di protezione contro i cortocircuiti e i sovraccarichi, nonché la funzione di sezionamento del circuito di potenza e ausiliario. È previsto, inoltre, un contattore Q2, azionato mediante un circuito di comando alimentato con il trasformatore monofase T2. Il circuito è provvisto di un pulsante S1 di eccitazione e di un pulsante S2 di diseccitazione. L'inverter T1 è in grado di operare solo se Q2 è eccitato, ovvero quando l'inverter è collegato alla linea di alimentazione trifase o monofase.

Si noti che il contattore Q2 rimane eccitato se il contatto di consenso dell'inverter (SB-SC) si chiude. Tale contatto provvede, aprendosi, a diseccitare automaticamente Q2, in caso di un malfunzionamento dell'inverter oppure qualora intervengano le sue protezioni interne (per esempio, protezione contro i sovraccarichi).

Una volta chiuso manualmente Q1 ed eccitato Q2 mediante la pressione del pulsante S2, è possibile regolare la velocità del motore M1 tramite il potenziometro di riferimento, collegato all'alimentazione interna (+10 V), oppure mediante un segnale analogico esterno ($0\div 20$ mA, $4\div 20$ mA, $0\div 10$ V) proveniente, per esempio, da un PLC. Si tenga presente che è possibile variare la velocità anche mediante appositi trimmer interni (per esempio, minima e massima velocità).

Mediante i contatti S3 (LI1) ed S4 (LI2), è possibile, rispettivamente, far ruotare il motore in senso orario o antiorario. Inoltre, mediante i contatti S5 (LI3) ed S6 (LI4) aperti e/o chiusi, secondo le quattro combinazioni possibili, si può far ruotare il motore secondo 4 velocità preselezionate. Ad analoghi risultati si arriva se, invece dell'alimentazione interna, si utilizza l'alimentazione esterna, come mostrato nella fig. 7.95a.

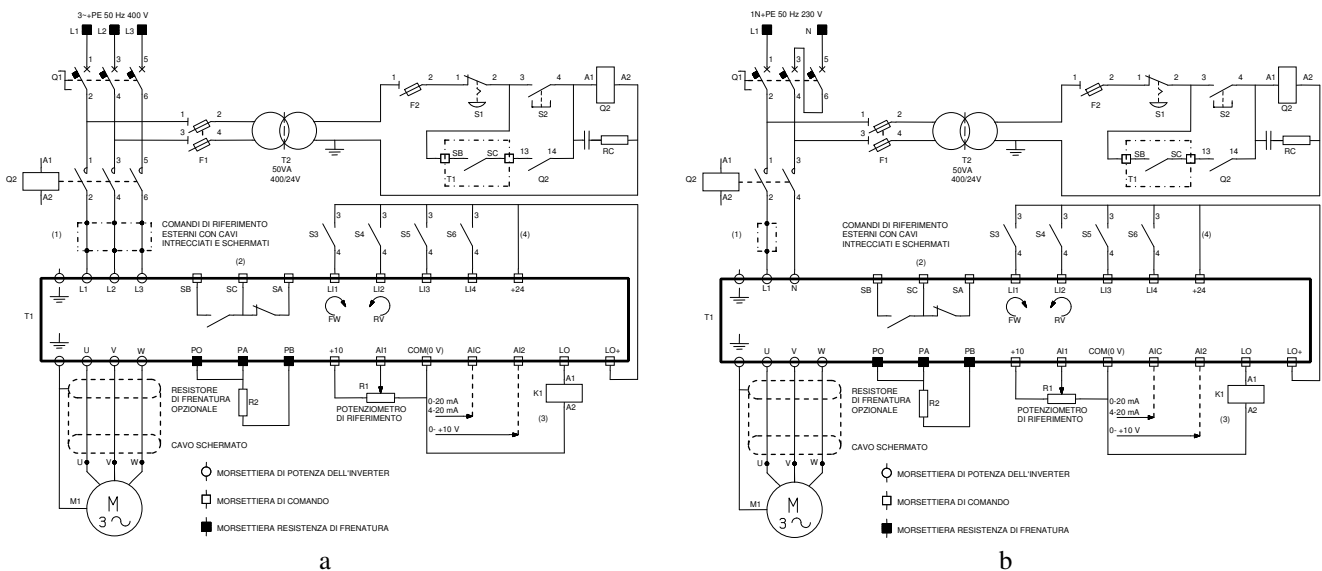


Fig. 7.94 - Esempi di collegamento di un inverter: a) Alimentazione trifase - b) Alimentazione monofase. Gli schemi di collegamento prevedono l'uso di un contattore Q2 che determina o meno il funzionamento dell'azionamento, i circuiti prevedono, inoltre, le protezioni nel circuito sia di potenza sia di comando. Alimentazione interna per i comandi di riferimento digitali.

Oltre al contatto SB-SC, utilizzato nel circuito di comando per abilitare/disabilitare l'inverter, anche il contatto SA-SC può essere utilizzato per segnalare, per esempio, l'eventuale blocco dell'inverter ad un PLC.

Premendo il pulsante di arresto S1, è possibile diseccitare il contattore Q2, che, aprendo i suoi contatti di potenza, toglie l'alimentazione all'inverter e, quindi, al motore, che, di conseguenza, si arresta.

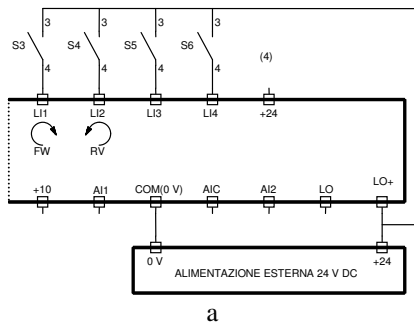


Fig. 7.95 - a) Esempio di alimentazione esterna a 24 V DC per i comandi di riferimento digitali per gli schemi di fig. 7.94 - b) Legenda di riferimento per gli schemi di fig. 7.94.

Qualora il circuito di protezione interna all'inverter non sia ritenuto sufficiente, è possibile installare un relè termico tra l'inverter e il motore M1: un suo contatto, collegato in serie al pulsante di arresto S1, può diseccitare il contattore Q2 e sconnettere l'inverter dalla linea di alimentazione, con il conseguente arresto del motore. Gli ingressi logici LI2, LI3, LI4 possono essere configurati in modo diverso rispetto a quanto descritto precedentemente: possono effettuare, infatti, il comando di marcia "passo-passo" (JOG), l'arresto rapido, l'iniezione di corrente continua. Il morsetto LO (uscita logica) può attivare un relè che segnala il raggiungimento della velocità impostata.

7.22 Caratteristiche principali di un inverter

Sono ora presentate, a titolo di esempio, le caratteristiche del convertitore di frequenza vettoriale per motori asincroni trifase Omron V1000. Questo modello di convertitore, grazie all'impiego di moduli di potenza con transistor tipo IGBT, rappresenta un'ulteriore evoluzione degli inverter convenzionali. Gli IGBT, unitamente al metodo di modulazione PWM, permettono di migliorare sensibilmente la forma d'onda di uscita, rendendola praticamente quasi sinusoidale e tale da ridurre drasticamente il rumore acustico generato dall'inverter e, contemporaneamente, le perdite nel motore. Grazie a queste caratteristiche, si ottiene anche una migliore linearità di rotazione, in particolare alle basse frequenze, un'elevata coppia di avvio e un miglioramento del rendimento del motore (minori perdite).

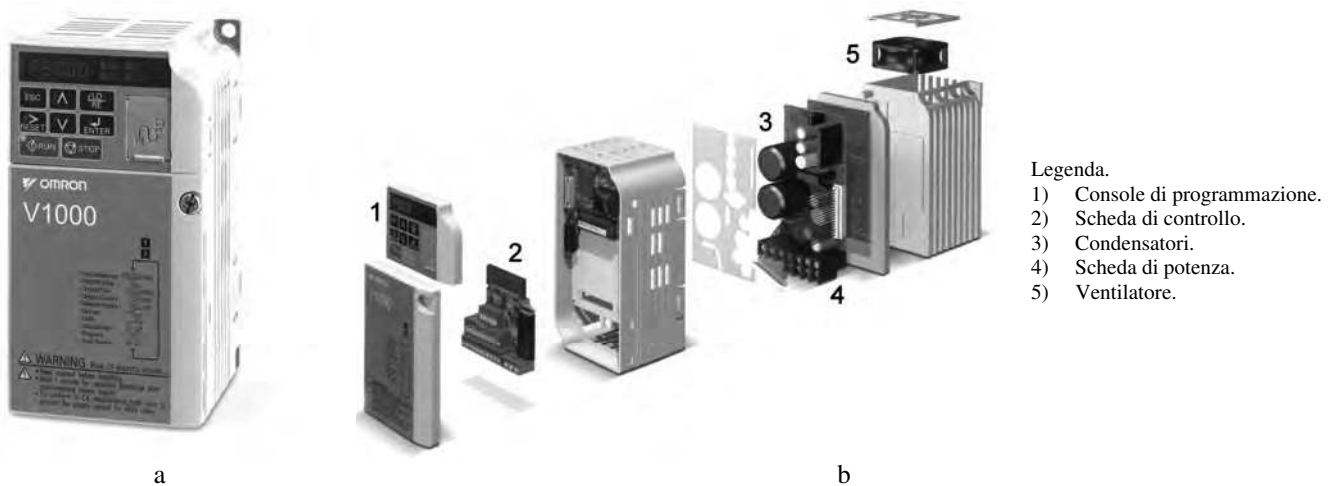


Fig. 7.96 - a) Inverter a controllo vettoriale V1000 - b) Vista interna (Omron).

Sono disponibili modelli con alimentazione sia monofase (220/230 V AC) sia trifase (380÷460 V AC), per potenze che vanno da 0,1 a 15 kW, con una gamma di frequenza di uscita da 0,1 a 400 Hz, come riportato nella fig. 7.97a.

Numerose sono le funzioni software disponibili; sono segnalate, in particolare; la rilevazione di sovracoppia, la selezione di 17 velocità preselezionate, la completa configurabilità di 6 ingressi e di 3 uscite, l'insensibilità alle microinterruzioni (fino a 0,5 s).

La velocità può essere variata anche mediante l'uso di una scheda digitale d'ingresso, controllata direttamente da PLC mediante treno di impulsi. Grazie all'impiego di tecniche digitali, è possibile ottenere una precisa compensazione dello scorrimento contro le variazioni di carico. È incorporato, inoltre, un circuito di frenatura dinamica.

Mediante la tastiera di programmazione, fornita con il convertitore, è possibile, inoltre, monitorizzare la frequenza di riferimento, la frequenza, la corrente, la tensione, la potenza di uscita, la tensione in DC, gli errori e lo stato dei terminali I/O del convertitore di frequenza.

La memoria contiene un software avente funzioni standard, che permettono di effettuare, per esempio, regolazione PID, salto di frequenza, controllo del risparmio energetico, accelerazione/decelerazione con curva a S, corrente di frenatura a iniezione di corrente continua, autotuning, come mostrato nella fig. 7.97b.

Sono disponibili accessori come le schede opzionali, il collegamento in rete con altre apparecchiature, mediante bus di campo standard come, per esempio, Modbus, Profibus, DeviceNet, CanOpen ed Ethernet, oppure accessori per il montaggio. Sono disponibili resistenze di frenatura, che permettono di ottenere tempi di decelerazione del motore molto brevi, e, infine, appositi filtri per limitare i disturbi elettrici.

Per la programmazione degli inverter, l'azienda produttrice ha predisposto, in particolare, il software CX-One che, installato su di un personal computer (PC), permette, per mezzo di un normale collegamento USB e di un adattatore USB/RJ-45, di settare tutti i parametri dell'azionamento.

Il pacchetto consente di definire i parametri di funzionamento degli inverter in modo semplice ed iterativo, senza un'approfondita conoscenza del PC.

Il programma è strutturato a menu a tendine, che consentono la creazione e la gestione della libreria, la parametrizzazione dell'inverter e il controllo ON-Line tramite i comandi RUN, STOP e così via.

La fase di setup, eseguibile sia ON-Line sia OFF-Line, è organizzata su livelli che permettono l'accesso ai diversi parametri di funzionamento: configurazione base, speciali e I/O.

Ogni configurazione può essere archiviata su file in libreria e stampata.

Oltre alle funzioni di configurazione, il programma consente di effettuare il monitoraggio delle variabili di funzionamento in tempo reale (per esempio, corrente assorbita e frequenza di funzionamento).

Il pacchetto è predisposto con una funzione di aiuto (help) in linea sensibile al contesto in cui si sta operando.

Nella fig. 7.97a è riportato lo schema di collegamento dell'inverter V1000, mentre nella fig. 7.97b è riportato il significato dei terminali (morsetti) del circuito principale di potenza e di controllo.

Nello schema elettrico, è possibile osservare come devono essere collegati il filtro di rete, i resistori di frenatura e le reattanze AC e DC, come devono essere usati i cavi schermati, sia negli ingressi sia nelle uscite dei circuiti di controllo, e come deve essere installato il cavo schermato per l'alimentazione del motore asincrono.

L'uso combinato delle reattanze AC e DC, collegate come mostrato nella fig. 7.99b e 7.99c, permette di ridurre in modo considerevole le armoniche generate in presenza di forme d'onda non perfettamente sinusoidale; nella tab. 7.42 (sul CD-ROM allegato) è riportato il tasso di riduzione ottenuto inserendo queste reattanze.

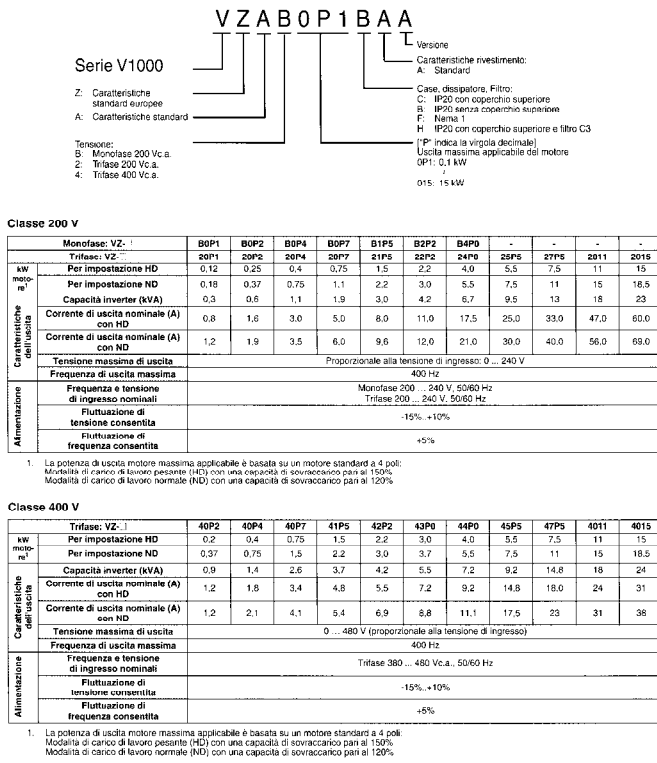


Fig. 7.97 - Inverter a controllo vettoriale V1000: a) Codice di identificazione e modelli disponibili - b) Caratteristiche generali (Omron).

Codice modello	Caratteristiche
VZ -	
Metodi di controllo	Onda sinusoidale PWM (controllo V/f, controllo vettoriale della corrente sensorless)
Intervallo frequenza di uscita	0,1 ... 400 Hz
Tolleranza di frequenza	Valore digitale impostato: $\pm 0,01\%$ (-10 ... +50 °C) Valore analogico impostato: $\pm 0,1\%$ (25 \pm 10 °C)
Risoluzione del valore di frequenza impostato	Valore digitale impostato: 0,01 Hz (a 100 Hz); 0,1 Hz (a 100 Hz)
Risoluzione della frequenza di uscita	Valore analogico impostato: 1/1000 della frequenza massima
Funzioni di controllo	
Valore di sovraccarico	Utilizzo con carico di lavoro pesante: 150% della corrente di uscita nominale per 1 minuto Utilizzo con carico di lavoro normale: 125% della corrente di uscita nominale per 1 minuto
Valore di frequenza impostato	0 ... 10 V (20 k Ω), 4 ... 20 mA (250 Ω), 0 ... 20 mA (250 Ω) Ingresso a treno di impulsi, valore di impostazione della frequenza (selezionabile)
Coppia frenante (coppia massima a breve termine)	Coppia di decelerazione media per brevi periodi: 150% (fino a 1,5 kW), 100% (per 1,5 kW), 50% (per 2,2 kW), 20% (per dimensioni maggiori) Coppia rigenerativa continua: 20% circa (125% con resistenza di frenatura opzionale, 10% ED, 10 s, transistor di frenatura incrociato)
Curva caratteristica V/f	Possibilità di programmare qualsiasi curva caratteristica V/f
Segnali di ingresso	Per i sette segnali di ingresso, è possibile selezionare: marcia avanti/indietro (sequenza a 3 fili), ripristino dopo errore, errore esterno (ingresso a contatto NA/NC), funzionamento a multipulsazione, comando di jog, selezione del tempo di accelerazione/decelerazione, blocco delle basi esterne, comando di ricerca della velocità, comando UP/DOWN, comando di mantenimento accelerazione/decelerazione, selezione della modalità LOCAL/REMOTA, selezione del terminale del circuito di controllo/comunicazione, guasto arresto di emergenza, allarme diagnostica
Segnali di uscita	Sono selezionabili i seguenti segnali di uscita a contatto NA/NC: 2 uscite fotocopacciate: guasto, marcia, velocità zero, raggiungimento velocità, rilevamento della frequenza (frequenza di uscita \leq o \geq valore impostato), guasto rilevamento della sovraccoppia, errore minore, durante blocco delle basi, modalità di funzionamento, inverter pronto per la marcia, durante tentativo dopo errore, durante rilevamento sottotensione, marcia indietro, durante ricerca della velocità, uscita dall'inverso comunicazione
Funzioni standard	Controllo vettoriale ad anello aperto, aumento automatico della coppia per l'intera gamma, compensazione dello scorporo, funzionamento a 17 velocità (max.), riavvio dopo caduta di tensione momentanea, corrente di frenatura a iniezione c.c. all'arresto (50% della corrente nominale dell'inverter, 0,5 s o inferiore), guadagnopolarizzazione frequenza di riferimento, comunicazione MEMOBUS (RS-485/422, max. 115 kbps), tentativo dopo errore, ricerca della velocità, impostazione limite superiore/inferiore della frequenza, rilevamento sovraccoppia, salto di frequenza, commutazione tempo di accelerazione/decelerazione, inibizione accelerazione/decelerazione, accelerazione/decelerazione con curva a S, controllo PID, controllo di risparmio energia, copia costante
Ingressi analogici	2 ingressi analogici, 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA, 0 ... 20 mA
Tempi di accelerazione/frenatura	0,01 ... 6.000 s
Display	Frequenza, valore attuale e impostato a scelta LED di aiuto e di errore
Sovraccarico del motore	Relè di sovraccarico termico elettronico
Sovraccorrente istantanea	Il motore si arresta per inerzia a circa il 250% della corrente nominale dell'inverter
Sovraccarico	Carico di lavoro pesante: il motore si arresta per inerzia dopo 1 minuto al 150% della corrente di uscita nominale dell'inverter Carico di lavoro normale: il motore si arresta per inerzia dopo 1 minuto al 120% della corrente di uscita nominale dell'inverter
Sovratensione	Il motore si arresta quando la tensione del bus c.c. è uguale o inferiore a 150 V (il doppio per la classe 400 V)
Sottotensione	(uguale o inferiore a 150 V per le serie monofase)
Caduta di tensione momentanea	È possibile selezionare le seguenti voci: non fornita (arresto se la caduta di tensione è pari o superiore a 15 ms), funzionamento continuo se la caduta di tensione è pari o inferiore a 0,5 s, funzionamento continuo
Surriscaldamento del dissipatore	Protezione mediante termistore
Livello di prevenzione di stallio	Prevenzione di stallio durante accelerazione/decelerazione e funzionamento a velocità costante
Errore di terra	Protezione mediante circuito elettronico (livello di funzionamento pari a circa il 250% della corrente di uscita nominale)
Indicatore di carica	Indica il momento in cui la tensione del circuito principale raggiunge i 50 V
Grado di protezione	IP20, NEMA 1
Raffreddamento	Viene fornita una ventola di raffreddamento per 200 V, 0,75 kW (1 HP) (trifase/monofase) 400 V, 1,5 kW (2 HP) (trifase), altri sono autoraffreddati
Umidità relativa	95% o inferiore (senza condensazione)
Temperatura di stoccaggio	-20 °C ... +60 °C (per brevi periodi durante il trasporto)
Installazione	Interno (privo di gas corrosivi, polvere e così via)
Altezza installazione	1.000 m max.
Vibrazioni	Fino a 1 G a 10 ... meno di 20 Hz, fino a 0,65 G a 20 ... 50 Hz

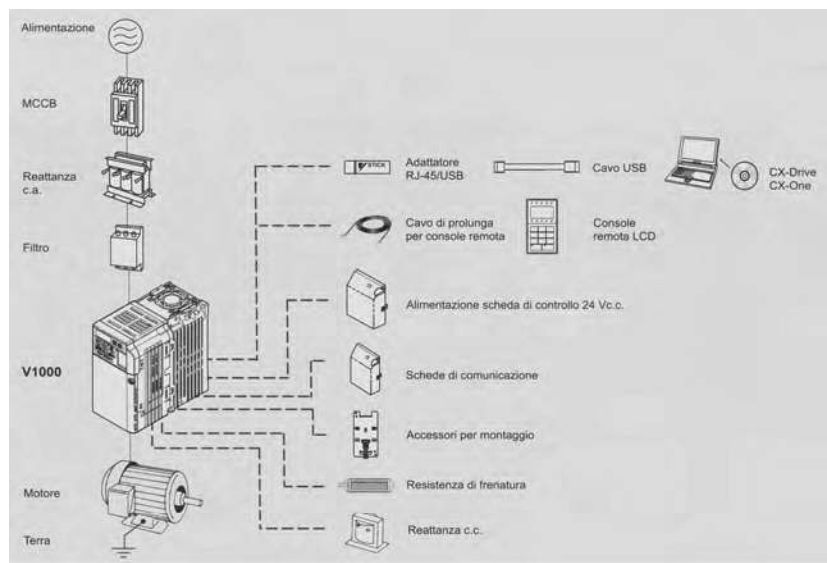


Fig. 7.98 - Configurazione del sistema dell'inverter a controllo vettoriale V1000 (Omron).

- Legenda.
- MCCB: interruttore generale.
 - Filtro: filtro antidisturbo.
 - V1000: inverter.
 - Motore: motore asincrono trifase.
 - Terra: collegamento al conduttore di protezione PE.
 - CX-One, CX-Drive: software di programmazione e monitoraggio inverter.
 - Cavo USB: cavo per il collegamento inverter-PC.
 - Adattatore RJ-45/USB: adattatore per cavo di collegamento inverter-PC.
 - Cavo di prolunga per console remota: cavo di collegamento console remota-inverter.
 - Console remota LCD: console per la programmazione e il monitoraggio remoto dell'inverter.
 - Alimentazione scheda di controllo 24 V DC.
 - Scheda di comunicazione.
 - Accessori per il montaggio dell'inverter su guida DIN.
 - Resistenza di frenatura.

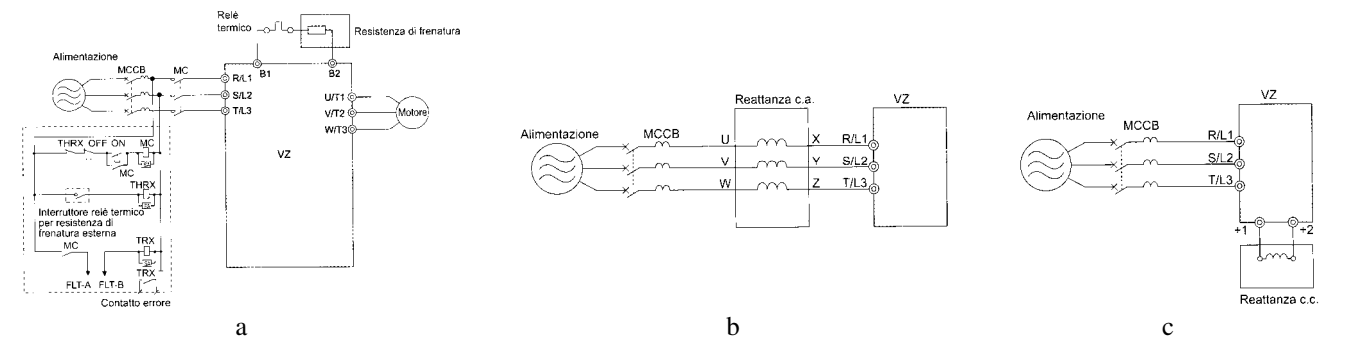
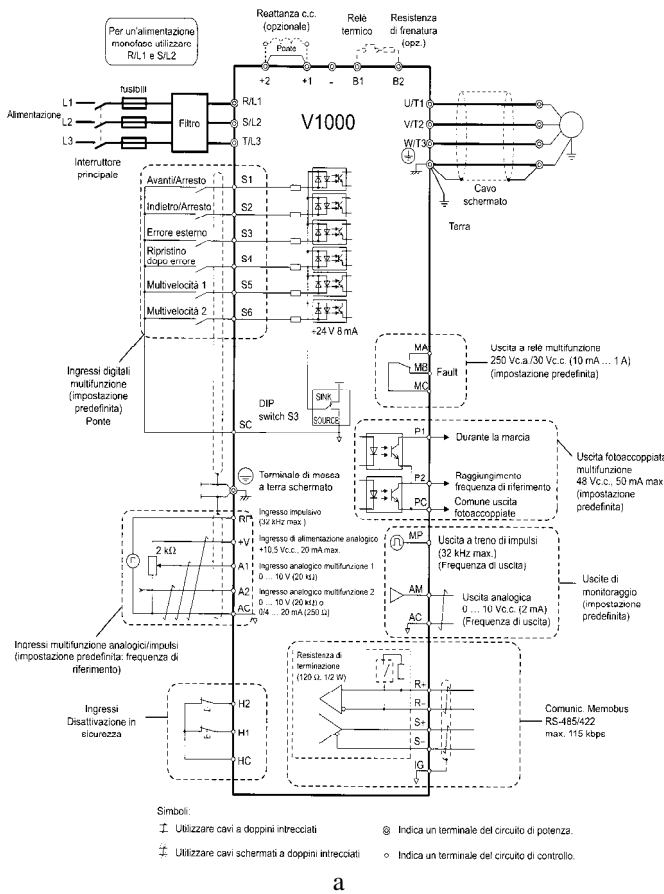


Fig. 7.99 - Collegamenti: a) Per resistori di frenatura - b) Per reattanze AC - c) Per reattanze DC (Omron).



Terminali	Nome	Funzione (livello del segnale)
R/L1, S/L2, T/L3	Ingresso alimentatore circuito principale	Utilizzato per collegare la linea di alimentazione all'inverter. Gli azionamenti con ingresso monofase da 200 V utilizzano solo terminali R/L1 e S/L2 (T/L3 non è collegato)
U/T1, V/T2, W/T3	Uscita inverter	Utilizzato per il collegamento al motore
B1, B2	Collegamento resistenza di frenatura	Disponibile per il collegamento a una resistenza di frenatura o al modulo resistenza di frenatura opzionale.
+2, +1	Collegamento reattanza c.c.	Rimuovere la barra di cortocircuito tra +2 e +1 quando si collega una reattanza c.c. (opzionale)
+1, -	Ingresso alimentazione c.c.	Per l'ingresso di alimentazione (+1: positivo, -: negativo)
⊕	Messa a terra	Per la messa a terra (la messa a terra deve essere conforme alle normative locali in materia).

Circuito di controllo				
Tipo	N.	Nome segnale	Funzione	Livello segnale
Segnali di ingresso digitale	S1	Selezione ingresso multifunzione 1	Impostazione di fabbrica: marcia se chiuso, arresto se aperto.	Isolamento fotoaccoppiatore 24 Vc.c., 8 mA
	S2	Selezione ingresso multifunzione 2	Impostazione di fabbrica: marcia se chiuso, arresto se aperto.	
	S3	Selezione ingresso multifunzione 3	Impostazione di fabbrica: errore esterno (NA)	
	S4	Selezione ingresso multifunzione 4	Impostazione di fabbrica: ripristino dopo errore	
	S5	Selezione ingresso multifunzione 5	Impostazione di fabbrica: comando 1 velocità multistep	
	S6	Selezione ingresso multifunzione 6	Impostazione di fabbrica: comando 2 velocità multistep	
Segnali di ingresso analogico	SC	Selezione ingresso multifunzione comune	Comuni per segnale di controllo	
	RP	Ingresso a treno di impulsi per comando velocità principale	32 kHz max.	
	FS	Alimentazione per impostazione frequenza	+10 V (corrente massima consentita 20 mA)	
	FR1	Frequ. di rif. velocità principale	Ingresso tensione o ingresso corrente 0 ... +10 Vc.c. (20 kΩ (risoluzione 1/1000))	
	FR2	Frequ. di rif. velocità principale	4 ... 20 mA (250 Ω) o 0 ... 20 mA (250 Ω) Risoluzione: 1/500	
	FC	Comune frequenza di riferimento	0 V	
Comando di arresto rapido	HC	Comando di arresto rapido alimentazione	+24 V (corrente massima consentita 10 mA)	
	H1, H2	Ingresso digitale speciale	Aperto: arresto rapido Chiuso: funzionamento normale	
Uscite digitali	MA	Uscita a contatto NA		Capacità contatto 250 Vc.c., 1 A o inferiore 30 Vc.c., 1 A o inferiore
	MB	Uscita NC	Impostazione di fabbrica: "errore"	
	MC	Comune uscita a reati		
	P1, P2	Uscite fotoaccoppiate 1 e 2	Impostazione di fabbrica: Durante la marcia e Raggiungimento frequenza	Uscite fotoaccoppiate +48 Vc.c., 50 mA o inferiore
Segnali delle uscite analogiche	PC	Comune uscita fotoaccoppiata	0 V	
	PM	Uscita a treno di impulsi	33 kHz max.	
	AM	Uscita monitoraggio analogico	Impostazione di fabbrica: "frequenza di uscita" 0 ... +10 V Risoluzione di uscite: 1/1000	0 ... 10 V, 2 mA o inferiore Risoluzione: 8 bit
	AC	Comune monitoraggio analogico	0 V	
RS-485/422	R+	Ingresso (+)		
	R-	Ingresso (-)		
	S+	Uscita (+)	Per comunicazione MEMORBUS	Protocollo MEMORBUS RS-485/422
	S-	Uscita (-)	Disponibilità di funzionamento mediante comunicazione RS-485 o RS-422	

Fig. 7.100 - Inverter a controllo vettoriale V1000: a) Schema di collegamento - b) Funzioni svolte dai morsetti del circuito principale di potenza e di controllo (Omron).

7.23 Considerazioni generali sugli azionamenti in corrente alternata e loro applicazioni (nel CD-ROM allegato)

7.24 Convertitori di frequenza e risparmio energetico (nel CD-ROM allegato)

7.25 Motori a corrente continua

I motori a corrente continua hanno la caratteristica di poter variare la velocità di rotazione con apparecchiature, in genere elettroniche, poco costose e semplici; sono in grado di sopportare sovraccarichi con coppie resistenti, che possono arrivare fino a 3+5 volte la coppia nominale, e di effettuare la frenatura senza l'ausilio di sistemi meccanici. La variazione di velocità è possibile anche per i motori asincroni trifase, ma le apparecchiature sono generalmente, a parità di potenza, più complesse.

Dal punto di vista meccanico, invece, alle note caratteristiche di robustezza ed affidabilità del motore asincrono, il motore in corrente continua contrappone, come si vedrà in seguito, una manutenzione più frequente, a causa della presenza nel motore del sistema collettore e spazzole, che costituisce il punto debole di questa macchina. Il principio di funzionamento di un motore in corrente continua si basa sul fatto che un conduttore, percorso da corrente elettrica, è sottoposto ad una forza quando è immerso in un campo magnetico fisso, come, per esempio, quello generato da un magnete permanente, come mostrato nella fig. 7.104a.

La corrente elettrica continua, quando attraversa i conduttori posti sul rotore, genera un campo magnetico, il quale interagisce con il campo magnetico fisso (posto sullo statore).

È proprio dall'interazione dei due campi magnetici che si genera la coppia meccanica, che pone in rotazione il conduttore e, quindi, il rotore (due poli magnetici contrari si attraggono, mentre due poli dello stesso segno si respingono e sul rotore si genera, così, la coppia meccanica). Di fondamentale importanza per il funzionamento di questo tipo di motore è la presenza del collettore (commutatore).

Infatti, in questi motori, i conduttori (avvolgimenti) presenti sul rotore sono collegati a dei segmenti di commutazione, che vanno appunto a formare il collettore; gli avvolgimenti ricevono l'alimentazione attraverso le spazzole, che strisciano sulle lamelle del collettore.

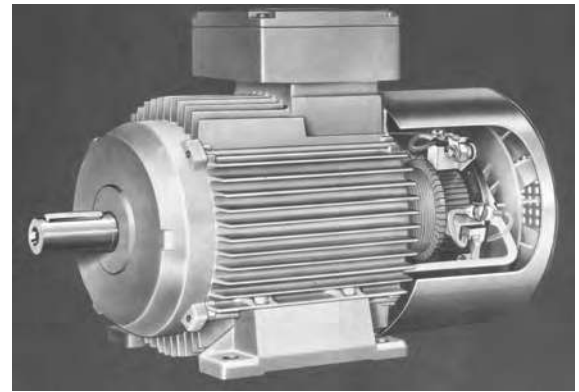
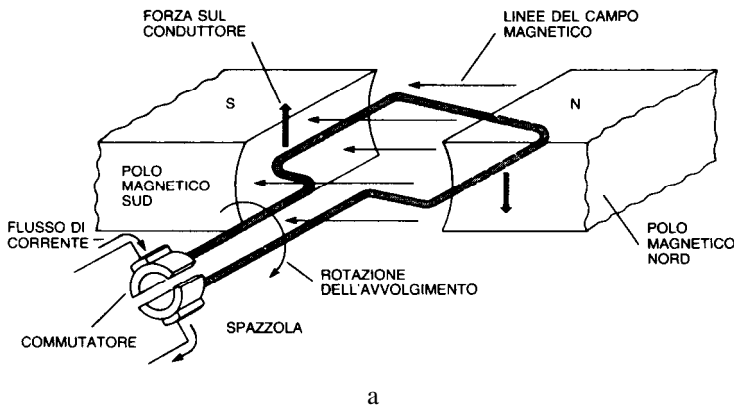


Fig. 7.104 - a) Principio di funzionamento dei motori a corrente continua - b) Esempio di motore a corrente continua. Si noti sulla destra il collettore con le relative spazzole.

Il collettore, insieme alle spazzole, va a formare un sistema che consente di commutare il verso della corrente continua che arriva al rotore, in modo che essa fluisca sempre nella stessa direzione e che, quindi, determini una coppia meccanica che ha sempre lo stesso verso, determinando, così, il verso di rotazione del rotore. Si noti che la coppia meccanica è massima quando l'asse dei poli rotorici è perpendicolare a quella dei poli statorici.

Quando il rotore è in movimento, le spazzole, strisciando sulle lamelle del collettore, vanno, in pratica, a selezionare un insieme di conduttori, che consente al rotore di continuare a ruotare.

Nell'esempio riportato di seguito, che prevede in pratica una sola spira, la coppia varia in continuazione dal valore zero sino ad un valore massimo; aumentando il numero degli avvolgimenti collegati alle lamelle del collettore, si riesce a diminuire la fluttuazione della coppia meccanica.

Per invertire il senso di rotazione del rotore, è sufficiente cambiare il verso della corrente che alimenta il rotore. Infatti, invertendo la direzione della corrente negli avvolgimenti, è cambiata la polarità del campo magnetico e, di conseguenza, la coppia meccanica risulta essere di verso opposto al precedente, consentendo, così, al motore di invertire il senso di rotazione.

Dal punto di vista costruttivo, questi motori sono caratterizzati da tre parti fondamentali, come mostrato nella fig. 7.104b e nella fig. 7.105:

- lo statore, formato da una carcassa metallica e dotato di magneti permanenti o di avvolgimenti, denominati di campo (eccitazione), che generano il flusso di eccitazione;
- il rotore, sul quale trovano posto gli avvolgimenti denominati di armatura, che hanno il compito di generare il campo magnetico, che, interagendo con il campo di eccitazione, genera la coppia meccanica;
- il sistema collettore a lamelle e spazzole, che consente di selezionare gli avvolgimenti di armatura e di alimentarli, come è stato indicato precedentemente, in modo da creare la coppia motrice continua.

Il collettore a lamelle rappresenta l'elemento caratteristico di questi motori, ma rappresenta anche la parte che maggiormente ne condiziona le prestazioni, in termini sia di velocità sia di manutenzione.

Le forme costruttive rispecchiano, in pratica, quelle dei motori asincroni.

Si vanno sempre più diffondendo, però, motori a sezione quadrata, che, a parità di potenza, sono meno ingombranti, pesano meno e presentano un costo inferiore (v. fig. 7.105).

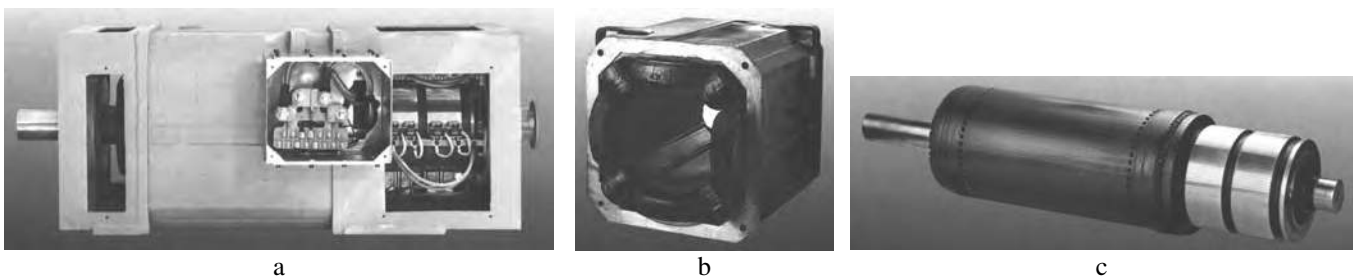
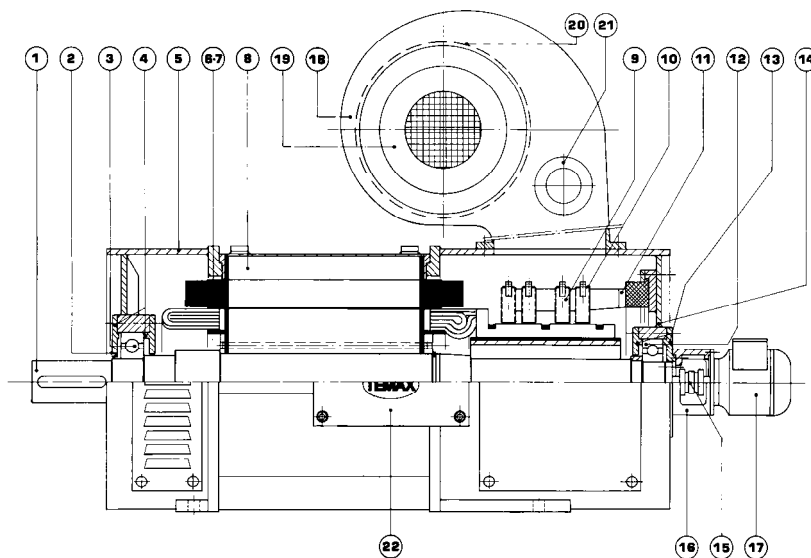


Fig. 7.105 - a) Esempio di motore a corrente continua; nella figura è possibile notare, al centro, la morsetti e, sulla destra, il portaspazzole, le spazzole e il collettore - b) Statore; nella figura trovano posto gli avvolgimenti di campo - c) Rotore con relativo collettore.



Legenda:

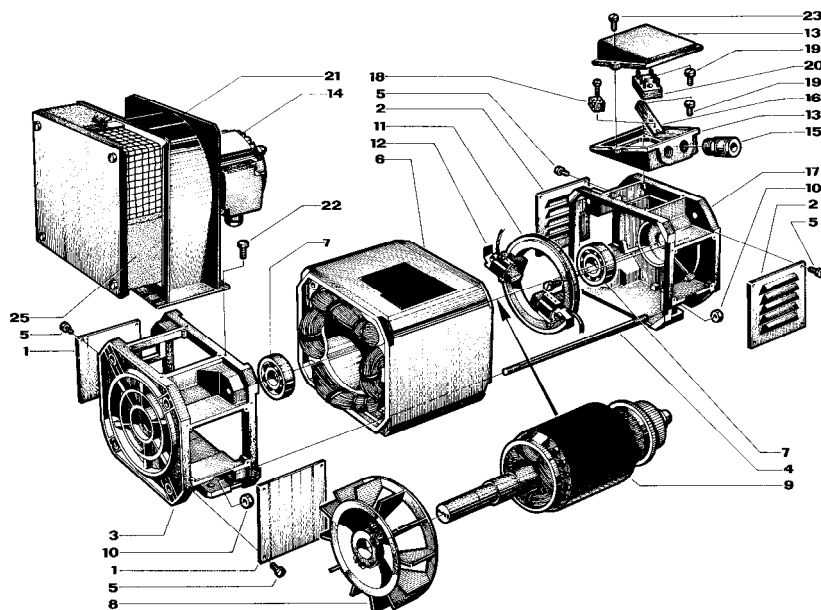
- (1) estremità dell'albero;
- (2) anello di tenuta;
- (3) cuscinetto lato comando;
- (4) coperchietto interno ed esterno;
- (5) scudo lato comando;
- (6) bobine poli principali;
- (7) bobine poli ausiliari;
- (8) statore;
- (9) portaspazzole;
- (10) spazzole;
- (11) arco portaspazzole;
- (12) cuscinetto lato commutatore;
- (13) coperchietto interno ed esterno;
- (14) scudo lato commutatore;
- (15) giunto per dinamo tachimetrica;
- (16) supporto dinamo tachimetrica;
- (17) dinamo tachimetrica (opzionale);
- (18) elettroventilatore;
- (19) motore asincrono elettroventilatore;
- (20) filtro;
- (21) pressostato (opzionale);
- (22) scatola protezione morsetti.

Fig. 7.106 - Parti principali di un motore a corrente continua (Sitronic).

Le perdite nei motori in corrente continua, dal punto di vista elettrico (effetto Joule), dipendono da vari fattori, quali, per esempio, la resistenza degli avvolgimenti, la resistenza di contatto nelle spazzole, le perdite nel ferro, le perdite meccaniche dovute all'attrito delle spazzole e dei cuscinetti, le perdite per ventilazione e le perdite legate ai fenomeni registrati sul collettore durante la fase di commutazione.

Analogamente a quanto visto per i motori asincroni, anche in queste macchine la potenza elettrica in ingresso non è interamente trasformata in potenza meccanica, a causa delle perdite che, inevitabilmente, si trasformano in calore, condizionando le prestazioni di queste macchine. Il grado di protezione varia solitamente da IP22, nelle esecuzioni con ventilazione diretta degli avvolgimenti dall'esterno, ad IP55, in quelle con ventilazione esterna.

Spesso si ricorre all'uso di motori in corrente continua dotati di ventilazione forzata, ottenuta, per esempio, fissando un elettroventilatore alla macchina. In questi casi, assume particolare importanza il controllo del flusso di aria mediante un apposito sensore (pressostato), che rileva la mancanza di ventilazione. Tale sensore deve disinserire la macchina in caso di arresto del ventilatore o in caso di flusso insufficiente, dovuto, per esempio, all'ostruzione dei filtri d'aria, come mostrato nella fig. 7.106. Anche i motori in corrente continua devono essere dotati del morsetto di terra e del conduttore di protezione PE di sezione adeguata.

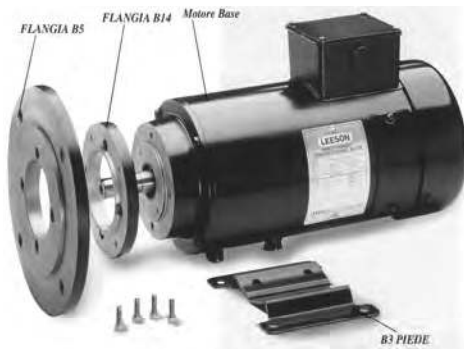


Legenda:

- (1) portine chiuse;
- (2) portine grigliate;
- (3) coperchio lato comando;
- (4) viti di fissaggio;
- (5) viti di fissaggio;
- (6) pacco statore avvolto;
- (7) cuscinetti;
- (8) ventola;
- (9) indotto avvolto;
- (10) viti di fissaggio;
- (11) collare portaspazzole;
- (12) spazzole;
- (13) coprimorsettiera;
- (14) motore elettroventilatore;
- (15) pressacavo;
- (16) portamorsettiera;
- (17) coperchio lato collettore;
- (18) morsetto sonde termiche;
- (19) viti di fissaggio;
- (20) morsettiera;
- (21) elettroventilatore;
- (22) viti di fissaggio;
- (23) viti di fissaggio;
- (25) filtro.

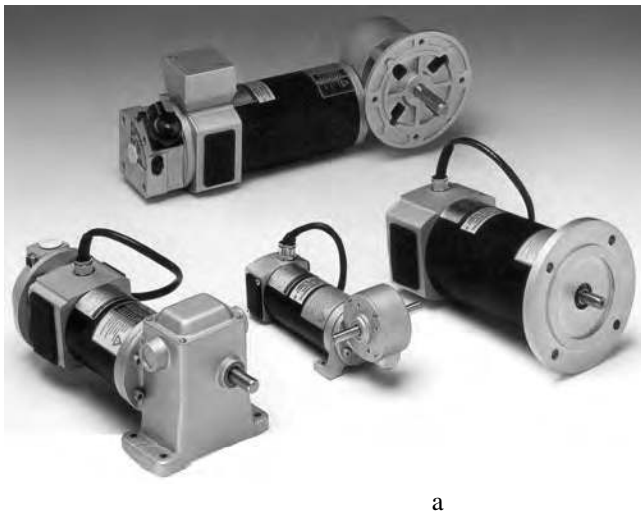
Fig. 7.107 - Parti principali di un motore a corrente continua (Oemer).

Ad eccezione dei motori di piccole dimensioni, come quelli mostrati nella fig. 7.108 e fig. 7.109, che possono essere dotati di magneti permanenti per la creazione del campo magnetico induttore, normalmente, i motori in corrente continua sono dotati di avvolgimenti di campo, che, opportunamente alimentati in corrente continua, creano il campo magnetico necessario per il funzionamento della macchina.



Motori progettati secondo la norma IEC 34-1.
 Gradi di protezione IP54, IP23 e IP23.
 Forme costruttive B3 (piede), B5 e B14 (flangia).
 Predisposizione per il montaggio di una dinamo tachimetrica.
 Magneti permanenti a rivestimento ceramico in ferrite.
 Classe di isolamento F e H.
 Spazzole accessibili per manutenzione senza dover smontare il motore e molle a pressione costante che consentono una maggiore durata delle spazzole.
 Temperatura di funzionamento fra -20 °C e 40 °C.
 Potenza in uscita: da 0,37 kW a 3,0 kW.
 Corrente assorbita: da 1,70 A a 14,0 A.
 I motori hanno una doppia potenza nominale in kilowatt e una doppia corrente a pieno carico, a seconda che il fattore di forma della tensione di alimentazione valga 1,05 o 1,40.
 Velocità a carico: 1800, 3000 giri/min..
 Alimentazione mediante azionamento monofase (230 V, 50 Hz) elettronico: 180 V.
 Esistono modelli con tensione nominale di: 12, 24, 48, 90, 180 V.

Fig. 7.108 - Esempio di motore a corrente continua con magneti permanenti (Leeson).



Tensione di armatura:
 24, 160, 180 V.
 Potenza resa:
 da 45 a 600 W.
 Velocità: 2000, 3000, 4000 giri/min.
 Coppia:
 da 14,3 a 191 Ncm.
 Potenza assorbita:
 da 65 a 718 W.
 Corrente I_{max}/I_n :
 da 4,4 a 8,8.
 Momento di inerzia:
 da 0,5 a 26,0 kgcm².
 Grado di protezione:
 IP44, IP54, IP55.
 Isolamento in classe F.
 Forme costruttive:
 B3, B5, B14.
 Un interruttore termico protegge il motore contro le sovratemperature.

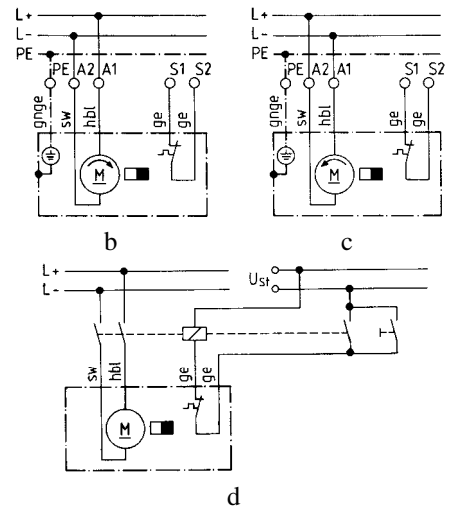


Fig. 7.109 - a) Motori a corrente continua con magneti permanenti. Tutti i modelli possono essere forniti di freni di sicurezza e dinamo tachimetrica. Schemi di collegamento: b) Rotazione oraria - c) Rotazione antioraria - d) Collegamento con interruttore termico di protezione (Gerit).

Gli avvolgimenti di campo possono essere collegati in vari modi, determinando le caratteristiche elettriche e meccaniche dei motori, come illustrato nella tab. 7.38.

Coppia	Velocità
$T_m = K_1 \cdot I_i \cdot \Phi_e$ dove	$n = K_2 \cdot U_i / \Phi_e$ dove
K_1 = costante che dipende dalle caratteristiche del motore; T_m = coppia meccanica; I_i = corrente di indotto; Φ_e = flusso induttore.	K_2 = costante che dipende dalle caratteristiche del motore; n = velocità; U_i = tensione di indotto (o di alimentazione o di armatura); Φ_e = flusso induttore.

Tab. 7.38 - Parametri che caratterizzano la coppia e la velocità nei motori a corrente continua.

Si noti che il flusso di indotto Φ_e dipende dalla corrente di eccitazione $I_e = U_e / R_e$, dove U_e rappresenta la tensione di eccitazione e R_e la resistenza dell'avvolgimento di eccitazione.

In pratica, quindi, la coppia meccanica T_m è proporzionale alla corrente di indotto I_i e al flusso di eccitazione Φ_e ; la velocità n è direttamente proporzionale, invece, alla tensione di indotto U_i e inversamente proporzionale al flusso Φ_e e, quindi, alla corrente di eccitazione I_e .

Agendo sui parametri indicati precedentemente, è possibile, in particolare con l'ausilio di apparecchiature elettroniche, cambiare facilmente le caratteristiche meccaniche (T_m e n) dei motori in corrente continua.

I motori in corrente continua possono avere gli avvolgimenti di eccitazione collegati nei seguenti modi:

- eccitazione indipendente;
- eccitazione in derivazione;
- eccitazione in serie;
- eccitazione mista.

Secondo il tipo di collegamento, questi motori avranno determinate caratteristiche elettriche e meccaniche.

I motori con eccitazione indipendente (v. fig. 7.110a) sono caratterizzati dal fatto di avere l'avvolgimento di campo separato dall'avvolgimento di armatura.

Questo tipo di collegamento caratterizza motori che hanno, se alimentati con una tensione di indotto costante e con una corrente di eccitazione costante, una velocità di rotazione che varia di poco al variare del carico; infatti, questo tipo di motore è definito a velocità costante.

Per variare la velocità, è possibile agire sulla corrente di eccitazione, che influisce sul flusso, oppure sulla corrente di indotto, variando la tensione di alimentazione.

Normalmente si preferisce agire, per evitare dannosi surriscaldamenti del motore, sulla tensione di indotto (o di armatura). Questo tipo di motori è utilizzato, in particolare, per l'azionamento a velocità variabile, accoppiato con sistemi di azionamento elettronici.

I motori con eccitazione derivata (v. fig. 7.110b) sono caratterizzati dal fatto di avere l'avvolgimento di eccitazione e quello di armatura collegati in parallelo e, quindi, alimentati dalla stessa tensione. Dal punto di vista meccanico, anche questo motore è caratterizzato da una velocità che varia di poco al variare del carico (velocità indipendente dalla coppia resistente del carico).

Volendo variare la velocità, si incontrano, però, maggiori difficoltà se si vuole variare la loro velocità; variando la tensione di alimentazione, cambiano, infatti, sia la tensione di armatura sia la corrente di eccitazione, i due effetti combinati, come mostrato precedentemente, non consentono di ottenere la variazione voluta.

Per variare la velocità di questi motori si inserisce, perciò, in serie all'avvolgimento di eccitazione, un reostato di campo, che consente, a tensione di alimentazione costante, di variare la corrente di eccitazione e ottenere, così, l'effetto voluto.

Di conseguenza, mentre il motore con eccitazione separata si presta, insieme al relativo azionamento, per macchine dove è necessario variare la velocità di rotazione del rotore, il motore ad eccitazione derivata è adatto per macchine dove c'è la necessità di avere una velocità costante (per esempio, macchine utensili).

Il terzo tipo di collegamento prevede l'avvolgimento di eccitazione posto in serie (v. fig. 7.110c) con l'avvolgimento di armatura. Esso presenta caratteristiche meccaniche completamente diverse, in quanto la coppia motrice è proporzionale alla corrente di indotto al quadrato ed è legata, inoltre, alla velocità da una relazione di tipo inverso (a basse velocità si hanno elevate coppie motrici e viceversa).

Tipiche applicazioni di questo tipo di motore sono quei casi in cui è necessario avere elevate coppie di spunto, come, per esempio, nei montacarichi, oppure dove è necessario avere, oltre all'elevata coppia di spunto, anche la possibilità di regolare la velocità come, per esempio, nella trazione ferroviaria.

Infine, i motori con eccitazione mista prevedono due avvolgimenti di campo, l'uno posto in serie e l'altro posto in derivazione. Essi sono caratterizzati da una coppia di spunto abbastanza alta e da una velocità sufficientemente costante.

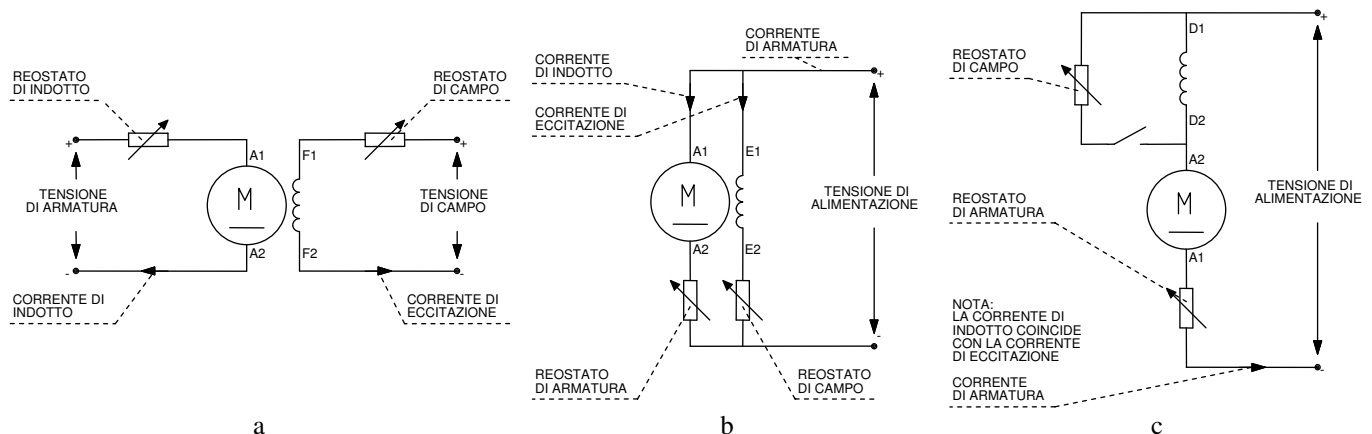


Fig. 7.110 - Confronto tra i principali sistemi di eccitazione per motori a corrente continua: a) Con eccitazione indipendente - b) Con eccitazione derivata - c) Con eccitazione in serie.

Nelle macchine di maggiore potenza sono aggiunti degli avvolgimenti di compensazione e/o dei poli ausiliari, che consentono di porre rimedio ad alcuni fenomeni che nascono quando il motore passa da vuoto a carico (reazione di indotto), come mostrato nella fig. 7.111.

Tali accorgimenti consentono, per esempio, di migliorare la caratteristica della coppia meccanica T_m che tende, a carico, a non avere più un rapporto lineare con la corrente di indotto I_l (a parità di flusso induttore Φ_e).

La fase di avviamento di questi motori è caratterizzata da un'elevata corrente di spunto, limitata mediante opportuni reostati o, più adeguatamente, mediante l'uso di azionamenti elettronici, che consentono, inoltre, in fase di arresto del motore, una rapida decelerazione.

Per l'inversione del senso di rotazione, è possibile utilizzare o due contattori, che permettono la commutazione di polarità del campo di eccitazione (sono i motori con eccitazione indipendente che si prestano con maggiore facilità per l'inversione del senso di marcia), oppure usare i più moderni azionamenti elettronici.

Questi motori devono essere sottoposti a manutenzione periodica: la frequenza degli interventi deve essere tanto più alta quanto peggiori sono le condizioni dell'ambiente in cui la macchina è costretta funzionare e quanto più è elevato il grado di sfruttamento.

Gli interventi di manutenzione riguardano principalmente il collettore a lamelle e le spazzole, che rappresentano il punto debole di questa macchina. Sul collettore, infatti, può nascere uno scintillio nel punto di contatto con le spazzole. Tale scintillio può essere generato da vari fattori, quali, per esempio, una pressione non corretta delle spazzole, l'ovalizzazione del collettore, un guasto negli avvolgimenti di armatura, vibrazioni, un danneggiamento del collettore. Inoltre, il collettore può essere soggetto a riscaldamenti dovuti, per esempio, alla pressione eccessiva delle spazzole, al deposito di sostanze tra le lamelle, a spazzole non adatte o posizionate non correttamente.

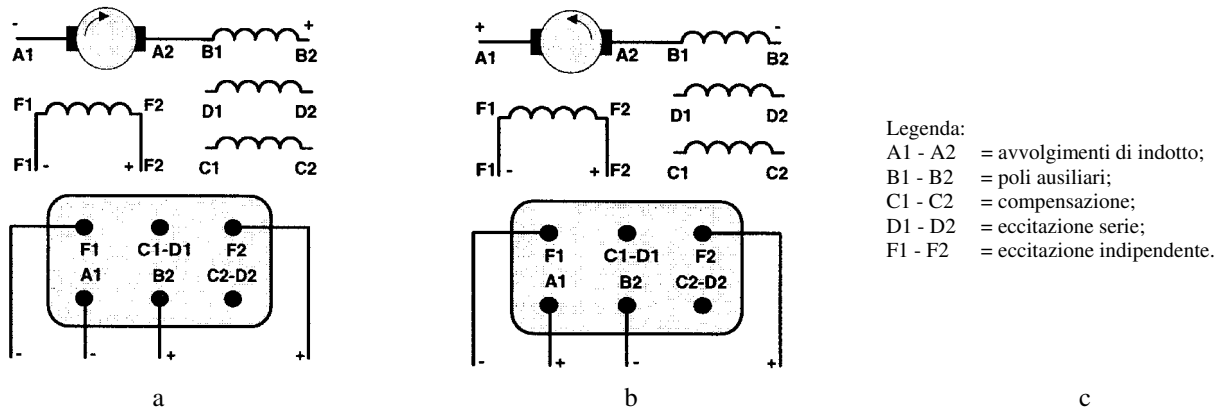


Fig. 7.111 - Esempio di morsettiera per motori in corrente continua: a) Rotazione oraria - b) Rotazione antioraria - c) Legenda (Oemer).

7.26 Azionamenti elettronici per motori in corrente continua

Un motore in corrente continua ad eccitazione indipendente è caratterizzato dal fatto che gli avvolgimenti di statore sono attraversati da una corrente continua di valore costante, che crea un campo magnetico, il quale si richiude attraverso il rotore, concatenandosi con i suoi avvolgimenti.

Gli avvolgimenti di rotore, se opportunamente alimentati tramite il collettore, generano una coppia motrice T_m di rotore, il cui valore, essendo il campo magnetico Φ_e d'eccitazione costante, risulta proporzionale alla corrente assorbita I_i , cioè:

$$T_m = K \cdot I_i \cdot \Phi_e$$

Quando il rotore, sotto l'effetto della coppia motrice, gira, i suoi avvolgimenti, muovendosi in un campo magnetico, diventano sede di una forza elettromotrice, che tende a limitare la corrente assorbita e con essa la coppia.

L'equilibrio è raggiunto quando la forza controelettromotrice, proporzionale al flusso e al numero di giri del motore, consente lo stabilirsi nel rotore di una corrente tale che la coppia motrice eguagli quella resistente. Il sistema risulta, così, stabile: un aumento della coppia resistente provoca, infatti, una diminuzione della velocità e, quindi, della forza controelettromotrice, con un conseguente aumento della corrente assorbita e, con essa, della coppia motrice. Analogamente, il discorso vale se la coppia resistente diminuisce.

La velocità n a cui tende il rotore è quella per la quale la forza controelettromotrice tende ad eguagliare la tensione applicata U_i . Di conseguenza, la variazione della tensione applicata U_i è il mezzo migliore per regolare la velocità senza alterare la coppia, a parità di corrente assorbita, come accadrebbe, invece, modificando il flusso di eccitazione Φ , cioè:

$$n = K_2 \cdot U_i / \Phi_e$$

I convertitori necessari sono, nel caso di alimentazione da rete alternata, dei ponti a raddrizzatori controllati, con tensione continua che può essere variata.

Invertendo il segno della tensione o della corrente di alimentazione, è ottenuta l'inversione del senso di trasferimento dell'energia tra il convertitore e il motore, basta considerare che la potenza è espressa, in valore e segno, dal prodotto della tensione per la corrente, cioè $P = U \cdot I$, in altre parole la potenza cambia segno se uno solo dei due fattori cambia segno.

Se, senza cambiare il segno, si abbassa la tensione applicata al motore al di sotto del valore della forza elettromotrice da esso sviluppata nella sua rotazione, la corrente si inverte, così come si invertono la coppia e il verso di trasferimento dell'energia: il motore agisce, così, come generatore.

Quando al motore è applicata una tensione negativa, quest'ultima fa circolare una corrente anch'essa negativa, la coppia e il senso di rotazione del motore si invertono, ma il trasferimento dell'energia avviene ancora in direzione del motore, perché il prodotto tensione-corrente è ridiventato positivo.

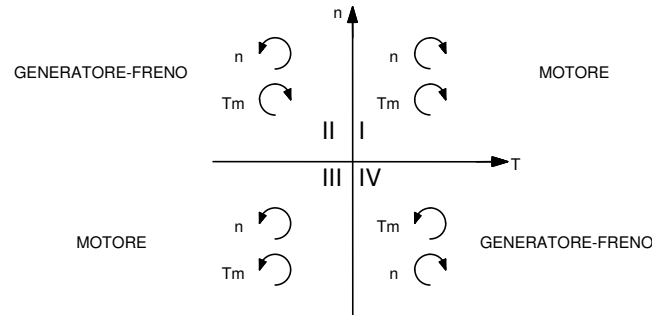
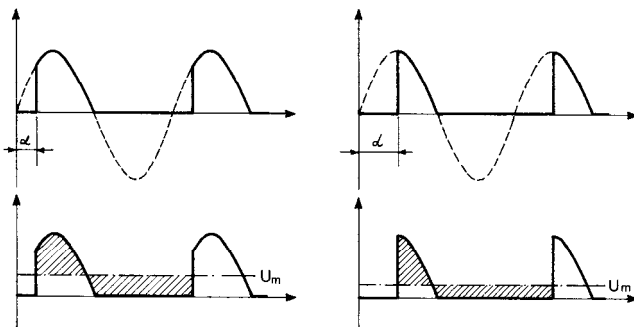


Fig. 7.112 - Possibili modi di funzionamento di un motore in corrente continua con eccitazione indipendente alimentato da un convertitore.

Gli azionamenti in corrente continua sono stati i più diffusi, dal punto di vista industriale, per molto tempo. I motivi di tale sviluppo devono essere ricondotti, da una parte, all'intrinseca facilità di controllo del motore in corrente continua e, dall'altra, alla semplicità della struttura del convertitore di potenza.

La proporzionalità diretta tra **tensione** e **velocità** e tra **corrente** e **coppia** ha reso, fin dall'inizio, il motore in corrente continua il più utilizzato nel controllo della velocità di una macchina. Inoltre, lo sviluppo di dispositivi a semiconduttore di potenza è iniziato con i tiristori (SCR, *Silicon Controlled Rectifier*, ovvero raddrizzatori controllati al silicio), componenti particolarmente adatti alla conversione da corrente alternata a corrente continua, necessaria per l'alimentazione degli avvolgimenti di armatura del motore (v. fig. 7.113).

La regolazione di un motore a corrente continua può essere eseguita mantenendo costante la coppia o la potenza erogata, come mostrato, rispettivamente, nella fig. 7.114a e nella fig. 7.114b. Entrambi i sistemi possono essere utilizzati su gamme differenti di velocità, realizzando, in tal modo, su uno stesso motore una regolazione mista, come mostrato nella fig. 7.114c.



Nei convertitori, i tiristori sono accesi mediante particolari circuiti elettronici a "scatto" e si spengono autonomamente quando la corrente sinusoidale passa per lo zero. Il principio di funzionamento si basa sulla parzializzazione della sinusoide di tensione, regolata mediante la scelta di un diverso angolo di accensione α dei tiristori. Nell'ambito del semiperiodo positivo per il tiristore, se l'impulso di accensione è trasmesso nell'istante in cui la sinusoide passa inizialmente per lo zero, il semiconduttore permane in conduzione per tutta la semionda positiva; se l'impulso è trasmesso, invece, esattamente dopo un semiperiodo positivo, il diodo non può mai entrare in conduzione poiché, in quell'istante, la tensione ai suoi capi prima si annulla e poi diventa negativa. Regolando lo sfasamento di accensione del tiristore rispetto al punto zero della sinusoide, si ottiene quella parzializzazione che determina, in uscita, un valore medio di tensione U_m variabile in modo proporzionale.

Fig. 7.113 - Ritardando l'istante di innesco dei tiristori, il valore medio U_m della tensione di uscita del convertitore cambia.

Nel caso di una regolazione della velocità a coppia costante, come è possibile osservare nella fig. 7.114a, per diversi valori della tensione di indotto (U_i), è definita la linearità del rapporto tra la coppia e la velocità. Per mantenere costante la coppia al variare della velocità, è necessario, quindi, intervenire regolando la tensione di indotto ($U_{i1} < U_{i2} < U_{i3} < U_{i4}$), e, in particolare, aumentandola all'aumentare della velocità.

Nel caso in cui la regolazione della velocità sia a potenza costante, come in fig. 7.114b, supponendo costante la tensione di indotto U_i , il grafico appare come una serie di rette che, all'aumentare della corrente di eccitazione ($I_{e1} < I_{e2}, < I_{e3} < I_{e4}$), tendono a porsi parallele all'asse delle coppie.

Se si intende mantenere costante la potenza, ogni variazione di velocità è ottenuta regolando il campo magnetico, che influisce sulla coppia in senso inversamente proporzionale. L'incremento di velocità a potenza costante determina cioè una diminuzione della coppia disponibile all'albero.

Nella regolazione mista, mostrata nella fig. 7.114c, fino alla velocità n_1 , la coppia può mantenere il livello massimo, agendo sulla tensione di indotto, mentre la potenza va crescendo linearmente, con l'aumentare della tensione

di indotto. Da n_1 fino a n_2 (velocità nominale del motore), la caratteristica assume un andamento a potenza costante e a coppia decrescente.

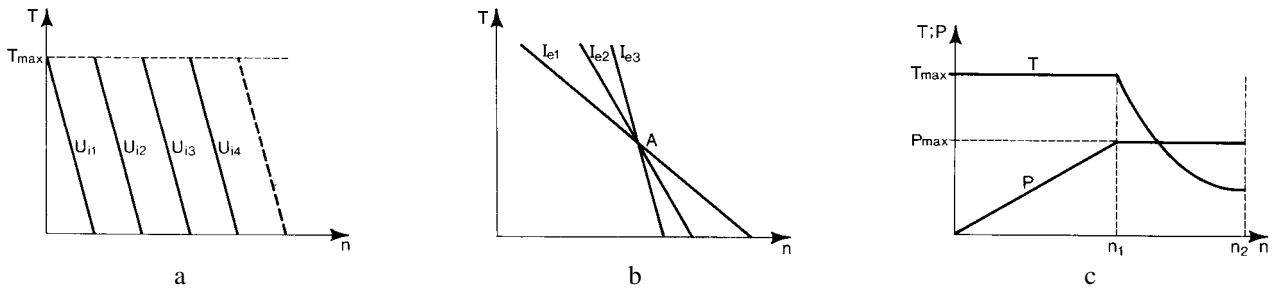


Fig. 7.114 - Caratteristiche dei motori a corrente continua: a) Coppia-velocità in una regolazione a coppia costante - b) Coppia-velocità in una regolazione a potenza costante - c) Coppia-velocità e potenza velocità in una regolazione mista.

Le macchine utensili sono un esempio tipico di lavorazione in cui è applicata la regolazione a potenza costante. Alle alte velocità, con il diminuire dello spessore dei trucioli su torni e fresatrici o della profondità delle imbottiture sulle presse, si verifica una diminuzione delle coppie resistenti.

Nell'azionamento degli assi, la presenza della sola coppia resistente per attriti (che non varia con la velocità) crea, invece, le condizioni per una regolazione a coppia costante.

Quando la lavorazione richiede, però, che, sull'albero del motore, la potenza resti costante per una gamma estesa di velocità, è necessario ricorrere alla regolazione di tipo misto.

La struttura più semplice ed economica (monofase o trifase) è quella del ponte semicontrollato, costituito da diodi e tiristori: il controllo, in questo caso, avviene su un quadrante (per esempio, I e III), cioè sono possibili correnti e tensioni in un solo verso.

Il ponte semicontrollato è utilizzato quando non sono necessarie inversioni di marcia e quando non è richiesta la frenatura. Una struttura più evoluta è quella del ponte completamente controllato; nella fig. 7.115 è mostrata la configurazione trifase.

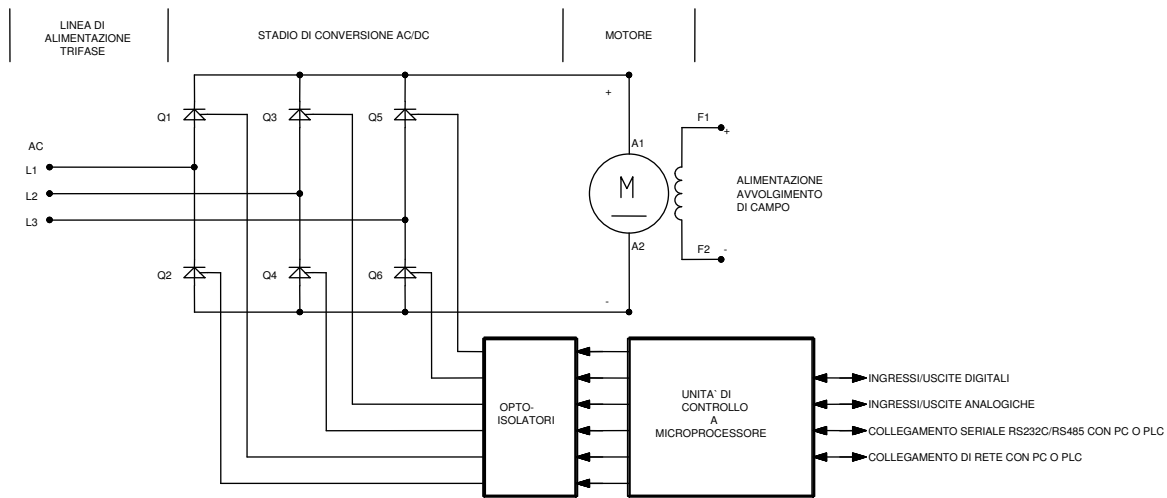


Fig. 7.115 - Schema di principio di un azionamento trifase completamente controllato per un motore in corrente continua con funzionamento su due quadranti.

I dispositivi utilizzati sono tutti tiristori ed è possibile regolare tensioni positive e negative, ma correnti sempre unidirezionali, per cui il funzionamento è su due quadranti (motore avanti e freno indietro o viceversa).

La frenatura avviene in questo caso mediante il recupero dell'energia in rete.

Un'applicazione di questo convertitore è un azionamento per sollevamento, dove la coppia resistente ha sempre lo stesso verso, mentre si può invertire la direzione del movimento.

La struttura più completa, ovvero il convertitore funzionante su quattro quadranti, richiede un maggior numero di dispositivi di potenza, ma consente l'inversione della velocità e della coppia, in questo caso è possibile sia il funzionamento da motore che la frenatura con recupero in rete in ambedue i versi di rotazione.

L'alimentazione di motori di serie con convertitori statici comporta dei problemi dovuti alle forme d'onda non ideali di tensione (o di corrente) da essi generate, provocando un aumento delle perdite del motore, che, in definitiva, determinano un riscaldamento anomalo del motore stesso. Si può porre rimedio migliorando la forma d'onda

oppure declassando il motore, cioè impiegandolo per una potenza minore rispetto a quella nominale definita per una tensione perfettamente continua.

Inoltre, si può registrare un problema connesso con il funzionamento a bassa velocità dei motori autoventilati, in quanto il raffreddamento a bassa velocità è meno efficace di quello a velocità nominale. Di conseguenza, a meno che non si introduca una ventilazione indipendente dal motore, quest'ultimo deve funzionare con correnti assorbite ridotte rispetto alla corrente nominale, erogando, quindi, una coppia anch'essa ridotta.

La realizzazione di motori appositamente studiati per l'impiego negli azionamenti ha consentito di risolvere tali problemi.

Dal punto di vista impiantistico, l'uso di convertitori statici introduce delle distorsioni nella forma d'onda della tensione della rete di alimentazione, nonché disturbi che possono provocare dei malfunzionamenti nei sistemi di controllo elettronico (per esempio, PLC o PC).

I convertitori possono essere considerati, infatti, per la rete a 50 Hz, come dei carichi particolari, che assorbono correnti non sinusoidali, funzionanti con un fattore di potenza variabile. Per ridurre questi inconvenienti, è necessario adottare provvedimenti specifici, quale l'installazione di filtri di rete.

A volte, può nascere l'esigenza di frenare i motori in corrente continua. All'inizio dell'impiego dei motori a corrente continua, il metodo usato per frenarne il movimento consisteva nel chiudere i morsetti del motore stesso su un'opportuna resistenza di frenatura, dopo aver aperto il contattore di alimentazione. Per effetto dell'inerzia del carico trascinato, il motore tendeva a rimanere in moto anche dopo che gli era stata tolta la tensione di alimentazione.

Attualmente, se si chiudono i morsetti del motore su una resistenza, mantenendo ovviamente il flusso del campo induttore, il motore si trasforma in generatore e provoca il passaggio di una corrente proporzionale alla tensione presente sui morsetti, quindi proporzionale alla velocità del rotore. In pratica, l'energia cinetica immagazzinata dal motore è trasformata in energia elettrica e, quindi, dissipata in calore sulla resistenza.

Questo metodo, nella sua semplicità, ha però il difetto di produrre una coppia frenante che dipende dalla velocità del motore: essa decresce, infatti, al diminuire della velocità, fino a divenire trascurabile.

L'impiego degli azionamenti elettronici bidirezionali, come il tipo mostrato nella fig. 7.116, consente di ovviare a questo inconveniente, permettendo di ottenere una coppia frenante controllata a qualsiasi numero di giri del motore. L'apparecchiatura di controllo, in questi casi, essendo reversibile, permette di inviare sulla rete di alimentazione la potenza che il motore, diventando generatore, è in grado di fornire per effetto dell'energia cinetica posseduta dalle masse che esso trascina.

È a questo tipo di azionamento che si deve ricorrere quando l'impianto da automatizzare richiede frenature energetiche, eventualmente con la rampa di decelerazione controllata.

Una menzione particolare meritano gli azionamenti detti a circolazione di corrente.

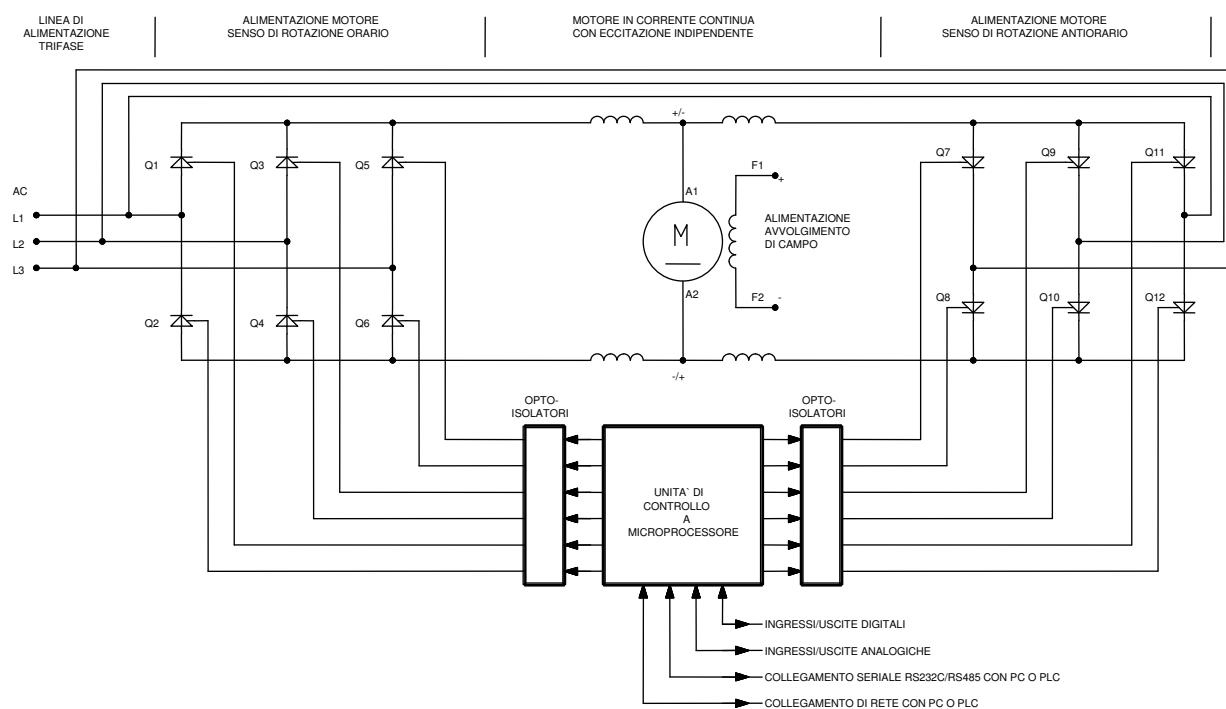


Fig. 7.116 - Schema di principio di un azionamento trifase bidirezionale con circolazione di corrente, con doppio ponte trifase interamente controllato.

Gli azionamenti detti a circolazione di corrente sono costituiti da un doppio ponte di controllo con il motore connesso ad una diagonale del ponte stesso. Fra i due ponti si ha una circolazione permanente di corrente; finché i due ponti sono in equilibrio, il motore è in posizione di arresto.

La rotazione del motore è determinata dallo sbilanciamento di corrente nei due ponti, quando cioè aumenta l'angolo di conduzione sull'uno e non sull'altro. Questo metodo consente di realizzare dei sistemi di controllo molto veloci, capaci di raggiungere i valori di regime in poco più di un periodo della tensione di alimentazione.

Tali prestazioni sono particolarmente adatte al controllo della movimentazione degli assi nelle macchine utensili, in particolare, in quelle pilotate da controlli numerici e PLC. La tab. 7.39 pone a confronto, nei parametri essenziali e prestazionali, alcuni fra i convertitori a tiristori di più frequente impiego.

Tipo di azionamento	Monofase semicontrollato	Trifase semicontrollato	Trifase totalmente controllato	Monofase bidirezionale	Trifase bidirezionale
Tensione di alimentazione	230 V/400 V	3x400 V	3x400 V	230 V/400 V	3x400 V
Tensione max. di armatura	170 V/280 V	440 V	400±440 V	150 V/260 V	400 V
Tensione di eccitazione	195 V	195 V	195 V	195 V	195 V
Fattore di forma	~1,35	~1,25	~1,05	~1,5	~1,05
Gamma di potenza	≤3 kW/2+5 kW	5+15 kW	≥5 kW	≤3 kW/2+5 kW	≥5 kW
Quadranti	I;II	I;II	I-IV;II-III	I;II;III;IV	I;II;III;IV
Inversione di marcia	A motore fermo, con contattori esterni	A motore fermo, con contattori esterni	Con contattori esterni	Diretta, senza contattori	Diretta, senza contattori
Frenatura	Reostato in cortocircuito sull'armatura	Reostato in cortocircuito sull'armatura	A recupero, senza controllo di velocità	A recupero di energia, con controllo di velocità	A recupero di energia, con controllo di velocità
Tempo morto	---	---	~50 ms	~10 ms	~3 ms
Induttanza	Utile	Utile	No	Necessaria	No

Tab. 7.39 - Confronto tra differenti tipi di convertitori a tiristori per l'azionamento dei motori a corrente continua.

In particolare, il fattore di forma è dato dal rapporto fra il valore efficace della corrente di armatura (vale a dire il valore della corrente perfettamente continua che produrrebbe gli stessi effetti termici) e il valore medio della corrente di armatura, dal quale dipende la resa in potenza del motore. Ne consegue che uno stesso motore può fornire una potenza tanto maggiore, quanto minore è il fattore di forma della corrente che lo alimenta. Quando il fattore di forma è troppo elevato, conviene inserire, in serie al circuito di armatura, un'induttanza di livellamento, che consenta di aumentare il valore della potenza fornibile dal motore alla massima velocità. Sempre nella tab. 7.40 è riportato il tempo morto, che rappresenta il ritardo che intercorre tra il comando e l'effettivo inizio della frenatura.

Nella fig. 7.117a è mostrato un convertitore AC/DC per motori in corrente continua Typact della Klöckner-Moeller. Questo azionamento è caratterizzato da un doppio ponte di Greatz in antiparallelo, interamente controllato, che consente il funzionamento nei quattro quadranti, ed è destinato a motori in corrente continua ad eccitazione indipendente di media ed elevata potenza.

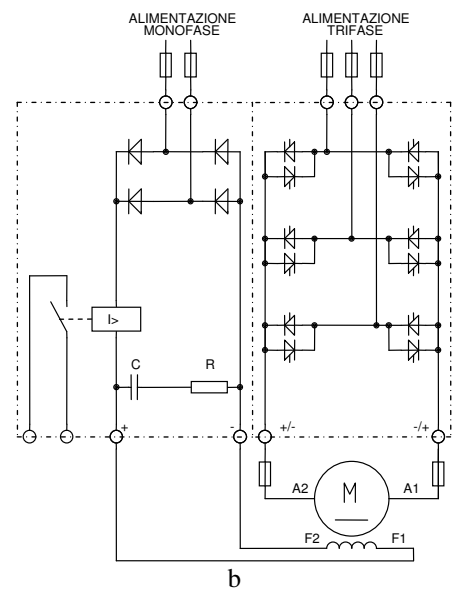
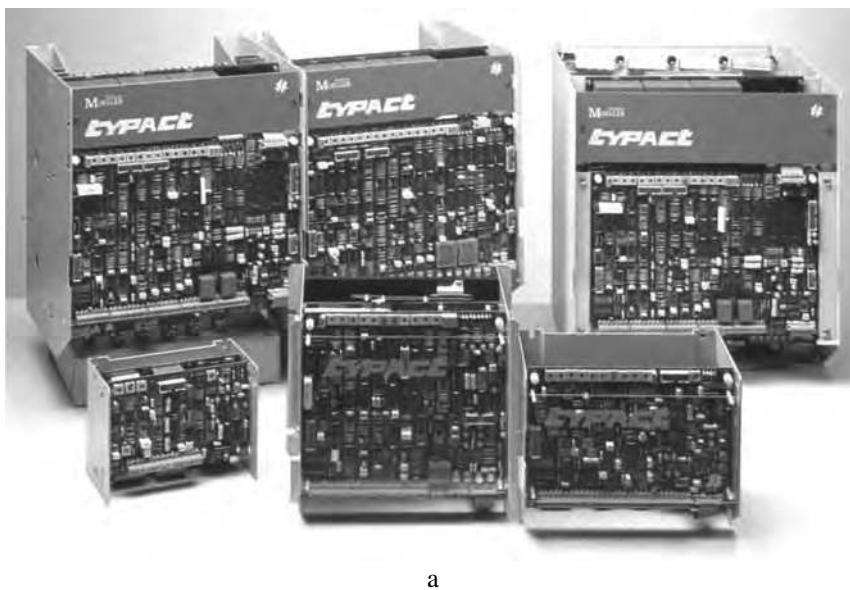


Fig. 7.117 - a) Convertitori AC/DC per motori a corrente continua Typact (Klöckner-Moeller) - b) Schema elettrico del circuito di potenza; si noti il ponte di Greatz monofase per l'alimentazione del circuito di eccitazione con il relativo relè di sicurezza, per il controllo della mancanza di eccitazione, e il doppio ponte di Greatz trifase in antiparallelo, interamente controllato, per l'alimentazione del motore in corrente continua con eccitazione indipendente.

Per l'alimentazione degli avvolgimenti di eccitazione, il convertitore dispone di un raddrizzatore monofase a ponte di Greatz dotato di filtro RC di protezione e di un circuito con relè a mancanza di eccitazione. Il relè a mancanza di eccitazione può essere utilizzato per togliere l'alimentazione al motore, nel caso venga a mancare la corrente di eccitazione, situazione questa che potrebbe portare il motore ad una velocità eccessiva, in particolare se questi funziona a vuoto.

Questi convertitori, disponibili partendo dalla taglia di 20 A, arrivano fino alla taglia di 500 A in esecuzione compatta, mentre per taglie superiori (fino a 2000 A) sono composti da una parte di potenza e da una parte di regolazione, collegate tra loro da un cavo con connettori.

È possibile montare, a bordo del convertitore, fino ad un massimo di quattro schede opzionali, con le quali è possibile, per esempio, ottenere accelerazioni e/o decelerazioni di durata prestabilita, controllare la presenza del segnale della dinamo tachimetrica, segnalare il raggiungimento di una velocità impostata per abilitare successive fasi di lavoro, convertire un segnale in corrente alternata, avente una frequenza variabile in un certo intervallo, in una tensione in corrente continua, variabile, per esempio, da ± 10 V e viceversa.

Sono disponibili altre schede opzionali che forniscono ulteriori possibilità di utilizzo di questi convertitori.

Nella fig. 7.117b è rappresentato lo schema elettrico del circuito di potenza.

Nella fig. 7.118 è riportato lo schema a blocchi per il controllo di velocità di un motore in corrente continua.

Nella sua rappresentazione più semplice, un controllo di velocità presenta due anelli di regolazione.

L'anello di velocità fornisce un segnale proporzionale all'errore (differenza di tensione) esistente tra il valore di tensione di riferimento e il valore di tensione proporzionale alla velocità, prelevato, per esempio, su una dinamo tachimetrica.

Così, se si sceglie una certa impostazione di velocità, alla quale corrisponde una data tensione di riferimento, l'anello di velocità provvede a modificare la tensione ai capi del motore (convertitore AC/DC controllato), variandone così il numero di giri, sino a raggiungere la condizione di equilibrio tra il segnale di riferimento e il segnale di ritorno proporzionale alla velocità.

Qualora, per effetto delle variazioni di tensione introdotte dall'anello di velocità, si riscontrino delle variazioni di corrente (I) del motore tali da modificare la coppia fornita, interviene l'anello di corrente, influenzato dal segnale di ritorno proporzionale alla corrente assorbita dal motore, in modo da garantire l'equilibrio tra le grandezze meccaniche che il motore deve fornire: coppia e velocità (v. la fig. 7.118).

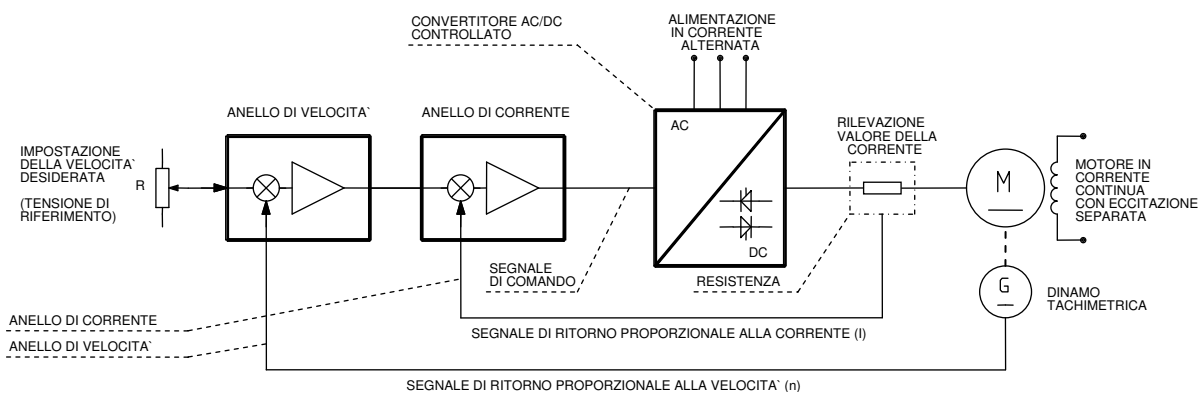


Fig. 7.118 - Schema a blocchi di un controllo di velocità per motori in corrente continua.

Nella fig. 7.119 è mostrato lo schema di collegamento di un azionamento elettronico trifase, completamente controllato, per motori a corrente continua con eccitazione separata M1 dotati di dinamo tachimetrica G1.

Lo schema è provvisto di un interruttore generale Q0, che condiziona il funzionamento di tutto l'impianto e isola galvanicamente il circuito quando è aperto (necessario, per esempio, in caso di manutenzione).

Lo schema prevede, inoltre, la presenza di un contattore Q1 di linea, che consente di alimentare il circuito di indotto dell'azionamento T1. Sono previsti anche due trasformatori monofase T2 e T3, che consentono, rispettivamente, di alimentare il circuito di eccitazione del motore M1, nonché un circuito di sicurezza.

Lo schema è completato dai fusibili F1, F2, F3, che consentono di proteggere l'azionamento T1, e dai fusibili F4 e F5, che proteggono il circuito di comando. Il circuito di sicurezza consente di eccitare e diseccitare il contattore Q1 manualmente mediante, rispettivamente, i pulsanti S2 ed S1 e automaticamente, nel caso intervenga il relè di mancanza di fase e/o il relè termico elettronico, necessario al fine di evitare sovraccarichi al motore.

Quattro lampade di segnalazione P1, P2, P3, P4 indicano, rispettivamente, la mancanza di una fase, l'intervento del relè termico elettronico, la predisposizione per la marcia del motore M1 e, infine, la presenza dell'alimentazione. L'eccitazione del contattore Q1 consente non solo di alimentare il circuito di indotto, ma anche di attivare i circuiti elettronici per il comando dei tiristori.

L'azionamento prevede le seguenti regolazioni: il potenziometro multigiri R1 esterno regola la velocità; i trimmer interni R2, R3, R4, R5, R6 ed R7 consentono, rispettivamente, di regolare la velocità massima, la corrente massima, il tempo di accelerazione, il tempo di decelerazione, la soglia di intervento del relè termico elettronico e, infine, il tempo di ritardo dopo il superamento della soglia di intervento del relè termico elettronico.

Sempre all'interno dell'azionamento, è inserito un pulsante S0, che consente il reset del relè termico elettronico, dopo il suo intervento, e sono previsti tre fusibili extrarapidi necessari, data la loro elevata velocità di intervento, per la protezione dei tiristori contro i cortocircuiti. Per evitare i problemi causati dai disturbi elettrici, il cablaggio, come è possibile osservare nello schema elettrico, prevede l'uso di un cavo schermato per collegare la dinamo tachimetrica G1, il potenziometro R1 e i contatti di Q1 per l'attivazione dei circuiti elettronici all'azionamento T1.

L'evoluzione prevista per queste apparecchiature è la conversione alla tecnologia digitale delle classiche schede di controllo analogiche, in quanto essa consente una maggiore semplicità dell'hardware, con una riduzione del numero di componenti e un incremento dell'affidabilità. Il controllo digitale consente l'integrazione del singolo azionamento in un processo anche complesso, sfruttando le possibilità offerte dalla comunicazione con un computer o un PLC.

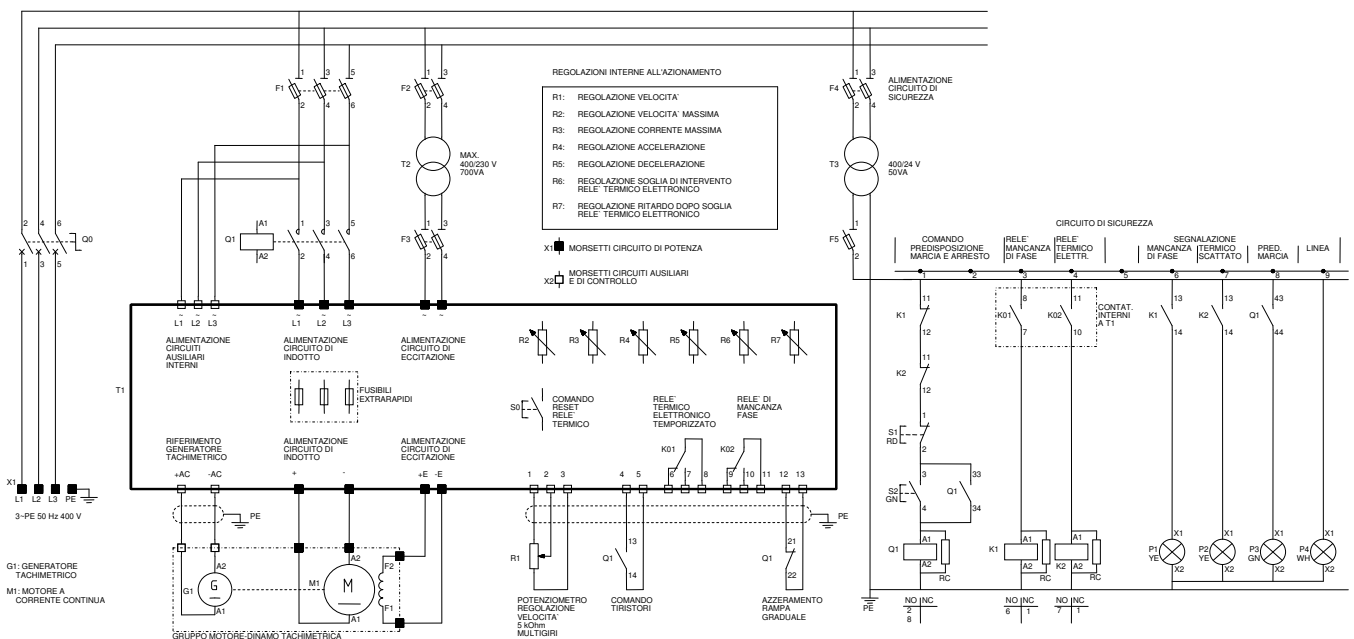


Fig. 7.119 - Esempio di schema di collegamento di un azionamento trifase completamente controllato per motori a corrente continua con eccitazione separata.

Gli azionamenti a corrente continua hanno tuttora un campo di applicazioni molto vasto, oltre che per le ragioni viste precedentemente, anche per la gamma di taglie, che copre dalle piccole potenze a quelle dell'ordine dei megawatt. In generale, le limitazioni all'utilizzo degli azionamenti in corrente continua sono dovute all'intrinseca debolezza della macchina a corrente continua. In particolare, devono essere considerati i problemi di manutenzione, che diventano più gravi qualora l'ambiente di lavoro sia aggressivo, come può essere quello di una normale industria (v. tab. 7.40).

Di seguito sono presentati alcuni esempi di applicazione degli azionamenti per motori in corrente continua.

Macchine per il taglio del legno. Nel taglio dei tronchi, come per qualsiasi operazione di lavorazione del legno, è importante ridurre i tempi morti per poter migliorare la produttività. Occorre:

- disporre di un ampio campo di velocità, che permetta di ottimizzare la velocità di lavoro e di ritorno rapido;
- disporre, al momento del taglio, di una coppia elevata a bassa velocità;
- realizzare inversioni rapide di marcia, riducendo, per quanto possibile, il consumo d'energia durante il rallentamento. Tale riduzione è consentita da un azionamento reversibile in frenatura con recupero.

L'utente sceglie la velocità e il senso di marcia manovrando un combinatore, al quale è accoppiato il potenziometro di impostazione velocità. La soluzione scelta apporta una dinamica di movimento che consente di aumentare la cadenza di produzione, nella misura in cui lo permette la meccanica e lo desidera l'utente.

Movimentazione di benne. Lo scopo è di offrire alle navi dei dispositivi di carico e scarico rapidi e affidabili, limitando il tempo di immobilizzo. Di conseguenza, occorre:

- lavorare alle velocità massime, evitando le brusche variazioni di coppia e le oscillazioni della benna;
- assicurare il posizionamento preciso della benna sopra le stive e la tramoggia di ricezione;
- mantenere un ritmo elevato di manovre ripetitive, ottimizzando i percorsi, per assicurare la portata massima;
- facilitare il funzionamento e la manutenzione del sistema.

Processi di plastificazione della carta. Il processo di plastificazione della carta non tollera né un arresto né un rallentamento della linea e necessita di uno svolgitore e di un avvolgitore doppi, che consentano la sostituzione rapida della bobina. In funzionamento normale, questi ultimi frenano o trascinano una bobina, il cui raggio e la cui inerzia variano continuamente. Al momento di cambiare la bobina, si produce una variazione brusca di tutti i parametri: raggio, inerzia, percorsi della carta (attriti). Risulta indispensabile:

- mantenere costante la velocità lineare necessaria al processo;
- impedire qualunque scarto brusco sulla trazione, causa d'intasamenti o rotture, poiché la trazione può essere costante o seguire una legge predeterminata.

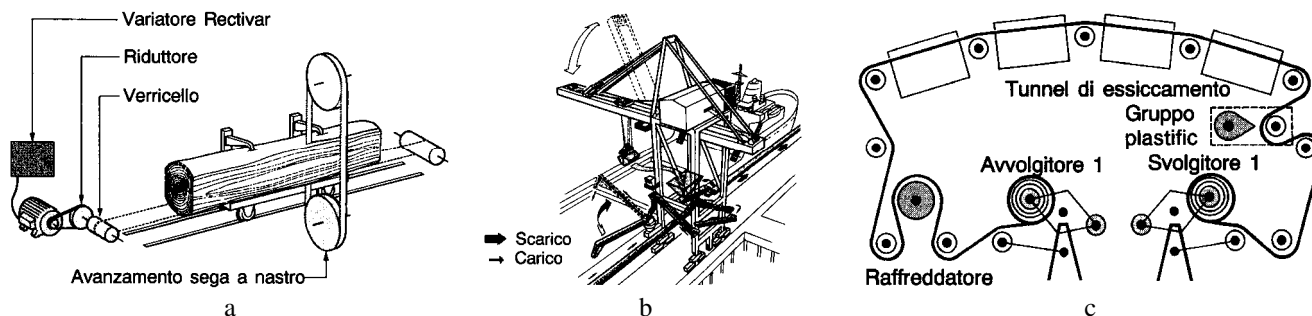


Fig. 7.120 - Esempi di applicazione degli azionamenti per motori a corrente continua: a) Macchine per il taglio del legno - b) Movimentazione di benne - c) Processi di plastificazione della carta.

Anomalie	Verifiche
Il motore non parte	<ul style="list-style-type: none"> • Controllare che il contattore di linea sia eccitato. • Verificare che non vi sia qualche collegamento interrotto nella logica di regolazione. • Nell'ipotesi che sia intervenuto un fusibile extrarapido, controllare che non vi sia un diodo o un tiristore in cortocircuito. • Con il contattore di linea aperto, verificare l'assenza degli impulsi di accensione dei tiristori.
Il motore accelera lentamente	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare l'efficienza del circuito di limitazione di corrente. • Verificare la regolarità del segnale di riferimento all'uscita del circuito elettronico generatore di rampa.
Il motore non arriva alla velocità nominale	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare la tensione di armatura. • Misurare la resistenza dei diodi e dei tiristori. • Verificare l'efficienza del circuito di limitazione di corrente. • In caso di errata regolazione della velocità (troppo bassa), agire sul trimmer della velocità massima. • Verificare la presenza di eventuali sovraccarichi. • Se mancano uno o più impulsi, il guasto è sicuramente nei modulatori o nel circuito di innesco dei tiristori.
Il motore si porta alla massima velocità e non risponde al segnale di riferimento	<ul style="list-style-type: none"> • Il difetto può essere nel potenziometro di riferimento. • Verificare il segnale all'ingresso del circuito generatore di rampa. • Controllare il segnale fornito dalla dinamo tachimetrica.
Il motore gira ad una velocità eccessiva	<ul style="list-style-type: none"> • Il circuito di eccitazione è privo di alimentazione o è stato alimentato con una tensione inferiore alla nominale.
Si verificano delle pendolazioni	<ul style="list-style-type: none"> • Il circuito di regolazione è guasto o tarato in modo scorretto.
Il motore si arresta	<ul style="list-style-type: none"> • Verificare l'usura delle spazzole. • Il collettore può essere danneggiato. • Verificare la corretta ventilazione del motore. • Misurare la corrente di eccitazione. • Misurare la corrente assorbita dal motore ed eliminare l'eventuale sovraccarico.
Il motore si arresta frequentemente	<ul style="list-style-type: none"> • Possono esservi dei collegamenti incerti: verificare tutte le connessioni. • In caso di funzionamento difettoso del convertitore, oppure di intervento ripetuto dei fusibili, è opportuno effettuare un controllo funzionale completo dell'apparecchiatura. • L'anomalia può essere dovuta ad un eccessivo e temporaneo abbassamento della tensione di rete al di sotto dei valori di tolleranza. • Misurare durante il funzionamento la corrente di armatura ed eliminare la causa di eventuali sovraccarichi presenti sull'albero del motore.

Tab. 7.40 - Anomalie possibili negli azionamenti a corrente continua e verifiche da attuare.

7.27 Motori brushless (nel CD-ROM allegato)

7.28 Azionamenti elettronici: disturbi di rete e loro soppressione (nel CD-ROM allegato)

7.29 Problemi da disturbi provocati dagli azionamenti elettronici: sintomi ed indicazioni (nel CD-ROM allegato)

7.30 Propagazione dei disturbi (nel CD-ROM allegato)

7.31 Accorgimenti per limitare i disturbi generati dagli azionamenti elettronici (nel CD-ROM allegato)

CAPITOLO 8

IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI

8.1 Introduzione agli impianti industriali

Prima di iniziare lo studio delle tavole relative agli impianti elettrici industriali e agli schemi elettropneumatici, è presentato il funzionamento di alcuni schemi di base, che impiegano contattori e temporizzatori, utili per la comprensione di schemi più complessi che saranno presentati in seguito.

Innanzitutto è necessario spiegare il concetto di autoalimentazione.

Si osservi lo schema mostrato nella fig. 8.1a.

Premendo il pulsante S1, il contattore Q1 (o un relè K1) si eccita (morsetti A1-A2) e, di conseguenza, il suo contatto cambia stato e la lampada P1 si accende. Rilasciando il pulsante S1, il contattore si diseccita e la lampada P1 si spegne.

Volendo che la lampada rimanga accesa, si deve modificare lo schema mostrato nella fig. 8.1a, trasformandolo nello schema 8.1b.

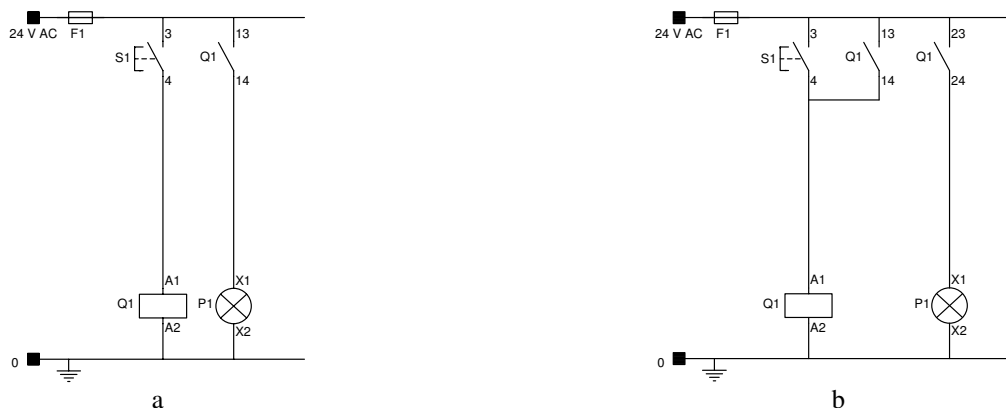


Fig. 8.1 - Esempi di circuiti base.

In pratica, si deve inserire, in **parallelo** al pulsante S1, un contatto normalmente aperto NA (oppure NO = *Normally Open*) del contattore Q1: tale contatto, detto *contatto di autoalimentazione o di ritegno*, che impedisce la diseccitazione di Q1 e fa sì che, anche rilasciando S1, la lampada P1 rimanga accesa.

Per diseccitare il contattore, è necessario inserire, in **serie** al circuito della bobina, un pulsante S2 con un contatto normalmente chiuso (NC = *Normally Closed*), come è possibile vedere nello schema di fig. 8.2a.

Volendo segnalare l'eccitazione e la diseccitazione del contattore, si può procedere come mostrato nella fig. 8.2b. La lampada P2 si accende all'eccitazione del contattore Q1, mentre la lampada P1 si accende solo quando il contattore Q è diseccitato. A questo scopo si fa uso di un contatto NO e di un contatto NC di Q1 (fig. 8.2b).

Di seguito (fig. 8.3a) è mostrata un'applicazione di ciò che è stato visto precedentemente, cioè lo schema funzionale per il comando di un motore asincrono trifase.

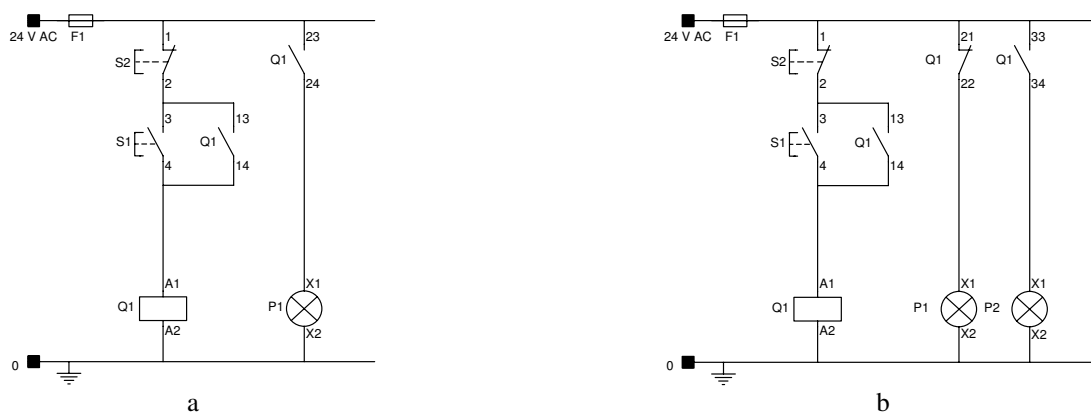


Fig. 8.2 - Esempi di circuiti base.

Nello schema, infatti, è possibile distinguere: il pulsante S1, che permette l'eccitazione del contattore di alimentazione del motore Q1; il pulsante S2, per la diseccitazione di Q1 (l'arresto del motore); il contatto NC (95-96) del relè termico F2, posto a protezione del motore, che permette la diseccitazione automatica di Q1; il contatto NO (97-98) del relè termico F2 di alimentazione della lampada P1, che segnala l'intervento del dispositivo di protezione; le segnalazioni P2 e P3 alimentate, rispettivamente, da un contatto NC e da un contatto NO di Q1, i quali indicano lo stato di eccitazione di Q1 (arresto e marcia del motore). È interessante notare come il contatto NO di autoalimentazione di Q1 sia in parallelo al pulsante S1 e come il comando di arresto S2 sia prioritario rispetto al comando di marcia (tenendo premuto S2, anche premendo S1, il contattore non si eccita).

Negli schemi per il telecomando di motori e, più in generale, nell'automazione industriale, si ricorre a questa soluzione, poiché essa garantisce una maggiore affidabilità in termini di sicurezza degli impianti.

La soluzione proposta di seguito (fig. 8.3b), anche se dal punto di vista logico permette gli stessi risultati, non è altrettanto valida dal punto di vista della sicurezza. Infatti, in questo caso, se i due pulsanti S1 e S2 sono premuti contemporaneamente, è S1 a prevalere su S2, mantenendo eccitato il contattore Q1, anche con il pulsante di arresto S2 premuto.

In questo secondo caso, infatti, è il comando di marcia S1 ad essere prioritario rispetto al comando di arresto S2.

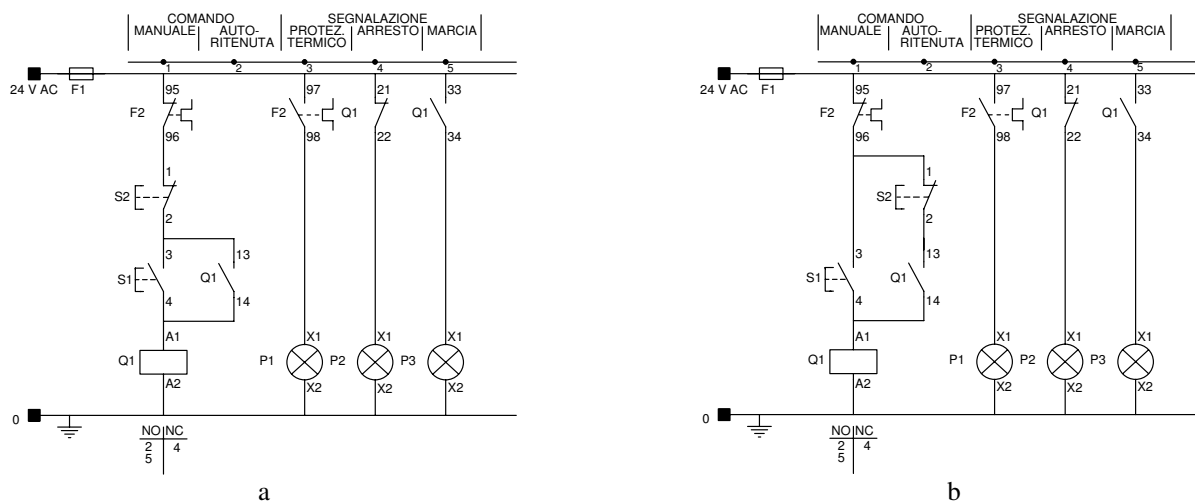


Fig. 8.3 - Esempi di circuiti base.

In entrambi i casi, le lampade di segnalazione P1, P2 e P3 indicano, rispettivamente, l'intervento del relè termico F2, la diseccitazione e l'eccitazione di Q1 (arresto e marcia del motore).

Nelle righe che seguono saranno presi in esame alcuni casi di interdipendenza tra contattori. I contatti NC possono servire anche per evitare che due o più contattori si eccitino contemporaneamente, come indicato nello schema di fig. 8.4a. Premendo il pulsante S2, si eccita il contattore Q1, che rimane autoalimentato.

Premendo ora il pulsante S3, si eccita il contattore Q2, il quale diseccita il contattore Q1. Si noti che, con Q2 eccitato, premendo S2, il contattore Q1 non si eccita (contatto di interblocco 21-22 di Q2).

Infine, se si preme il pulsante S1, si diseccita il contattore che è eccitato (Q1 o Q2).

Completano lo schema due lampade di segnalazione che indicano quale dei due contattori è eccitato: P1 segnala l'eccitazione di Q1, mentre P2 l'eccitazione di Q2.

Si esamini ora lo schema di fig. 8.4b, nel quale, con il contattore Q1 eccitato, non è possibile eccitare Q2 e viceversa. In questo esempio, una volta che si è eccitato uno dei due contattori, il rispettivo contatto NC (21-22) impedisce all'altro contattore di eccitarsi, anche se è premuto il pulsante di marcia (contatto di interblocco).

Infine, se si preme il pulsante S1, si provoca la diseccitazione del contattore eccitato.

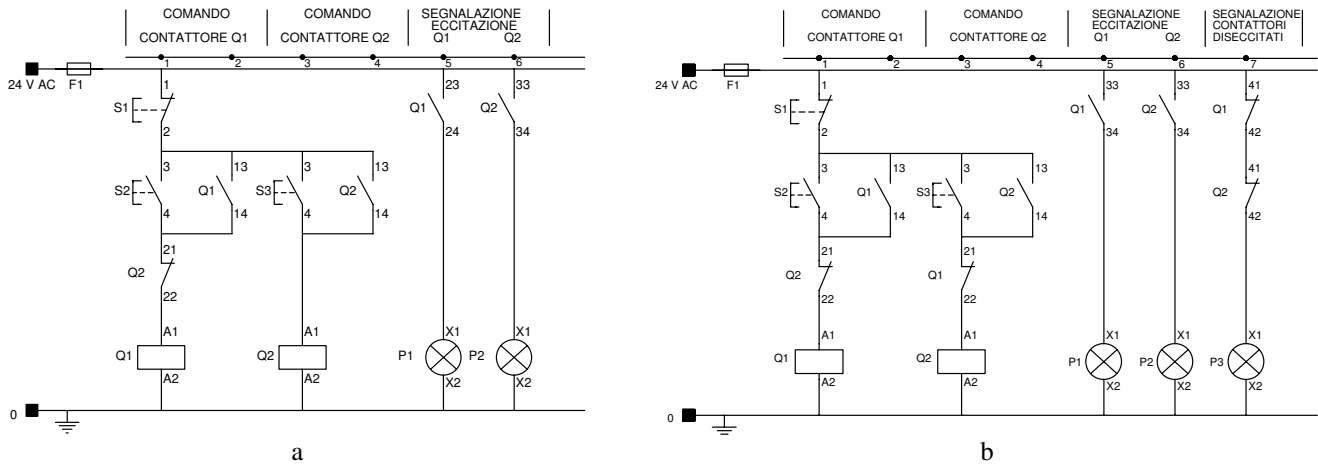


Fig. 8.4 - Esempi di circuiti base.

Completano lo schema due lampade di segnalazione che indicano quale dei due contattori è eccitato; in particolare, P1 segnala l'eccitazione di Q1, mentre P2 indica l'eccitazione di Q2. Questo schema è applicato per effettuare il cambiamento del senso di rotazione di un motore asincrono trifase, oppure per effettuare il comando di due motori in modo tale che sia impossibile far funzionare i due motori contemporaneamente.

Per segnalare, invece, la condizione di riposo dei due contattori, occorre collegare in serie, alla lampada di segnalazione P1, i contatti NC di entrambi i contattori (Q1 e Q2), come mostrato nello schema di fig. 8.4b.

Si vuole ora fare in modo che il contattore Q2 si possa eccitare solo dopo l'eccitazione di Q1.

Dallo schema di fig. 8.5, si deduce che il contattore Q2 non si può eccitare se il contattore Q1 non è eccitato (contatto di Q1 23-24 chiuso). Con entrambi i contattori eccitati, premendo il pulsante S3, si diseccita solo Q2, senza provocare la diseccitazione di Q1. Per diseccitare Q1, è necessario premere, infatti, il pulsante S1.

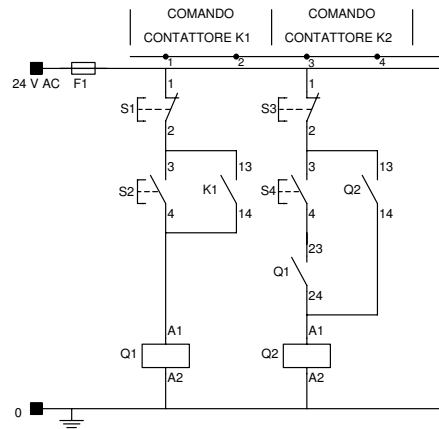


Fig. 8.5 - Esempio di circuito base.

Vediamo ora due schemi che prevedono un'interdipendenza tra due contattori alla diseccitazione.

Si osservino gli schemi di fig. 8.6.

Nel primo schema (fig. 8.6a), con il pulsante S4, si eccita il contattore Q2, che può essere diseccitato con il pulsante S3 solo se il contattore Q1 è eccitato. Infatti, il contatto NC di Q1 (21-22) cortocircuita il pulsante di arresto S3, impedendo la diseccitazione di Q2. Il contattore Q1, invece, può essere eccitato e diseccitato indipendentemente da Q2, premendo, rispettivamente, i pulsanti S2 e S1.

Nel secondo schema (fig. 8.6b), invece, premendo il pulsante S4, il contattore Q2 si eccita e può essere diseccitato, a differenza dello schema precedente, solo se Q1 è diseccitato. In questo caso, è il contatto NO di Q1 (23-24) a mettere in cortocircuito il pulsante di arresto S3, quando Q1 è eccitato.

Anche in questo caso il contattore Q1 può essere eccitato e diseccitato indipendentemente da Q2, premendo, rispettivamente, i pulsanti S2 e S1.

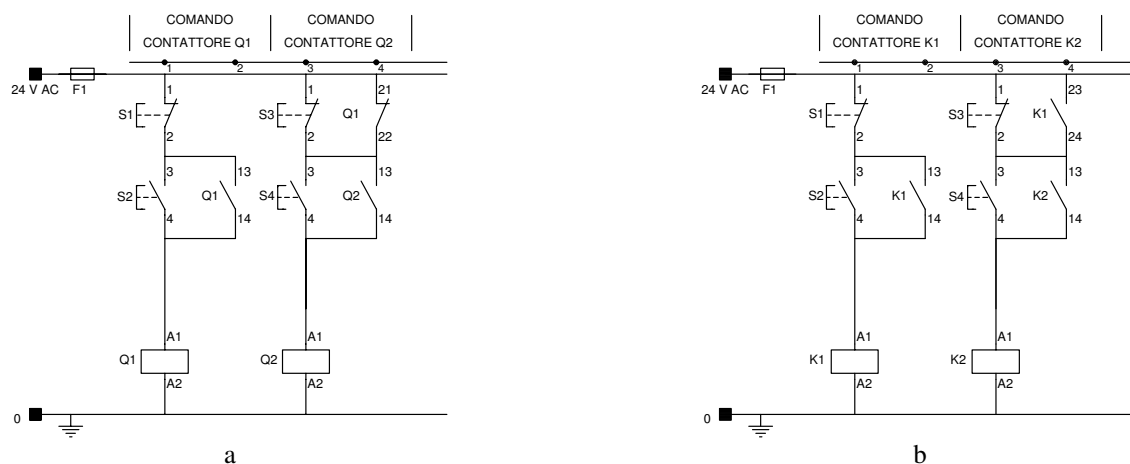


Fig. 8.6 - Esempi di circuiti base.

Nella stesura degli schemi elettrici funzionali, però, si possono verificare dei funzionamenti incerti.

Si esamini, per esempio, lo schema mostrato nella fig. 8.7a.

Azionando il pulsante S1, il contattore Q1 riceve l'alimentazione per un tempo di durata molto breve, poiché il contatto NC, posto in serie al pulsante, si apre rapidamente, togliendo, come si è detto, l'alimentazione a Q1.

L'impulso può tuttavia essere sufficiente a consentire la chiusura del contatto NO e a far sì che la bobina si autoalimenti. In caso contrario, la parte mobile del contattore è attratta per un attimo e, quindi, ritorna, per effetto della molla di rimando, nella posizione di riposo.

Una tale condizione di funzionamento si ripete finché si tiene premuto il pulsante S1.

Se, invece, il contatto NC di Q1 è inserito direttamente sulla bobina, come rappresentato nello schema di fig. 8.7b, premendo il pulsante S1, il contattore non si può autoalimentare.

Si manifesterebbero, in entrambi i casi, inevitabili vibrazioni della parte mobile del nucleo del contattore.

Si noti che, utilizzando i contatti ausiliari normali, il contatto NC di Q1 si apre prima che si chiuda il rispettivo contatto NO.

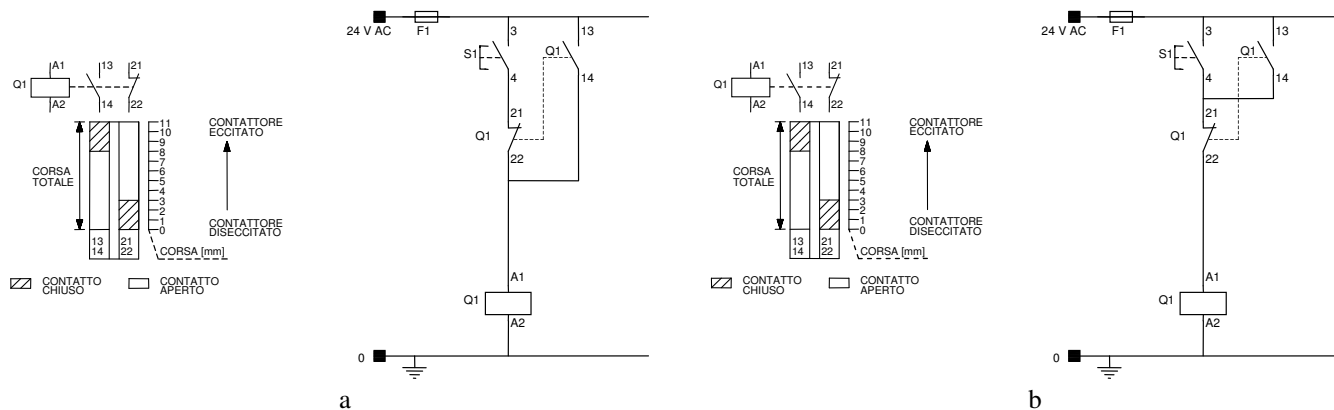


Fig. 8.7 - Esempi di circuiti con contattori dal funzionamento incerto.

Nelle righe che seguono sono proposti altri circuiti dal funzionamento incerto.

Nell'esempio di fig. 8.8a, premendo il pulsante S2, non si sa quale dei due contattori si ecciterà per primo, escludendo, di conseguenza, l'altro, a causa della presenza dei due contatti di interblocco Q1 e Q2.

Nel caso della fig. 8.8b, azionando il pulsante S1, si eccita il contattore Q2 e, quindi, il contattore Q1, ma l'autoalimentazione di Q1 è incerta, perché esso diseccita il contattore Q2.

Per quanto riguarda l'inserzione delle lampade di segnalazione, è buona regola **non** collegare le lampade di segnalazione direttamente in parallelo alle bobine dei contattori (fig. 8.9a).

Durante la diseccitazione del contattore, si produce, ai capi della bobina, una sovratensione di origine induttiva, che potrebbe ridurre la vita della lampada posta in parallelo ad essa.

Oltre a ciò, il pulsante è attraversato, durante l'eccitazione del contattore, dalla corrente assorbita dalla lampada.

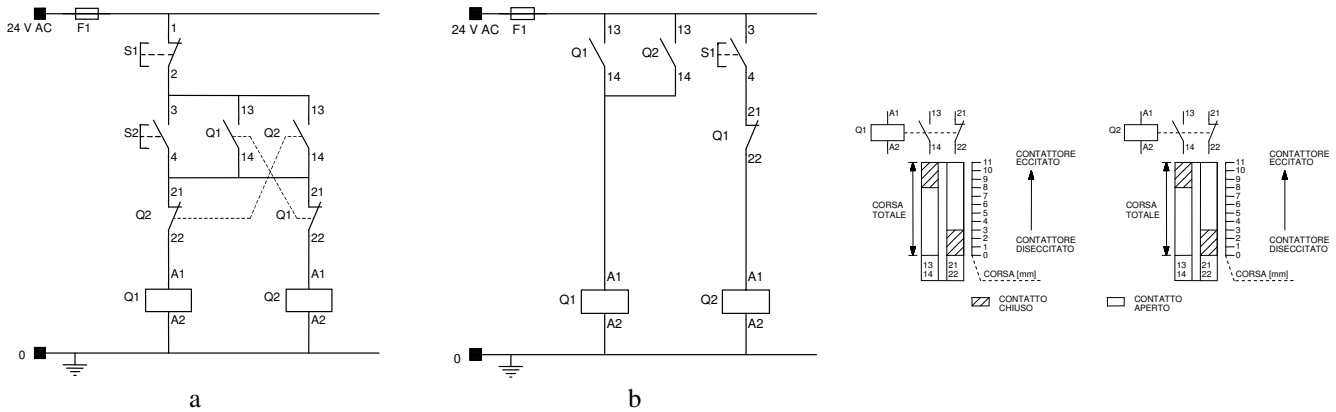


Fig. 8.8 - Esempi di circuiti con contattori dal funzionamento incerto.

Per evitare questi inconvenienti, si consiglia di inserire la lampada come rappresentato nello schema di fig. 8.9b. Tale soluzione presenta il vantaggio di rendere il circuito di segnalazione completamente indipendente dal resto del circuito. Inoltre, la lampada P1, quando si accende, segnala se il relè K1 si è eccitato e, quindi, se ha mosso effettivamente i suoi contatti. Infine, se la lampada P1 rimane accesa, anche a relè K1 non alimentato, significa che il relè si è danneggiato (contatti incollati).

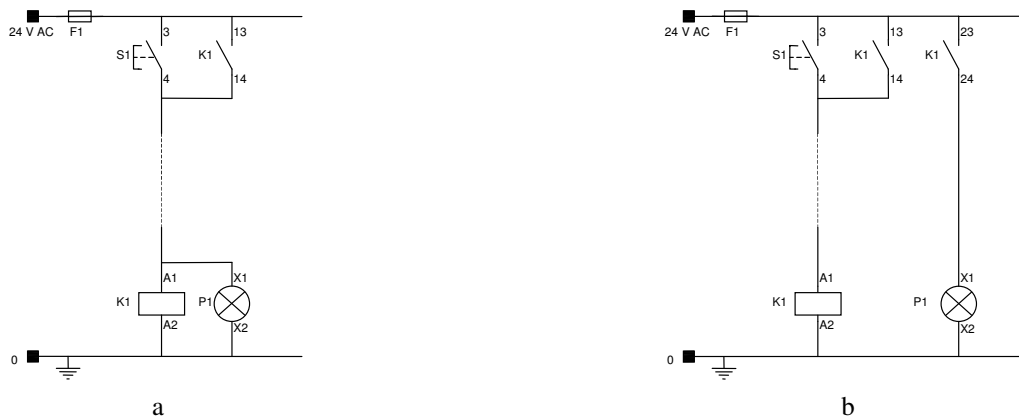


Fig. 8.9 - Esempi di circuiti base per l'inserzione di lampade di segnalazione.

Di seguito sono illustrati due esempi relativi all'uso dei relè a tempo o temporizzatori.

I relè temporizzatori (temporizzatori) **ritardati all'eccitazione**, nella loro costruzione più semplice e più frequentemente usata, sono costituiti da una bobina che aziona un dispositivo di ritardo, il quale va ad agire su uno o più contatti, che si muovono, in questo caso, dopo un certo tempo dall'eccitazione della bobina (A1-A2).

Nello schema riportato nella fig. 8.10a, premendo il pulsante S2, il relè istantaneo K2 si eccita immediatamente, chiudendo i suoi due contatti: il primo (13-14) di autoalimentazione e il secondo (23-24) che alimenta la lampada di segnalazione P1, la quale si accende immediatamente.

Il temporizzatore K1, invece, una volta alimentato, chiuderà il suo contatto (7-8) dopo 5 s, permettendo così l'accensione con ritardo della lampada P2. Premendo il pulsante S1, il relè temporizzatore K1 e il relè K2 si diseccitano; i loro contatti ritorneranno immediatamente nella posizione di riposo, spegnendo così contemporaneamente le due lampade di segnalazione P1 e P2.

I temporizzatori **ritardati alla diseccitazione** sono caratterizzati da due morsetti A1-A2 di alimentazione e da due morsetti B1-B2 che attivano il dispositivo di ritardo, il quale va ad agire su uno o più contatti.

Nello schema riportato nella fig. 8.10b, premendo il pulsante S2, si ottiene istantaneamente lo spegnimento della lampada P1, mediante il contatto NC (5-6), ad apertura immediata, ma ritardato alla chiusura, e l'accensione della lampada P2, mediante il contatto NO (7-8), a chiusura immediata, ma ritardato all'apertura.

Premendo il pulsante S1, infatti, tornerà ad accendersi la lampada P1 e, dopo un determinato tempo (in questo caso, pari a 3 s), si spegnerà la lampada P2, tramite i due contatti NO e NC ritardati alla diseccitazione.

Si noti che il simbolo della bobina del temporizzatore K1 è diverso dal caso precedente.

Nella fig. 8.10a, il relè K2 alimenta la bobina del temporizzatore K1 mediante il suo contatto di autoalimentazione (13-14), mentre nella fig. 8.10b è utilizzato il contatto (23-24) per attivare il ritardo alla diseccitazione.

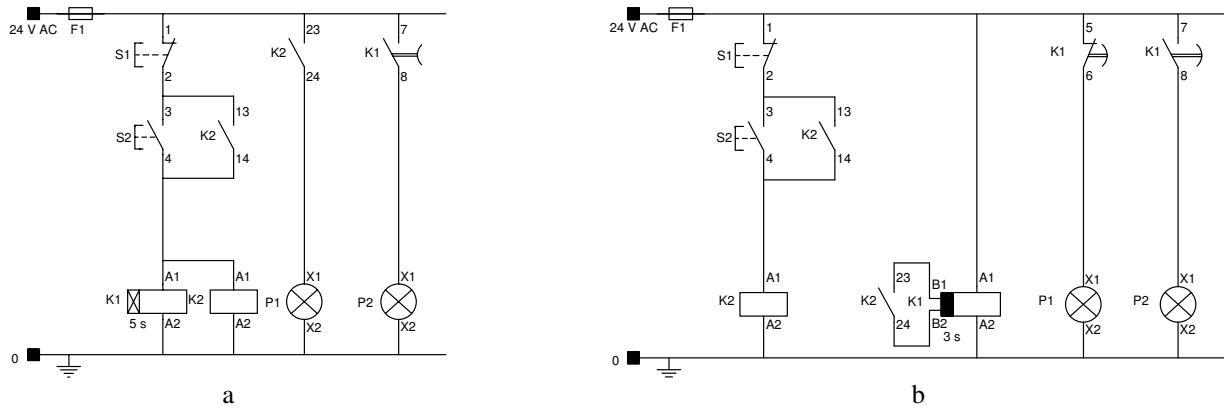


Fig. 8.10 - Esempi di circuiti base che utilizzano temporizzatori.

Si vuole, infine, far notare come sia possibile avere dei contatti ritardati alla diseccitazione senza disporre dell'apposito temporizzatore.

Lo schema riportato nella fig. 8.11 utilizza, infatti, un normale (e più diffuso) temporizzatore ritardato all'eccitazione che, associato ad un normale relè monostabile, consente di raggiungere il risultato desiderato.

Se si preme il pulsante S1, il relè K2 si autoalimenta e permette il funzionamento del temporizzatore K1, il quale, dopo che è trascorso il tempo impostato, apre per un attimo il suo contatto NC (5-6), diseccitando se stesso e il relè K2, aprendo così il contatto di autoalimentazione (13-14).

Il risultato ottenuto utilizzando i contatti di K2 è il seguente: dopo aver premuto il pulsante S1, il contatto NC (21-22), aprendosi istantaneamente, spegne la lampada P1, mentre il contatto NO (33-34) accende la lampada P2; trascorso il tempo impostato (per esempio, 3 s), automaticamente P1 si riaccenderà di nuovo, mentre P2 si spegnerà.

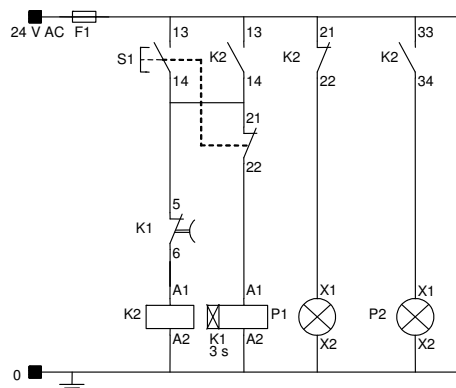


Fig. 8.11 - Esempio di circuito base che utilizza un temporizzatore ritardato all'eccitazione.

Nell'uso dei temporizzatori è opportuno porre attenzione a non effettuare dei collegamenti che possano dare origine ad un funzionamento incerto.

Negli schemi seguenti, è mostrato come si può evitare un possibile funzionamento incerto di un temporizzatore (K2), utilizzato per diseccitare il relè K3 e per eccitare contemporaneamente il relè K4.

Il primo schema (fig. 8.12a) prevede un pulsante di marcia S2 e un pulsante di arresto S1 in grado di diseccitare tutto in qualsiasi istante. Premendo S2, si eccita il relè K1, il quale alimenta, attraverso il contatto NC di K4, il temporizzatore che, trascorso il tempo impostato (per esempio, 3 s), muove i suoi contatti, diseccitando K3 ed eccitando K4.

In realtà, il funzionamento dello schema di sinistra risulta incerto. Infatti, nel momento in cui il temporizzatore muove i suoi contatti, il contatto NC (5-6), aprendosi, diseccita K3, mentre il contatto NO (7-8), chiudendosi, eccita il relè K4. In tal modo, viene a mancare l'alimentazione proprio al temporizzatore, in quanto K4, eccitandosi, apre il contatto che alimenta K2; in definitiva, perciò, non è detto che K4 riesca ad autoalimentarsi.

Mantenendo alimentato il temporizzatore, è possibile, però, eliminare ogni incertezza sul funzionamento dello schema, come mostrato nello schema di fig. 8.12b.

Un altro modo per eliminare i problemi riguardanti i collegamenti che provocano un funzionamento incerto è presentato nella fig. 8.13.

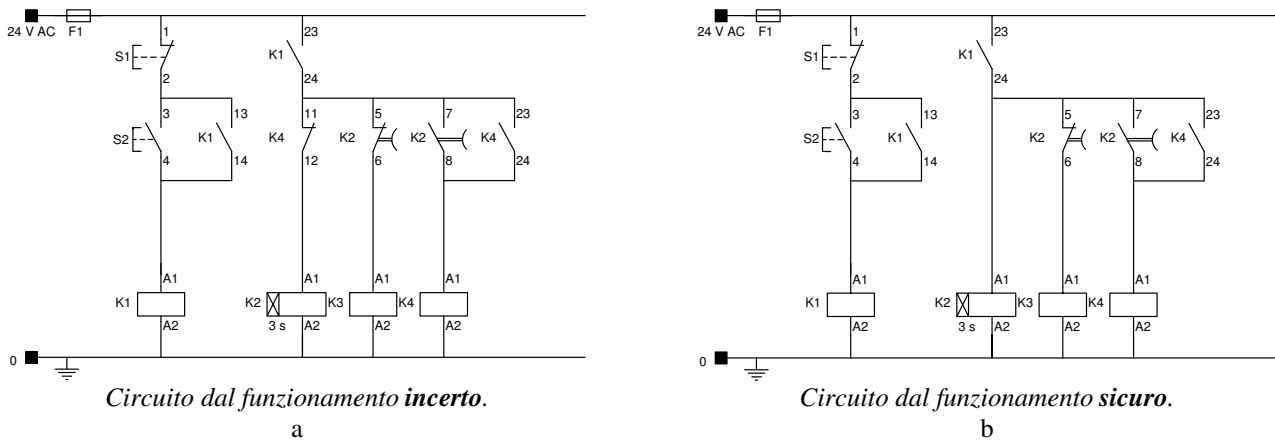


Fig. 8.12 - Trasformazione di un circuito dal funzionamento incerto in uno dal funzionamento sicuro.

Nello schema di fig. 8.13a, quando si preme il pulsante S2 di marcia, è eccitato il relè K1, il quale permette l'alimentazione del temporizzatore K2 per mezzo del contatto (23-24).

Il temporizzatore, trascorso il tempo impostato (5 s), chiude il suo contatto NO (7-8), che, a sua volta, provoca l'eccitazione del relè K3, il quale agisce sui suoi contatti; in particolare, apre il contatto NC (11-12) e chiude il contatto NO (23-24). Durante questa fase, il contatto di K3 (11-12) toglie l'alimentazione al temporizzatore K2, il quale riapre il suo contatto (7-8); si viene così a creare un funzionamento incerto, in quanto non è sicuro che il relè K3 possa effettivamente autoalimentarsi mediante il suo contatto NO (23-24): in alcuni casi, il ciclo potrebbe arrestarsi. Per eliminare il funzionamento incerto, è possibile utilizzare la soluzione proposta nello schema di fig. 8.13b, dove è stato aggiunto un relè (K5).

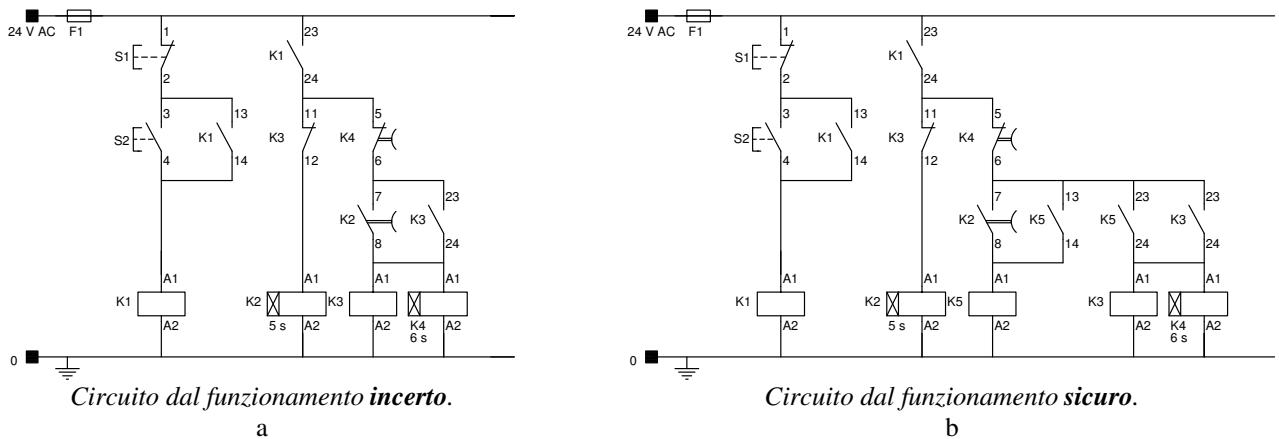


Fig. 8.13 - Trasformazione di un circuito dal funzionamento incerto in uno dal funzionamento sicuro.

Quando il temporizzatore K2 attiva il suo contatto NO (7-8), eccita il relè K5, il quale chiude i suoi contatti (13-14) di autoalimentazione, nonché il contatto (23-24) che alimenta il relè K3, il quale, a sua volta, agisce togliendo l'alimentazione al temporizzatore K2. In questo modo, si ottiene un funzionamento corretto, in quanto il sicuro stato di eccitazione di K5 (si è autoalimentato) consente di proseguire con sicurezza il ciclo.

Il ciclo prevede, con l'eccitazione di K3, anche l'alimentazione del temporizzatore K4, che, a sua volta, trascorso il tempo impostato di 6 s, diseccita K5, K3 e K4; in particolare, il contatto di K3 NC (11-12), a questo punto, si richiude, restituendo l'alimentazione al temporizzatore K2, il quale, automaticamente, avvia un nuovo ciclo.

Per arrestare il ciclo in qualsiasi istante, è sufficiente premere il pulsante di arresto S2.

L'ultimo schema proposto (fig. 8.14) mostra come sia possibile utilizzare i contatti normali NO e NC di un pulsante (S2) per realizzare un automatismo che preveda il comando in sequenza di tre relè: K1, K2 e K3. Si noti che i contatti NC di S2 si aprono prima che si chiudano i contatti NO.

Lo schema ha il seguente funzionamento: se si preme il pulsante S2, si eccita il relè K1; se si rilascia S2, si eccita il relè K2; se si preme di nuovo S2, si eccita il relè K3. I relè rimangono eccitati per mezzo dei rispettivi contatti di autoalimentazione.

Premendo il pulsante S1 in qualsiasi istante, è possibile diseccitare tutti i relè che in quel momento sono eccitati.

Aumentando il numero dei contatti di S2, secondo quanto mostrato precedentemente e modificando il circuito di comando, è possibile aumentare il numero dei relè da eccitare in sequenza.

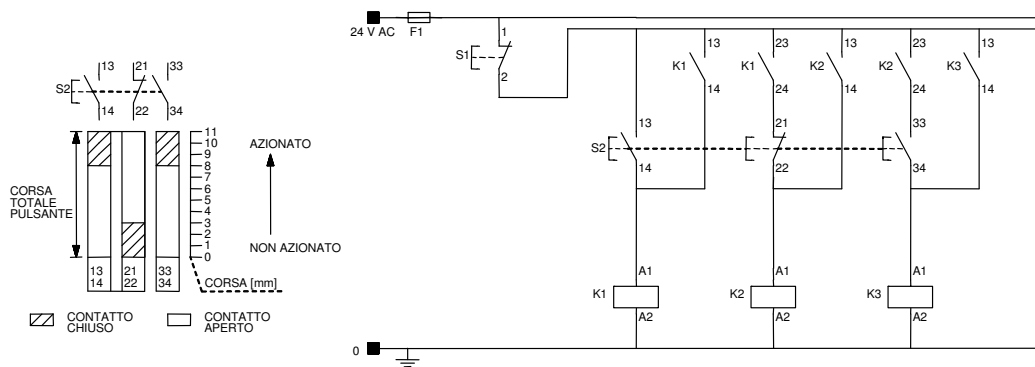


Fig. 8.14 - Esempio di uso contemporaneo dei contatti NO e NC di un pulsante.

Durante la stesura di un progetto, il montaggio o la modifica di un impianto con contatti elettromeccanici, si può presentare la necessità di collegare dei contatti NC oppure NO, in serie o in parallelo, e di disporre solo dei loro complementari. Il problema può essere risolto utilizzando alcuni teoremi dell'algebra booleana.

In particolare, è possibile utilizzare i teoremi di De Morgan. Tali teoremi consentono di trasformare un determinato schema elettrico in un altro con caratteristiche inverse, avente però un funzionamento equivalente al precedente: i contatti da normalmente aperti diventano normalmente chiusi e il collegamento dei contatti da serie diventa parallelo e viceversa.

Per esempio, si prenda in considerazione lo schema elettrico mostrato in fig. 8.15a. Il circuito con caratteristiche inverse, ma con funzionamento equivalente, è mostrato nella fig. 8.15b. Come si può notare, nel primo schema i pulsanti sono collegati in parallelo, con S1 normalmente aperto e S2 normalmente chiuso; nel secondo schema, invece, i pulsanti sono collegati in serie, con S1 normalmente chiuso e S2 normalmente aperto. L'azionamento dei pulsanti S1 e/o S2 determinerà nei due circuiti lo stesso risultato di accensione o meno della lampada P1.

Ragionando in modo analogo, si ottiene la trasformazione del circuito di fig. 8.15c nello schema di fig. 8.15d.

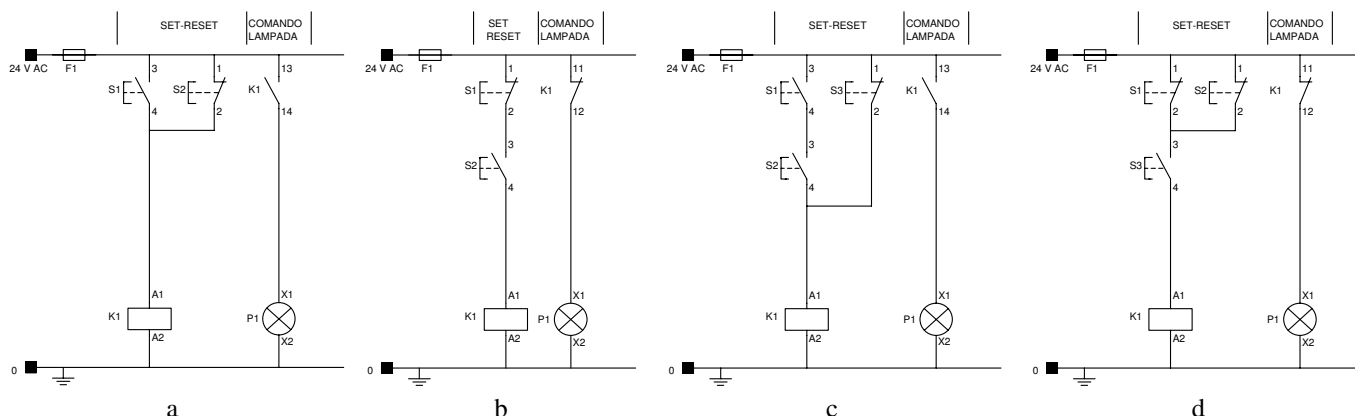


Fig. 8.15 - Esempi di applicazione dei teoremi di De Morgan.

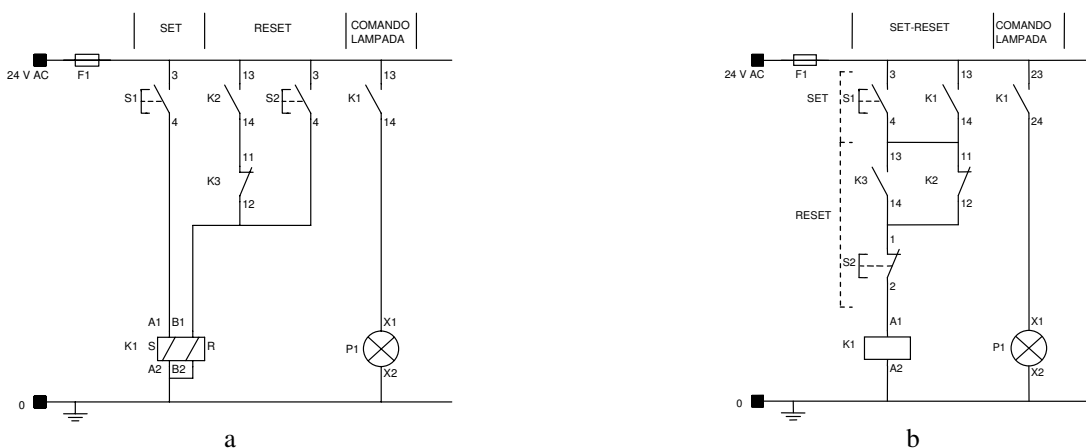


Fig. 8.16 - Esempio di applicazione dei teoremi di De Morgan.

I teoremi di De Morgan possono essere utilizzati per la trasformazione di un comando per un relè bistabile, come mostrato nella fig. 8.16a, in un comando per un relè monostabile, come riportato nella fig. 8.16b, avente le medesime caratteristiche di funzionamento. In particolare, il **set (s)** dei due relè, e quindi l'accensione della lampada P1, avviene premendo il pulsante S1, mentre il **reset (r)**, ovvero lo spegnimento della lampada P1, avviene, in entrambi i casi, premendo il pulsante S2 oppure eccitando il relè K2, ma non il relè K3.

Nella fig. 8.17a, i teoremi di De Morgan sono utilizzati per mostrare come il relè K1 possa essere eccitato utilizzando tre interruttori di posizione S1, S2, S3 normalmente aperti e collegati in serie, oppure con gli stessi interruttori di posizione collegati in parallelo, ma normalmente chiusi, come mostrato nella fig. 8.17b. In entrambi i circuiti, si avrà l'eccitazione del relè K1 solo con l'azionamento di tutti e tre gli interruttori di posizione.

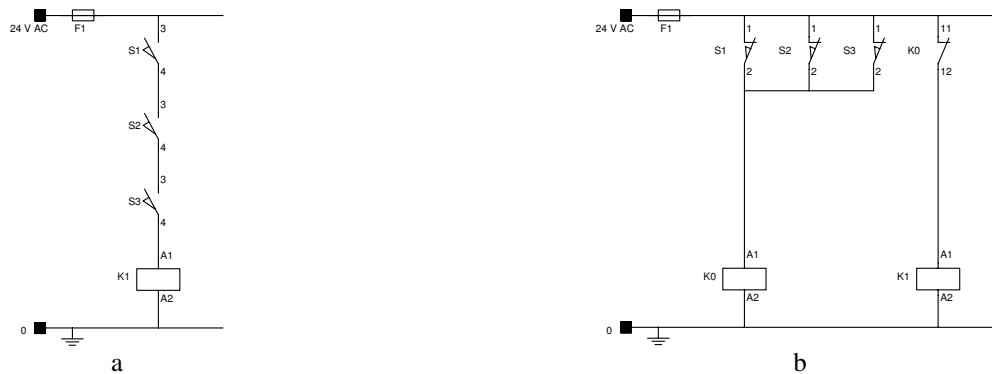


Fig. 8.17 - Esempio di applicazione dei teoremi di De Morgan.

8.2 Schemi elettrici industriali

In questo capitolo sarà presentata una serie di schemi in cui sono riunite le soluzioni più frequenti con utilizzo di contattori e motori asincroni trifase, oltre a una serie di applicazioni legate all'automazione industriale realizzate mediante l'uso di pulsanti, interruttori di posizione, relè, temporizzatori, contattori, contaimpulsi e così via.

Gli schemi, presentati in ordine di difficoltà crescente, sono accompagnati dallo schema di potenza e dallo schema funzionale; possono altresì essere utilizzati per lo studio dei controllori logici programmabili (PLC), trasformando la logica cablata tradizionale nella logica programmata tipica dei PLC.

Gli schemi presentati possono essere considerati degli schemi "tipo". Se necessario, per realizzare impianti più complessi, è possibile modificare, ampliare oppure unire i diversi schemi, ottenendo così l'impianto per l'applicazione che si desidera.

Ogni circuito presentato risulta equipaggiato da un certo numero di indicatori luminosi, che segnalano le diverse sequenze di manovra e di consenso. Oltre a quelle proposte, si possono aggiungere ulteriori sequenze, in base alle proprie esigenze di controllo e di supervisione dell'impianto e della macchina.

Per la designazione dei componenti e dei colori delle lampade e dei pulsanti, si è fatto riferimento alle norme CEI, come riportato nel Capitolo 1. La numerazione dei morsetti, anch'essa conforme alle norme CEI, fa riferimento in particolare alla serie normalizzata E.

I segni grafici utilizzati sono conformi ai fascicoli delle norme CEI emesse dal Comitato Tecnico 3, riportate in questo capitolo, in cui sono stati riuniti i simboli più utilizzati e sono mostrate le principali regole per la preparazione della documentazione che deve accompagnare ogni impianto o macchinario.

Negli schemi sono riportati anche i morsetti, indicati con dei quadratini neri, relativi alla connessione fra i circuiti di comando interni alla cassetta o all'armadio elettrico e quelli periferici relativi al campo (pulsantiere, sensori, finecorsa, ecc.). Ogni circuito di potenza prevede un interruttore di potenza (per esempio, Q0), posto sul portello del quadro elettrico, al fine di togliere l'alimentazione sia agli utilizzatori di potenza sia ai circuiti ausiliari.

Sempre nel circuito di potenza, si può notare come i motori elettrici (in genere asincroni trifase) siano protetti contro i cortocircuiti mediante fusibili, mentre la protezione contro i sovraccarichi è demandata ai relè termici.

L'intervento di questi relè provoca, in genere, l'arresto dell'impianto o di una parte di esso e, contemporaneamente, l'attivazione del circuito di segnalazione, che, in alcuni casi, è acustico e luminoso.

Per riattivare l'impianto, è necessario ripristinare il relè termico, dopo aver eliminato l'anomalia che ne ha provocato l'intervento, e, quindi, dare gli opportuni comandi per la ripresa del ciclo.

Nei primi impianti, è proposta, inoltre, una possibile disposizione delle apparecchiature nel quadro di comando, comprendenti quelle appartenenti al circuito di potenza e ai circuiti ausiliari, nonché la morsettiera necessaria per i collegamenti con il campo.

I circuiti di comando, in base alla norma CEI 44-5, sono utilizzati per pilotare il funzionamento, per esempio, di una macchina o di un automatismo. Possono essere realizzati per funzionare in corrente alternata o continua, ma per l'alimentazione occorre utilizzare trasformatori con avvolgimenti separati.

La norma non precisa valori preferenziali per la tensione di comando, indicando solo in 250 V il valore massimo consentito. La scelta del valore di una tensione troppo bassa può dar luogo a inconvenienti funzionali, specialmente se si lavora in ambiente polverosi, mentre tensioni troppo alte comportano difficoltà di isolamento negli apparecchi di comando. Normalmente si sceglie il valore di 110/115 V; per i circuiti di segnalazione, se sono alimentati separatamente, si preferisce la tensione di 24 V.

La norma CEI 44-5 prescrive che i circuiti di comando siano protetti contro i cortocircuiti e, eventualmente, contro i sovraccarichi; quest'ultima eventualità può risultare opportuna nei casi in cui, a causa della non contemporaneità dei vari comandi, la potenza del trasformatore di alimentazione risulti inferiore alla somma delle potenze richieste dai vari circuiti. Occorre, inoltre, fare in modo che un'eventuale interruzione improvvisa di alimentazione sui circuiti di comando non comporti situazioni di pericolo per la macchina azionata.

Il collegamento al circuito di protezione di una polarità del trasformatore che alimenta i circuiti di comando permette di rilevare, mediante l'intervento delle protezioni di massima corrente, eventuali guasti nell'isolamento verso massa, purché tutte le masse siano a loro volta collegate al circuito di protezione.

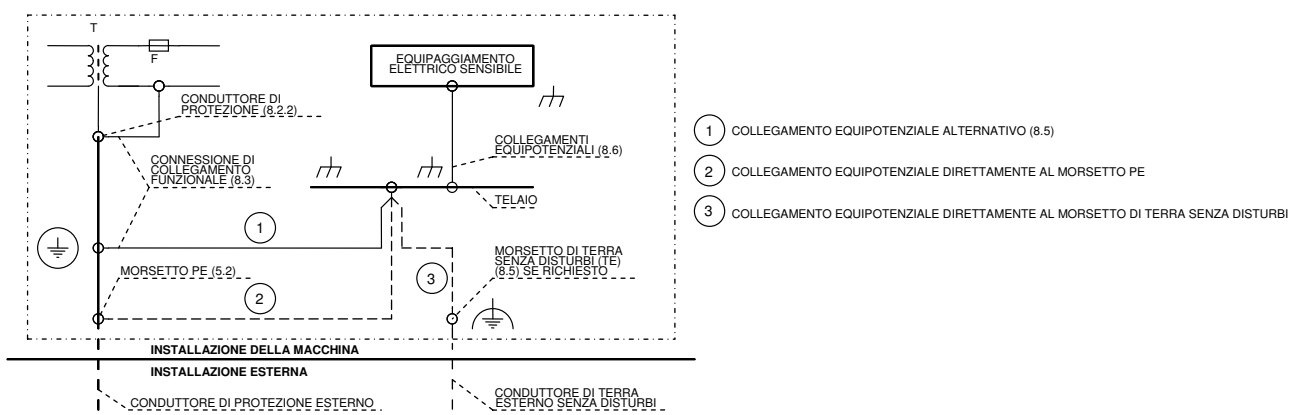


Fig. 8.18 - Collegamenti equipotenziati di protezione su di una macchina operatrice (norma CEI 44-5).

Tale collegamento, utile per rilevare possibili difetti all'isolamento, presenta anche vantaggi dal punto di vista funzionale, perché evita la possibilità che eventuali guasti a terra provochino un funzionamento intempestivo.

Per l'alimentazione dei circuiti ausiliari si è preferito, negli schemi che seguiranno, utilizzare un trasformatore di isolamento o di sicurezza per farli funzionare con una bassissima tensione (≤ 50 V).

Il trasformatore è normalmente posto all'interno del quadro elettrico; in alternativa, è possibile alimentare i circuiti ausiliari mediante un trasformatore esterno, utilizzando i morsetti 1 e 2 posti nella morsettiera del quadro.

Per impostare correttamente l'alimentazione dei circuiti ausiliari, occorre, come mostrato nello schema di fig. 8.19, collegare un'estremità dell'avvolgimento secondario del trasformatore a terra e ad esso devono fare capo **direttamente** un morsetto, delle bobine, dei relè e dei contattori (in pratica, il comune di tutte le bobine di comando componenti il circuito); in tal modo, ogni guasto a terra che si dovesse verificare nel tratto di circuito compreso fra il secondo morsetto della bobina e l'altra estremità del secondario, verrebbe ricondotto a cortocircuito e, come tale, rilevato dalla protezione di massima corrente (in questo caso dai fusibili).

Nel contempo la bobina non potrebbe eccitarsi, poiché entrambi i suoi capi verrebbero ad assumere il potenziale di terra.

I guasti verso terra, rappresentati nello schema di fig. 8.19, mostrano alcune situazioni che possono diventare pericolose se non si adotta la soluzione circuitale proposta precedentemente (si immagini, per esempio, che i contattori Q1, Q2, Q3 e Q4 alimentino dei motori elettrici azionanti presse, nastri trasportatori o macchine utensili).

Nel primo tipo di guasto (caso A), dove si trova un contatto in serie tra la bobina del contattore Q1 e il conduttore di alimentazione collegato a terra, l'eventuale intervento del relè termico F3, che provoca l'apertura del contatto NC (95-96), diventa inefficace, in quanto il guasto, in pratica, mette in cortocircuito il contatto stesso, vanificando l'azione protettiva sul motore del relè termico.

Questo tipo di collegamento, perciò, non deve essere mai eseguito, se non in casi particolari.

Nel secondo tipo di guasto (caso B), si ha, invece, il cortocircuito del contatto del relè termico F4, che impedisce la diseccitazione del contattore Q2, a seguito di un sovraccarico al motore asincrono. Nel terzo tipo di guasto (caso C), si ha, invece, il cortocircuito del pulsante di arresto S3, che impedisce la diseccitazione del contattore Q3, anche se il pulsante S5 è azionato.

Infine, con il quarto tipo di guasto (caso D), si ottiene l'effetto di eccitare, senza premere il pulsante S8 di marcia, il contattore Q4; anche in questo caso si hanno imprevedibili e pericolose conseguenze per il personale addetto e per il macchinario.

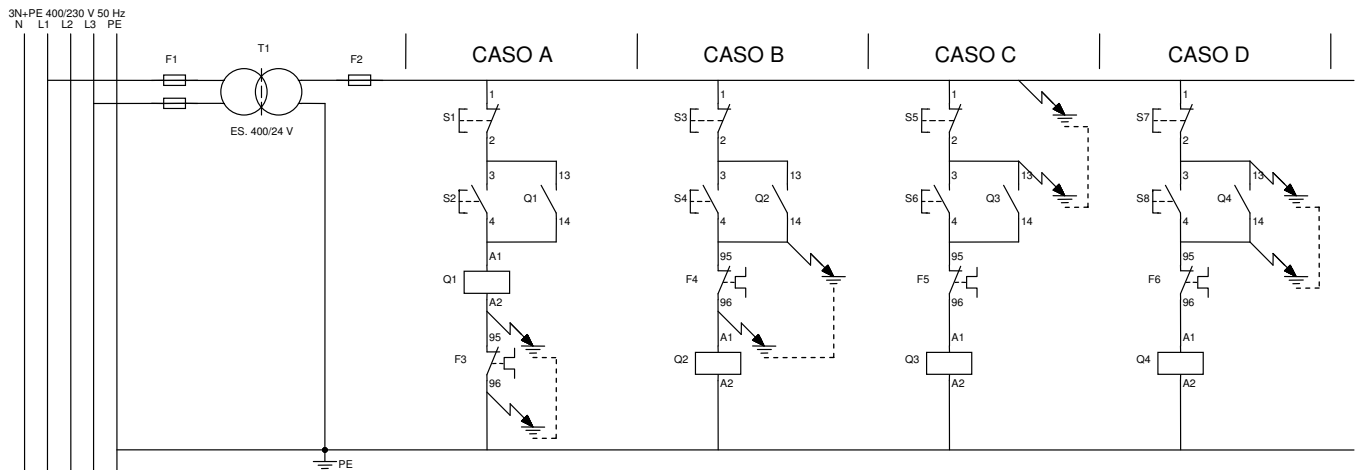


Fig. 8.19 - Esempio di circuito ausiliario alimentato attraverso un trasformatore, con un morsetto del secondario collegato a terra e ai comuni delle bobine. Esempi di guasti verso terra.

In realtà, sono ammesse alcune eccezioni. In particolare, è possibile collegare i contatti dei dispositivi di protezione (per esempio, relè termico) fra l'estremo connesso al circuito di protezione equipotenziale e le bobine, quando i conduttori fra questi contatti e le bobine dei dispositivi di comando, su cui operano i contatti dei relè, sono all'interno del medesimo involucro di comando e la connessione è così corta e di un particolare tipo da rendere improbabile un guasto a terra.

Per quanto riguarda la stesura degli schemi funzionali, si è fatto riferimento alle raccomandazioni delle norme CEI riportate nel Capitolo 1. Si consiglia, oltre alla lettura del testo che descrive il funzionamento dell'impianto, di leggere attentamente i commenti riportati nella parte superiore di ogni schema funzionale; ogni commento, infatti, descrive sinteticamente la funzione svolta da ogni singola parte di schema.

Quando è stato possibile, i gruppi funzionali e gli altri elementi sono stati disposti in modo da evidenziare chiaramente la sequenza delle operazioni (da sinistra verso destra o dall'alto verso il basso) o il flusso dei segnali.

Nella rappresentazione dei circuiti sono stati adottati alcuni accorgimenti, anche di ordine estetico, per migliorare la chiarezza negli schemi.

Si è cercato, inoltre, di adottare una disposizione dello schema che faciliti l'esecuzione delle prove di funzionamento e la localizzazione dei guasti (per esempio, numerazione dei cavi e dei morsetti).

Questo modo di impostare la documentazione tecnica ritornerà utile anche per una corretta stesura dei programmi per i controllori logici programmabili (PLC) e per il collegamento degli stessi con i dispositivi di ingresso e di uscita (pulsanti, selettori, contattori, elettrovalvole, ecc.).

8.3 Avviamento diretto di un motore asincrono trifase

Questo tipo di avviamento, previsto dalle norme CEI 17-50, consente di collegare direttamente alla rete di alimentazione i motori asincroni trifase (MAT). Questo tipo di avviamento richiede, al momento della chiusura del circuito, una corrente superiore alla corrente nominale. Tale corrente è chiamata *corrente di spunto* o di inserzione.

Durante la fase di avviamento, il motore sviluppa una coppia di spunto che è superiore alla coppia resistente; si determinano, in tal modo, la rotazione e, quindi, la messa in marcia del rotore del MAT.

Sia la corrente di spunto sia la coppia sviluppata nella fase di avviamento hanno valori superiori alla corrente nominale e alla coppia nominale, variando dalle cinque alle otto volte per la corrente e dalle due alle tre volte per la coppia. L'avviamento diretto è utilizzato negli impianti per comandare dei MAT con rotore a gabbia di scoiattolo e con potenze fino ad un massimo di 11 kW; in alcuni casi, quando il rapporto tra la corrente di spunto e quella nominale è elevato, tale limite è ridotto.

Gli avviamenti diretti sono utilizzati per motori asincroni trifase di piccola potenza, collegati sia a stella sia a triangolo, comunque compatibili con le caratteristiche (tensione, corrente) della rete di alimentazione, e montati su macchine che non necessitano di un'accelerazione graduale.

Per motori di media potenza è possibile effettuare l'avviamento diretto solo se l'utente è dotato di propria cabina di trasformazione. L'avviamento diretto è utilizzato anche in quei casi dove sono utilizzati motori di media potenza,

quando però la trasmissione del moto alla macchina operatrice non avviene direttamente, ma mediante giunti oleodinamici oppure mediante frizioni.

L'utilizzo di questo tipo di avviamento non è consigliabile quando la corrente di spunto produce una caduta di tensione maggiore del 10% della tensione nominale, in quanto questa variazione di tensione potrebbe causare dei danni all'impianto e all'avviatore stesso.

Si noti comunque che il motore è in grado, con questo tipo di avviamento, di generare una coppia più elevata di quella nominale che permette di avviare delle macchine che lavorano a pieno carico.

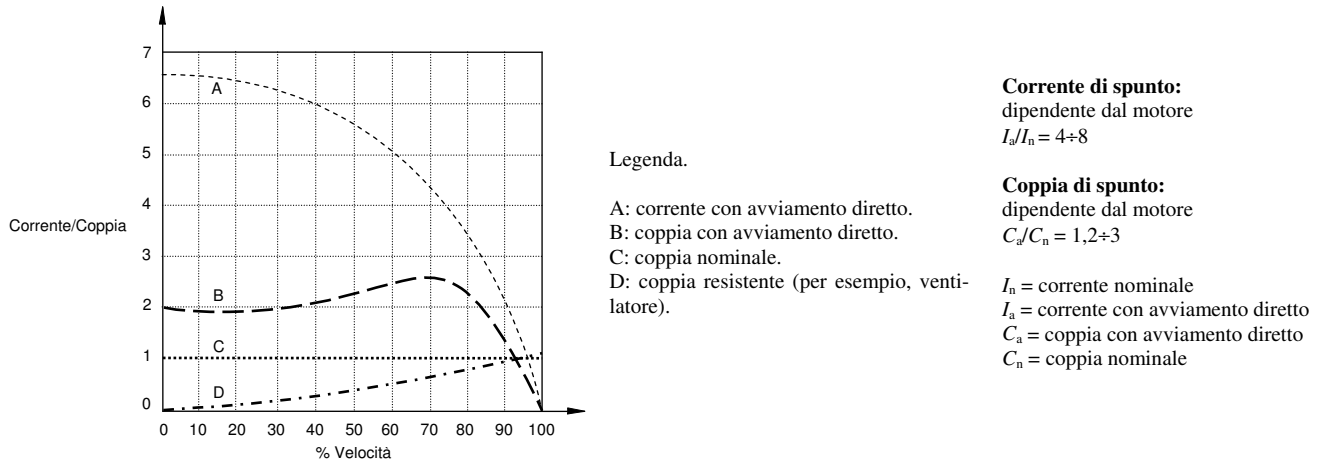


Fig. 8.20 - Caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase avviato direttamente.

L'utilizzo dell'avviamento diretto è indicato in tutti quei casi in cui si debbano avviare macchine semplici, come, per esempio, rettificatrici, piallatrici, pompe, compressori, aerotermi.

L'uso di contattori consente di avviare i motori a distanza e di evitare un loro riavvio automatico dopo la mancanza di tensione.

Per la realizzazione pratica di questo tipo di avviamento, sono in genere necessarie poche apparecchiature: pulsanti, contattore e un relè termico (tarato per la sua corrente nominale) con il relativo interruttore automatico o fusibile per proteggerlo, rispettivamente, dai sovraccarichi e dai cortocircuiti.

Vantaggi. Per realizzare questo tipo di avviamento, sono necessarie apparecchiature semplici, poco costose e in numero limitato; inoltre, si fornisce una coppia di avviamento maggiore di quella che si riesce ad ottenere da qualsiasi altro sistema di avviamento.

Svantaggi. Questo avviamento ha un elevato assorbimento di corrente allo spunto.

Utilizzo. Può essere utilizzato quando non è necessario un avviamento progressivo.

8.3.1 Telecomando di un motore asincrono 1) trifase (MAT) 2) monofase (MAM)

Questo primo impianto (suddiviso su due tavole) presenta l'avviamento diretto di un motore asincrono trifase (MAT) e di un motore asincrono monofase (MAM) con i relativi schemi di potenza e funzionale.

Nello schema di potenza (tavola 1 di 2) è previsto un interruttore Q0 in grado di alimentare sia il circuito di potenza sia i circuiti ausiliari. I motori sono comandati, secondo il tipo di motore, da un contattore Q1 e sono protetti dai cortocircuiti dai fusibili F1. La protezione dai sovraccarichi è assicurata, invece, dal relè termico F2 (si noti il particolare collegamento del relè termico F2 nel caso del motore monofase).

Sempre nella prima tavola sono mostrate, inoltre, la morsettiera X1 (per i collegamenti del quadro con la linea di alimentazione, con il motore e con gli organi di comando e di segnalazione) e una possibile disposizione delle apparecchiature nel quadro di comando.

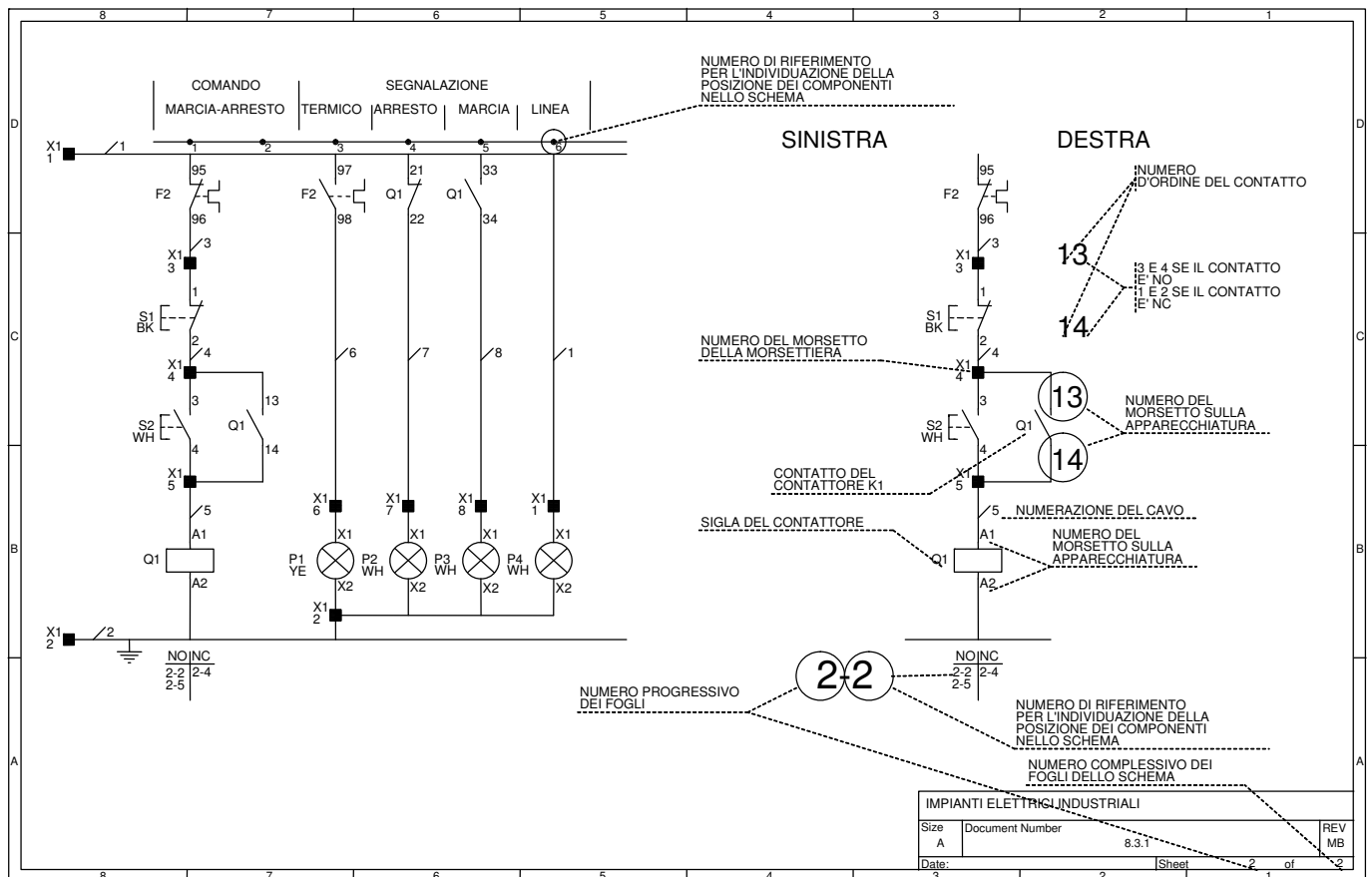
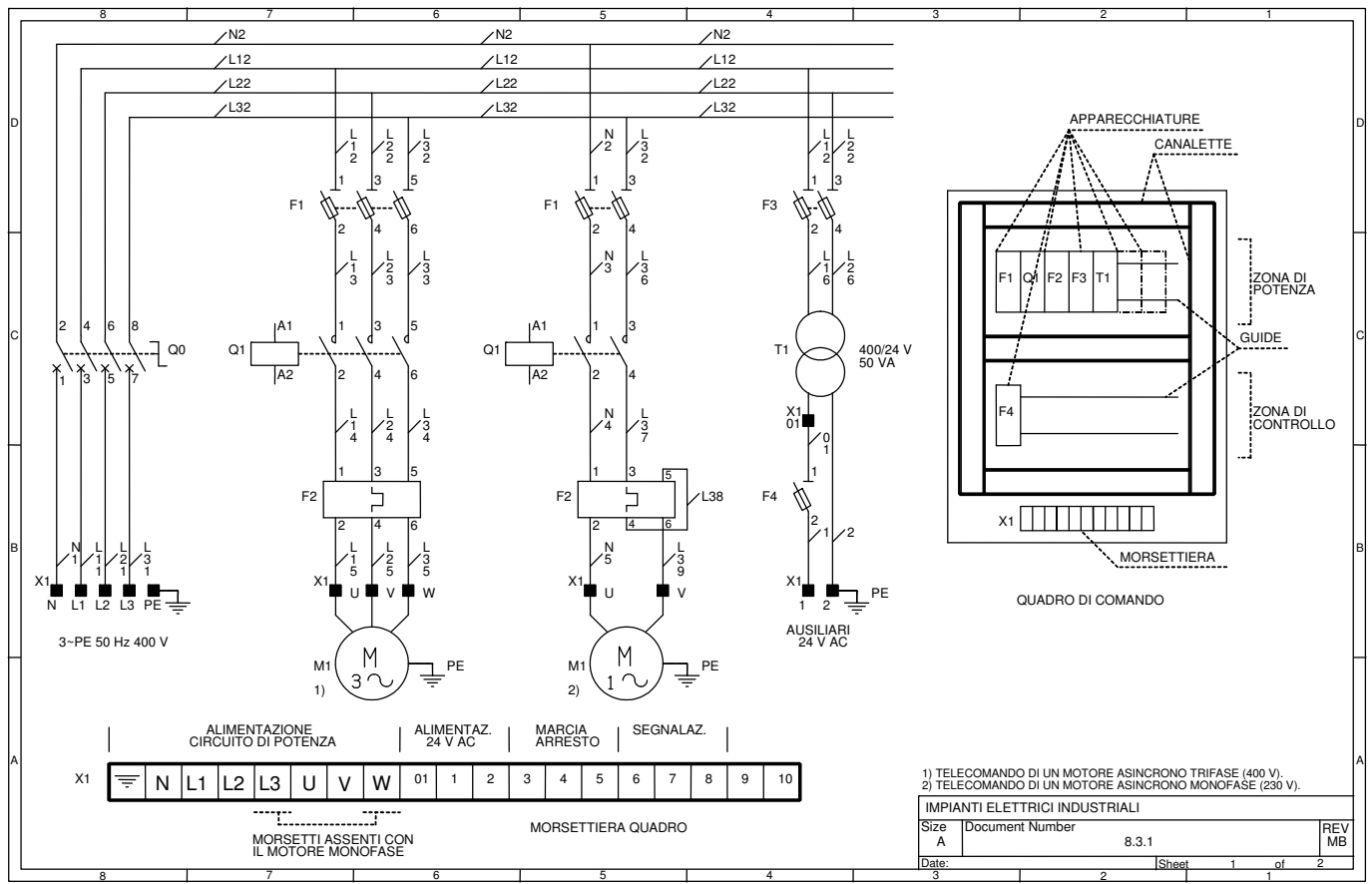
I circuiti ausiliari sono alimentati mediante il trasformatore T1 e sono protetti mediante i fusibili F3 e F4.

Lo schema funzionale (tavola 2 di 2) prevede due pulsanti: l'uno normalmente aperto (S2), che consente, se premuto, di avviare il motore, e l'altro normalmente chiuso (S1), che permette di arrestarlo.

Il motore si arresta anche se interviene il relè termico F2, in quanto si apre il contatto normalmente chiuso 95-96, che determina la diseccitazione del contattore Q1.

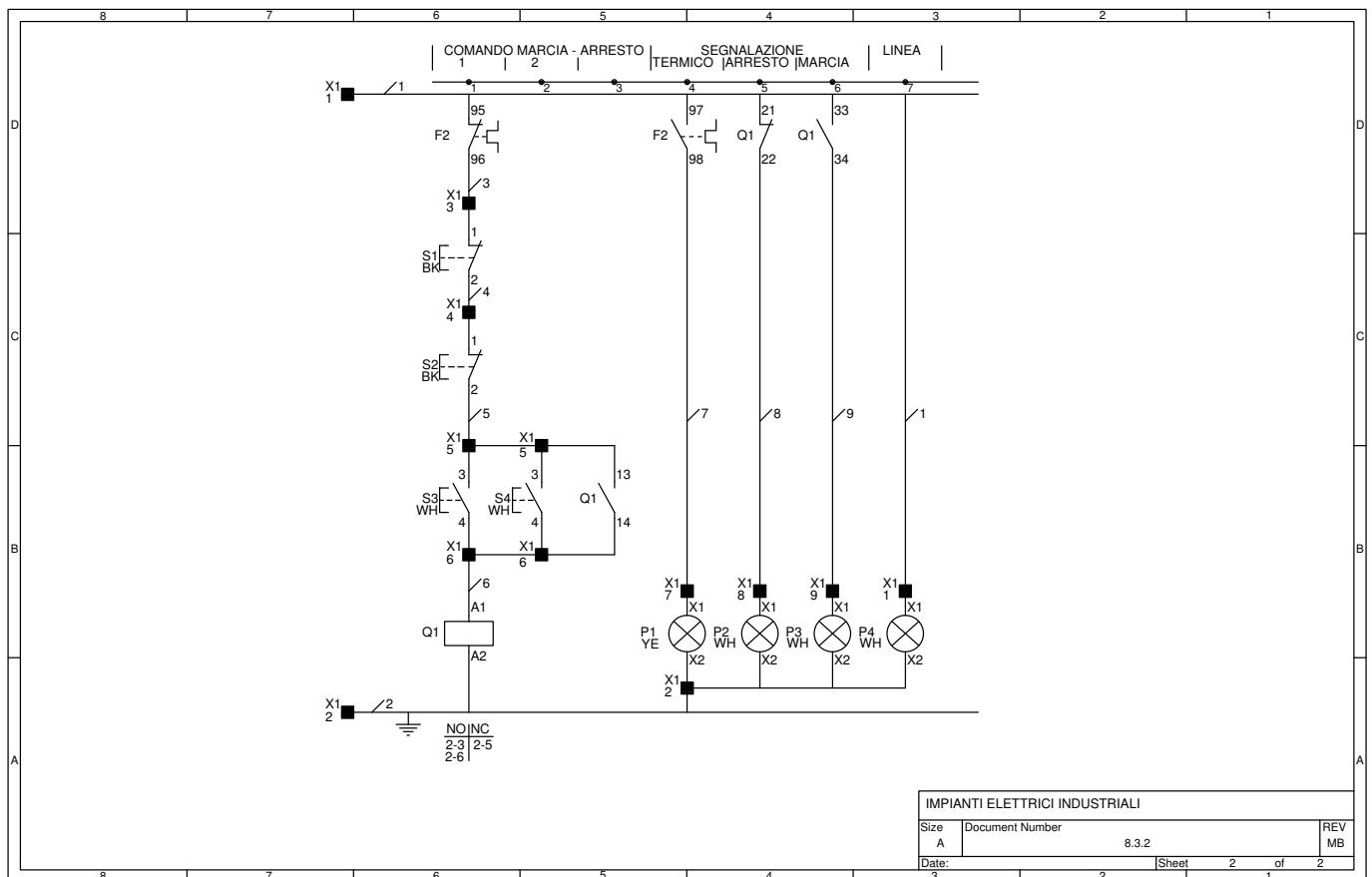
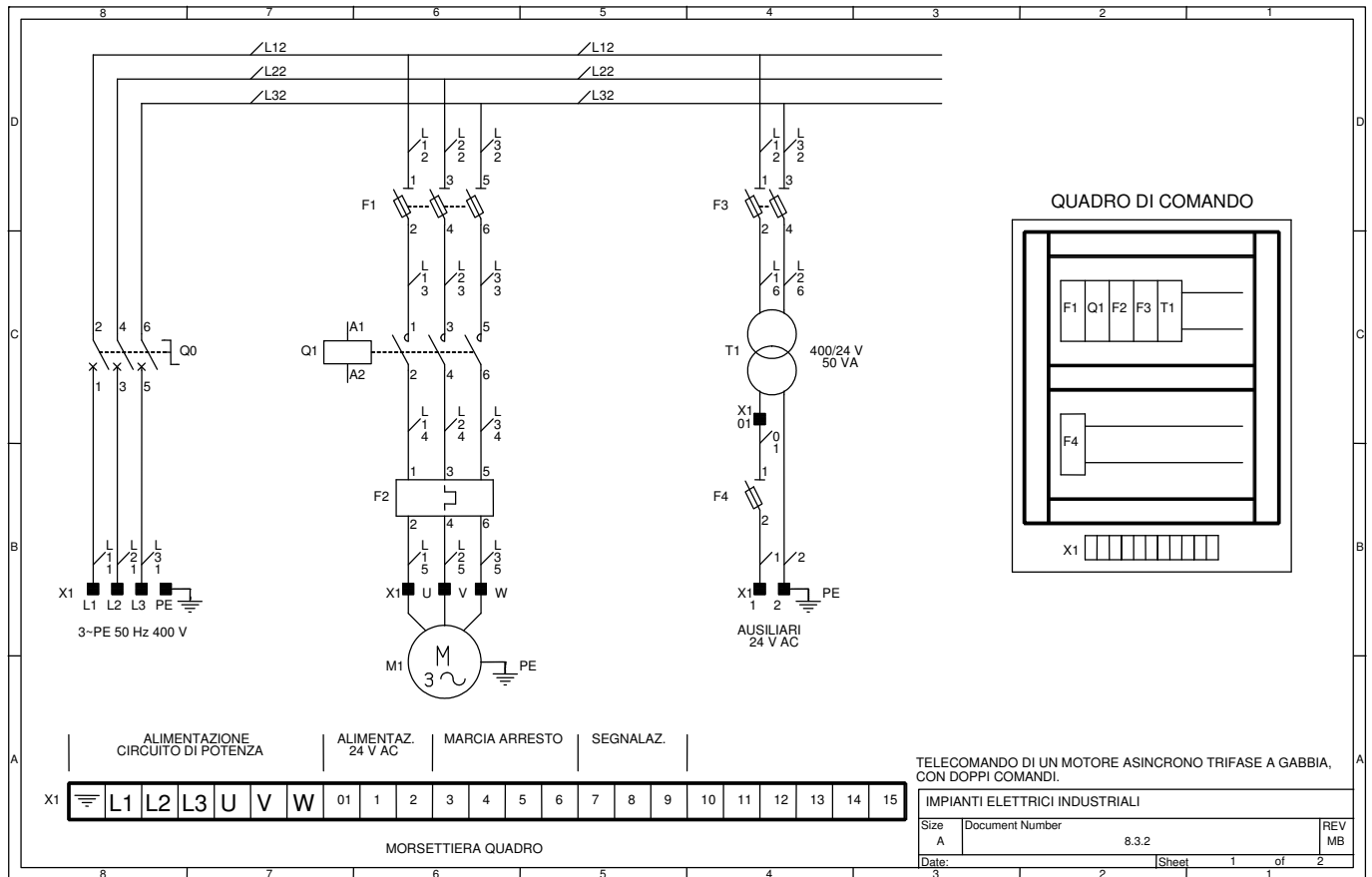
Completano l'impianto le seguenti lampade di segnalazione: P1 indica l'intervento del relè termico; P2 e P3 segnalano lo stato del motore e, in particolare, indicano, rispettivamente, se il motore è fermo o in marcia; P4 indica quando i circuiti sono alimentati.

Nella seconda tavola è spiegato, inoltre, il significato delle sigle che compaiono a fianco dei segni grafici. Per maggiori informazioni si veda il Capitolo 1.



8.3.2 Telecomando di un motore asincrono trifase a gabbia, con doppi comandi

Il secondo impianto è, in pratica, un'estensione del precedente, in quanto consente di mettere in marcia e arrestare un MAT da due punti.



La prima tavola (1 di 2) prevede il circuito di potenza e il trasformatore T1 per l'alimentazione dei circuiti ausiliari, la morsettiera X1 e la disposizione delle apparecchiature nel quadro di comando, in modo analogo a quanto visto nell'impianto precedente.

Lo schema funzionale differisce dallo schema precedente, in quanto consente di avviare e arrestare il motore da due punti, rispettivamente con i pulsanti S3-S4 e con i pulsanti S1-S2.

Sono previste, anche in questo caso, la diseccitazione del contattore Q1, se interviene il relè termico F2 mediante il contatto NC 95-96, e l'accensione della lampada di segnalazione P1, mediante il contatto NO 97-98.

Il circuito di segnalazione prevede le stesse lampade di segnalazione viste nel primo impianto: P1 indica l'intervento del relè termico; P2 e P3 segnalano lo stato del motore e, in particolare, indicano, rispettivamente, se il motore è fermo o in marcia; P4 indica che i circuiti sono alimentati.

Questo circuito può essere utilizzato quando un impianto o una macchina è di vaste proporzioni e, quindi, vi possono essere dei posti di comando da cui l'operatore può avviare o arrestare la macchina.

8.3.3 Telecomando di un motore asincrono trifase mediante comando di sicurezza a due pulsanti

Il circuito di potenza (tavola 1) di questo impianto, come è possibile vedere confrontando le tavole, risulta uguale ai precedenti impianti e consente l'avviamento diretto di un motore asincrono trifase mediante l'uso di un contattore Q1. I circuiti di comando (soluzione 1, 2 e 3) rappresentati nella tavola 2 prevedono invece alcune differenze.

Infatti, in alcuni tipi di macchine (presse cesoie, piegatrici) dove spesso, per posizionare il pezzo, l'operatore viene a trovarsi con le mani nel campo di azione della lama, si richiede che il comando di discesa della lama stessa sia effettuato contemporaneamente con entrambe le mani su due pulsanti distinti, in modo da assicurarsi che l'operatore non abbia le mani in posizione pericolose.

Tali pulsanti devono essere posti a distanza tale da poter essere agevolmente azionati con le due mani, ma non abbastanza vicini da poter essere azionati con due dita della stessa mano o almeno a 550 mm per evitare l'azionamento con la mano e il gomito di uno stesso braccio.

La norma 44-5 considera tre tipi di comando a due mani ad affidabilità crescente:

- *tipo 1* - si richiede l'applicazione continua del comando a entrambi i pulsanti; al rilascio di uno dei due si ha l'arresto; il movimento riprende appena l'applicazione è ripristinata;
- *tipo 2* - come il tipo 1, ma se un pulsante è rilasciato, il movimento può riprendere solo dopo che entrambi i pulsanti sono portati in posizione di riposo;
- *tipo 3* - come il tipo 2, ma l'azionamento dei due pulsanti deve essere contemporaneo o comunque avvenire entro il tempo limite di 0,5 s; se tale tempo è superato, entrambi i pulsanti devono essere rilasciati prima di procedere a una nuova operazione.

La prima soluzione (tipo 1), la meno sicura, attiva il contattore Q1, che comanda il motore M1 semplicemente azionando i pulsanti S2 e S3; non prevede alcuna sicurezza contro un guasto accidentale che mantenga costantemente chiuso il contatto di uno dei due pulsanti, o contro una manomissione per mantenere detto pulsante sempre azionato.

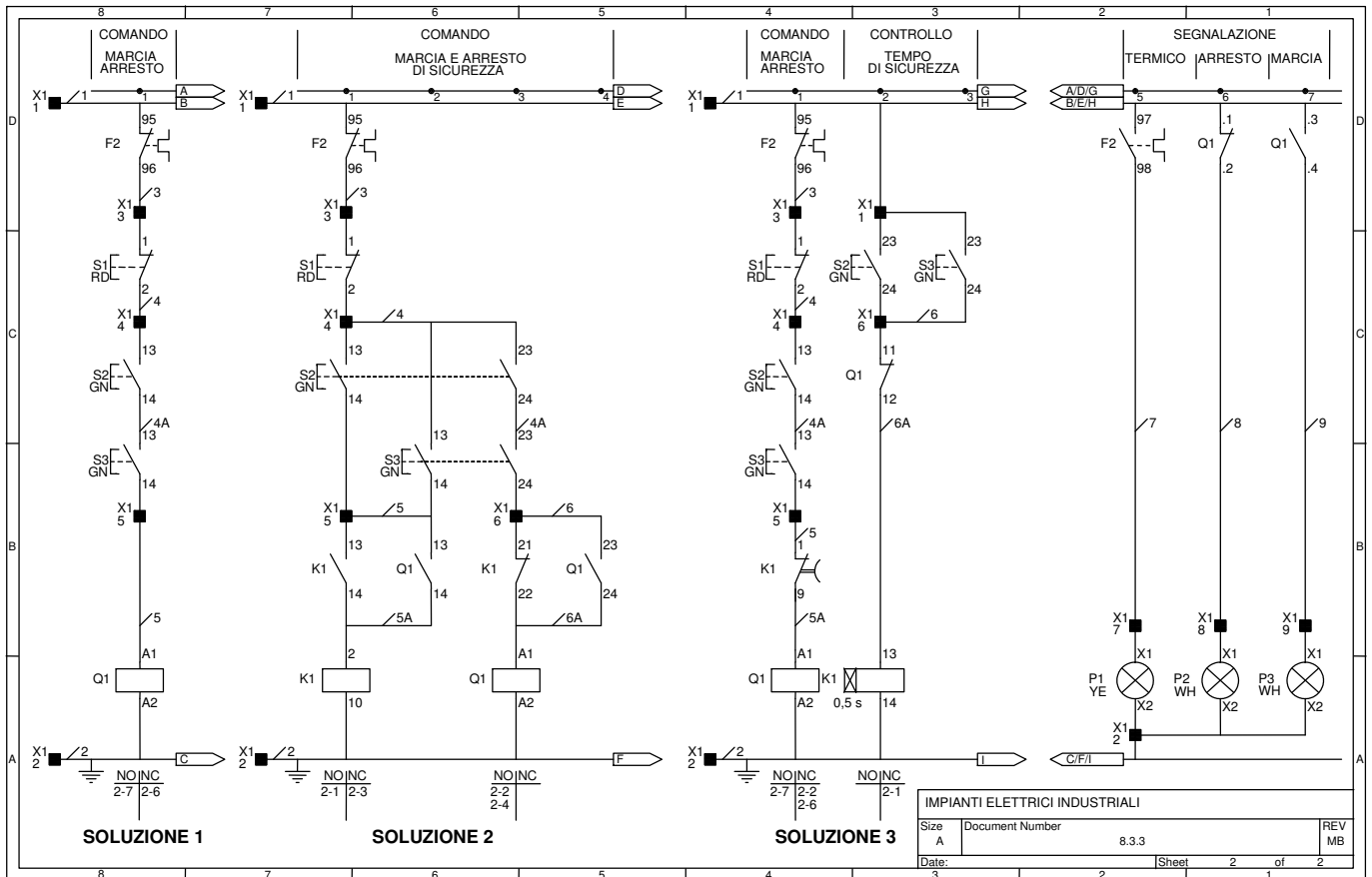
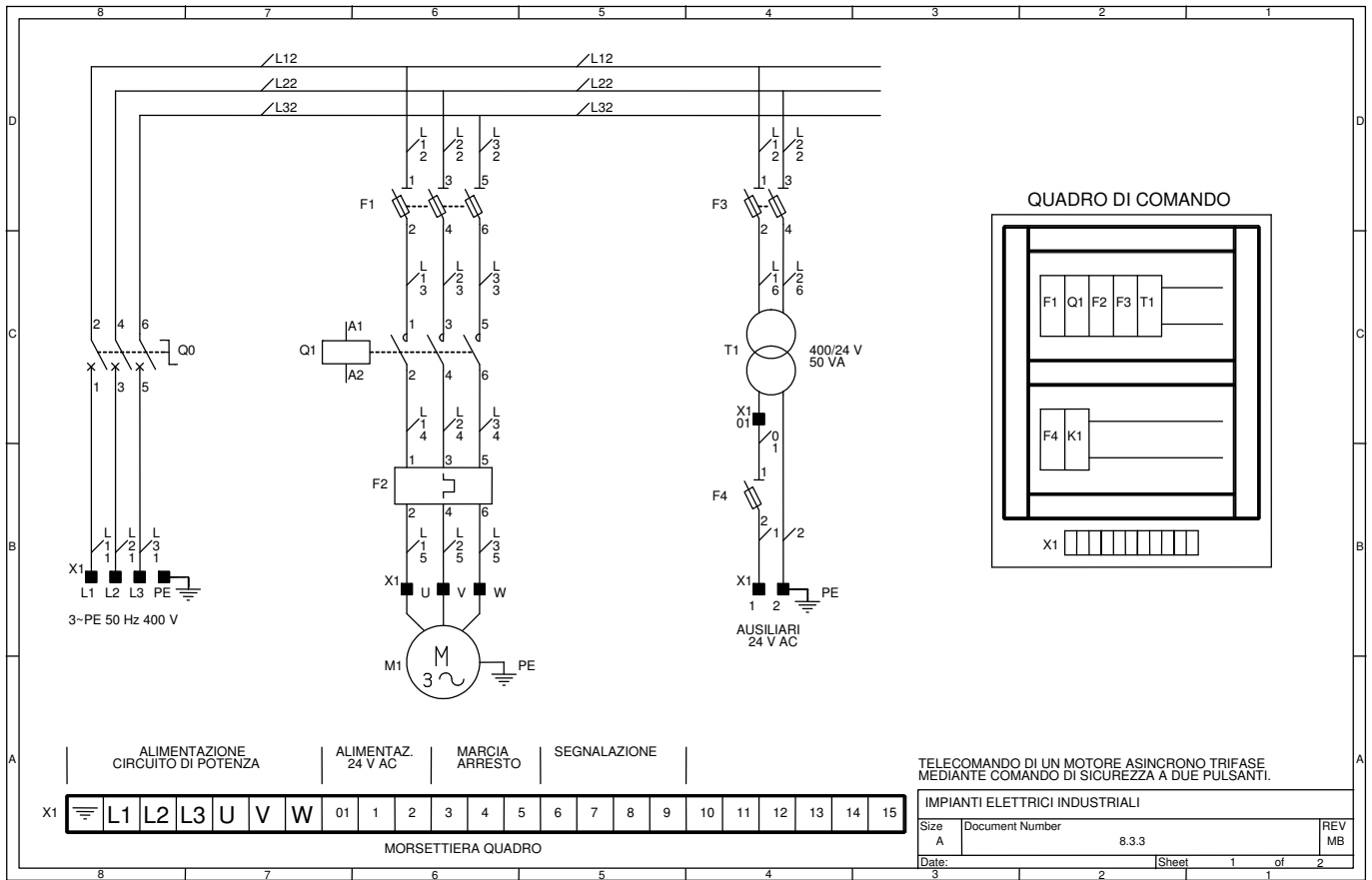
La seconda soluzione (tipo 2) prevede sempre l'azionamento dei pulsanti S2 e S3 e, analogamente, attiva il contattore Q1, ma utilizza, in questo caso, un relè ausiliario K1, il quale consente di escludere l'eventualità descritta per la prima soluzione; infatti, ad ogni nuovo avvio di ciclo, entrambi i pulsanti devono trovarsi nella situazione di "non azionato".

La terza soluzione (tipo 3), la più sicura, consente di eccitare il contattore Q1 solo se i pulsanti S1 e S2 sono premuti contemporaneamente. È possibile, infatti, un ritardo massimo di soli 0,5 s, ottenuto mediante il temporizzatore K1; trascorso tale tempo, se si è premuto un solo pulsante, non è più possibile eccitare Q1, se non rilasciando i pulsanti e premendoli contemporaneamente di nuovo.

Il temporizzatore K1, come è possibile notare nella tavola 2, ha un contatto al riferimento 1 ritardato all'apertura e posto in serie con i pulsanti S2 e S3. Trascorso il tempo prefissato di 0,5 s, il contatto si apre, impedendo così, in entrambi i casi, l'eccitazione di Q1.

In tutte le soluzioni proposte, premendo il pulsante S1 (NC), si diseccita il contattore Q1, con il conseguente arresto del motore M1.

Anche in questo caso, il circuito di segnalazione, che può essere identico per tutti i circuiti di comando, prevede le stesse lampade di segnalazione viste nel primo impianto: P1 indica l'intervento del relè termico; P2 e P3 segnalano lo stato del motore e, in particolare, indicano, rispettivamente, se il motore è fermo o in marcia.



8.4 Teleinversione di marcia per motori asincroni trifase e per motori asincroni monofase

La teleinversione di marcia di un motore asincrono trifase è ottenuta invertendo le connessioni di alimentazione, cioè scambiando due delle tre fasi di alimentazione ai capi del motore.

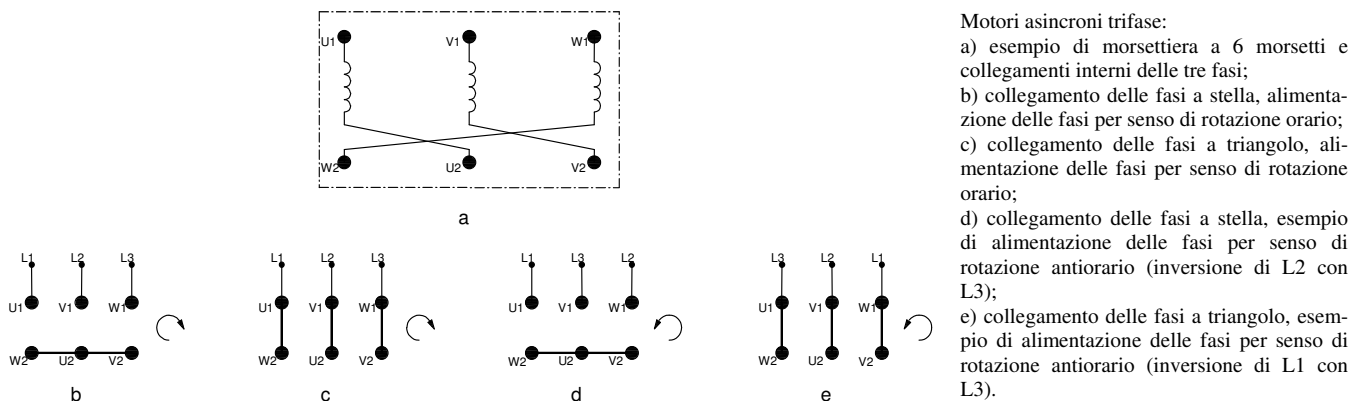
Per la realizzazione di impianti di questo genere, si utilizzano due contattori interbloccati.

I tempi di manovra di tali contattori devono tenere conto che, durante la manovra di commutazione, sia esclusa ogni sovrapposizione tra la chiusura di un contattore e l'arco elettrico prodotto durante l'apertura dell'altro contattore, in particolare quando essi sono interbloccati attraverso i propri contatti ausiliari e i rispettivi dispositivi di comando.

Nel caso di impianti soggetti a vibrazioni, è opportuno utilizzare contattori appositamente costruiti per queste situazioni, in quanto le vibrazioni possono provocare la chiusura intempestiva di un contattore mentre l'altro è ancora chiuso, causando così un cortocircuito tra le fasi.

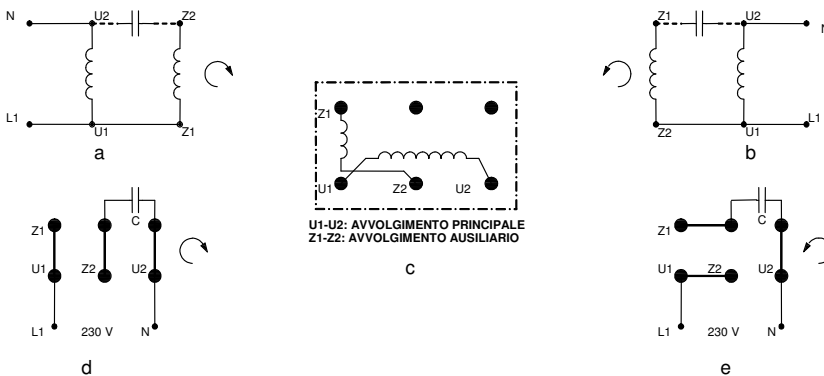
È possibile utilizzare anche contattori dotati di interblocco meccanico inseribile tra i due contattori.

La teleinversione di marcia di un motore asincrono monofase è ottenuta, invece, invertendo il senso della corrente nell'avvolgimento d'avviamento o avvolgimento ausiliario.



Motori asincroni trifase:
 a) esempio di morsettiera a 6 morsetti e collegamenti interni delle tre fasi;
 b) collegamento delle fasi a stella, alimentazione delle fasi per senso di rotazione orario;
 c) collegamento delle fasi a stella, alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario;
 d) collegamento delle fasi a stella, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L2 con L3);
 e) collegamento delle fasi a triangolo, esempio di alimentazione delle fasi per senso di rotazione antiorario (inversione di L1 con L3).

Fig. 8.21 - Morsettiera dei motori asincroni trifase.



Motori asincroni monofasi ad induzione con condensatore di avviamento sempre inserito:
 a) collegamento degli avvolgimenti corrispondente al senso di rotazione orario;
 b) collegamento degli avvolgimenti corrispondente al senso di rotazione antiorario;
 c) esempio di morsettiera a 6 morsetti e collegamento degli avvolgimenti;
 d) collegamento in morsettiera degli avvolgimenti per senso di rotazione orario;
 e) collegamento in morsettiera degli avvolgimenti per senso di rotazione antiorario.

Fig. 8.22 - Motori asincroni monofase ad induzione con condensatore di avviamento sempre inserito.

L'inversione del senso di rotazione può essere ottenuta manualmente mediante appositi invertitori manuali oppure con l'uso di contattori, come nel caso dei motori asincroni trifase; anche qui si utilizzano due contattori fra loro interbloccati.

Il senso di rotazione (quello cioè che si vede stando di fronte all'estremità d'albero unica o di fronte all'estremità d'albero più grande se il motore ha più di un'estremità) è legato alla marcatura dei terminali dalle seguenti regole:

- **motori asincroni trifase** - il senso di rotazione è orario quando l'ordine alfabetico dei morsetti corrisponde alla successione delle fasi nel tempo (si avrà pertanto senso orario collegando nell'ordine le fasi L1, L2, L3 ai terminali U1, V1, W1); per invertire il senso di rotazione, è sufficiente scambiare due fasi;
- **motori monofase a induzione** - il senso di rotazione è orario se il collegamento è effettuato secondo quanto indicato nella fig. 8.22. Per invertire il senso di rotazione, occorre scambiare i collegamenti dell'avvolgimento ausiliario oppure, se i due avvolgimenti sono equivalenti, portare l'alimentazione su Z2 anziché su U2.

8.4.1 Teleinvertitore con comando manuale per motore asincrono trifase e asincrono monofase

Il primo impianto, proposto nella tavola 1, prevede il circuito di potenza per l'inversione di marcia di un motore asincrono trifase. In esso si nota come, comandando alternativamente o il contattore Q1 o il contattore Q2, sia possibile invertire la fase L1 con la fase L3, permettendo così l'inversione di marcia del motore M1.

Nella seconda tavola, è proposto, invece, il circuito di potenza per l'inversione del senso di marcia di un motore asincrono monofase dove, comandando alternativamente il contattore Q1 o il contattore Q2, si può invertire il senso della corrente nell'avvolgimento d'avviamento o ausiliario.

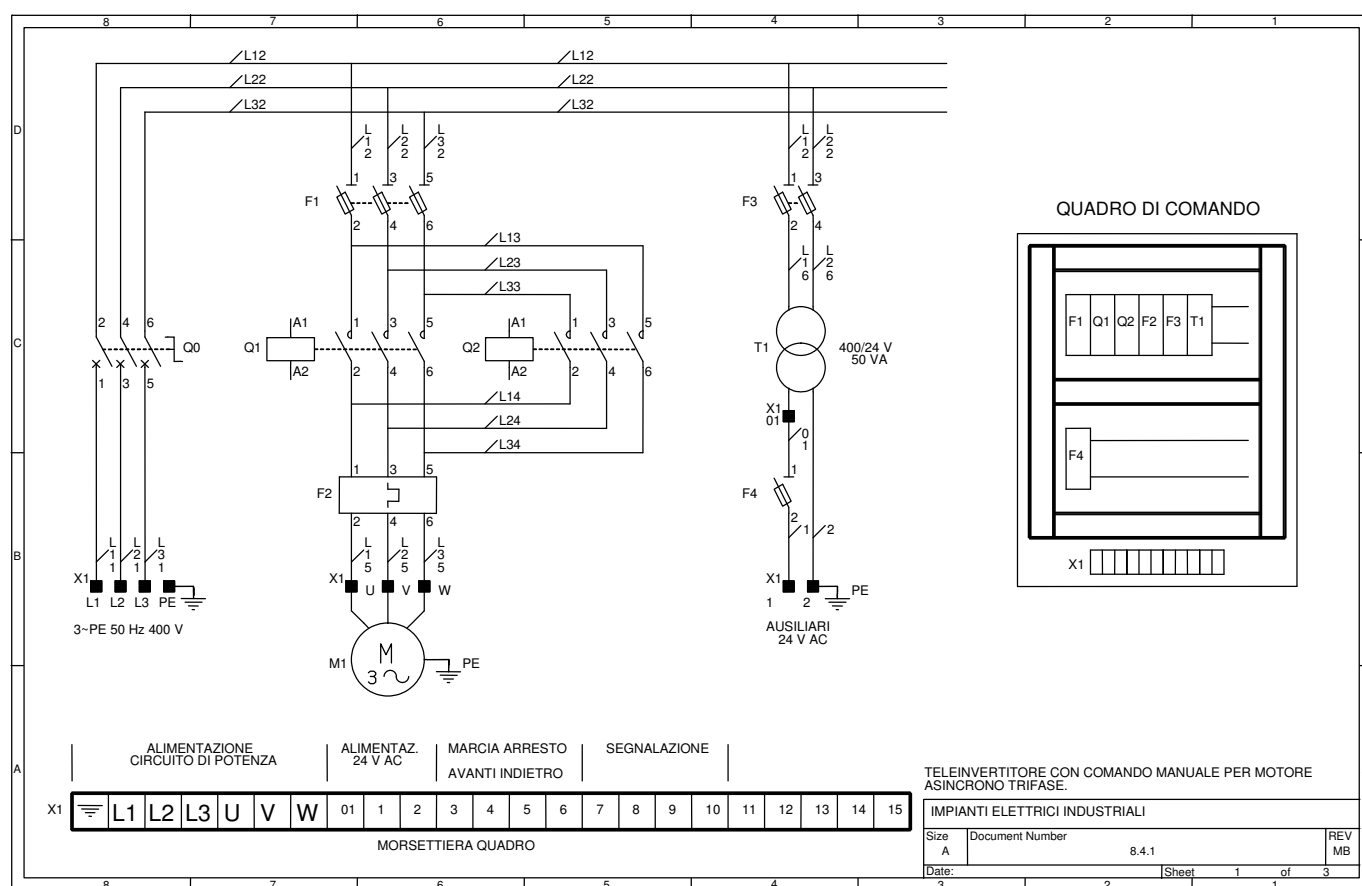
Il motore asincrono monofase prevede l'uso di un condensatore di avviamento C sempre inserito (è il tipo più diffuso) e collegato in serie con l'avvolgimento ausiliario, come descritto nel paragrafo precedente.

Nella terza tavola, invece, è possibile vedere lo schema funzionale, comune ad entrambi gli schemi di potenza, nel quale troviamo i seguenti comandi: pulsante S2 per motore marcia avanti, pulsante S3 per motore marcia indietro, pulsante S1 per arresto motore.

Il circuito di comando prevede l'arresto del motore qualora il relè termico F2 intervenga.

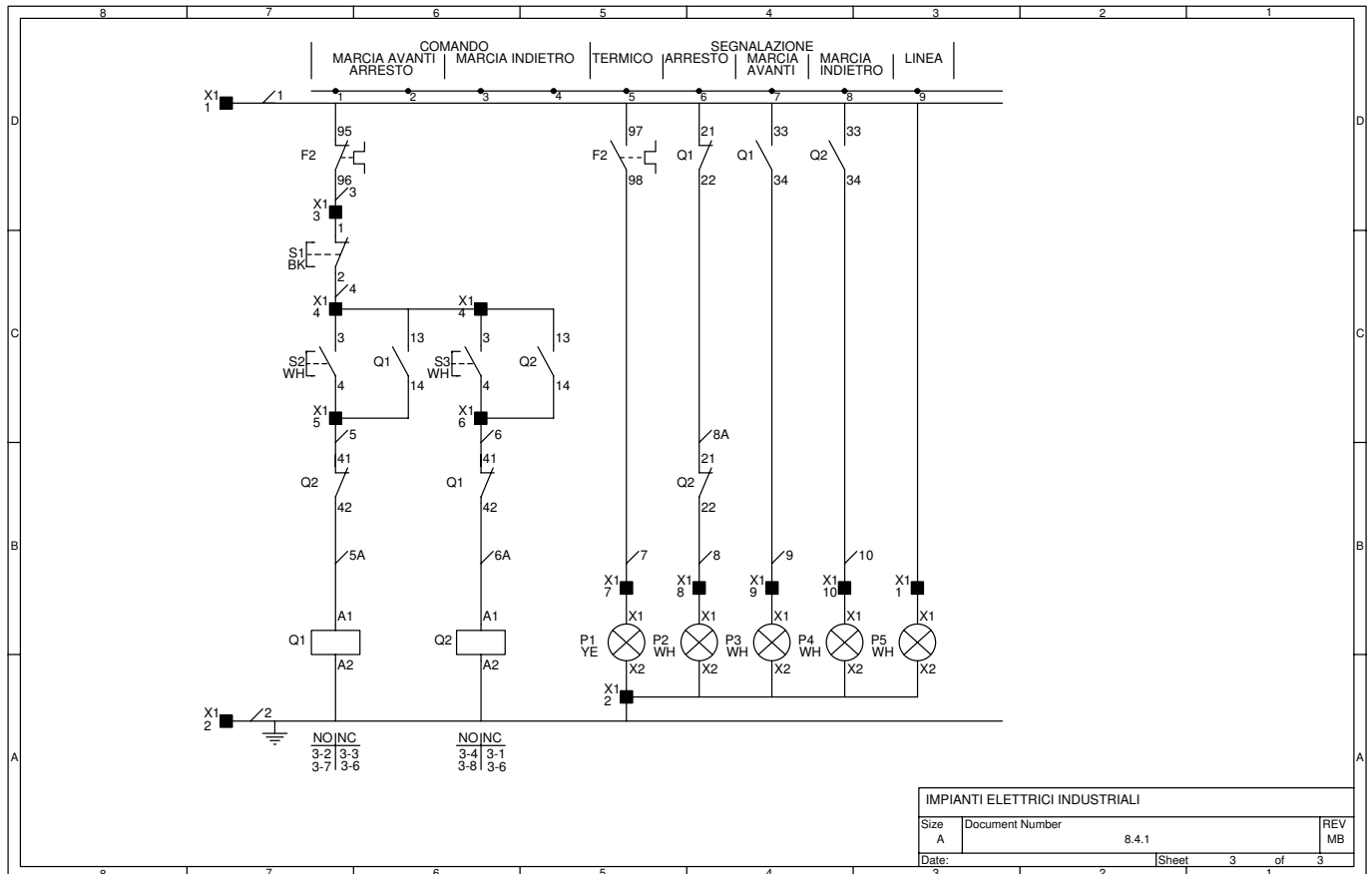
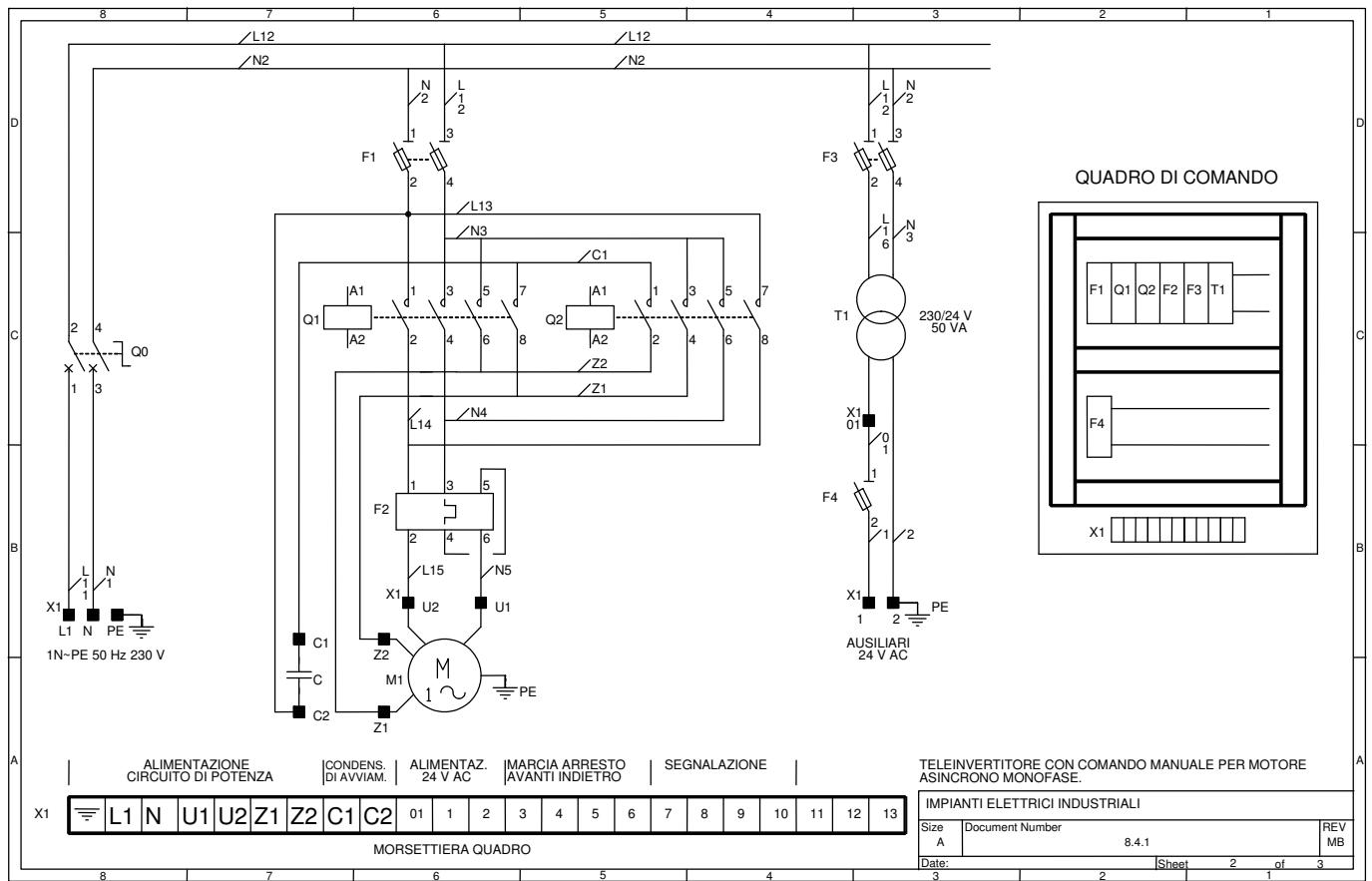
Questo impianto consente di invertire il senso di rotazione del motore dopo aver arrestato il motore stesso mediante S1; solo allora è possibile, premendo uno dei due pulsanti (S2 o S3), un cambiamento del senso di marcia.

Nel motore monofase, è necessario lasciare che il rotore del motore si arresti prima di comandare l'inversione del senso di marcia; in caso contrario, non è possibile effettuare l'inversione, in particolare se la velocità del rotore è prossima a quella nominale.



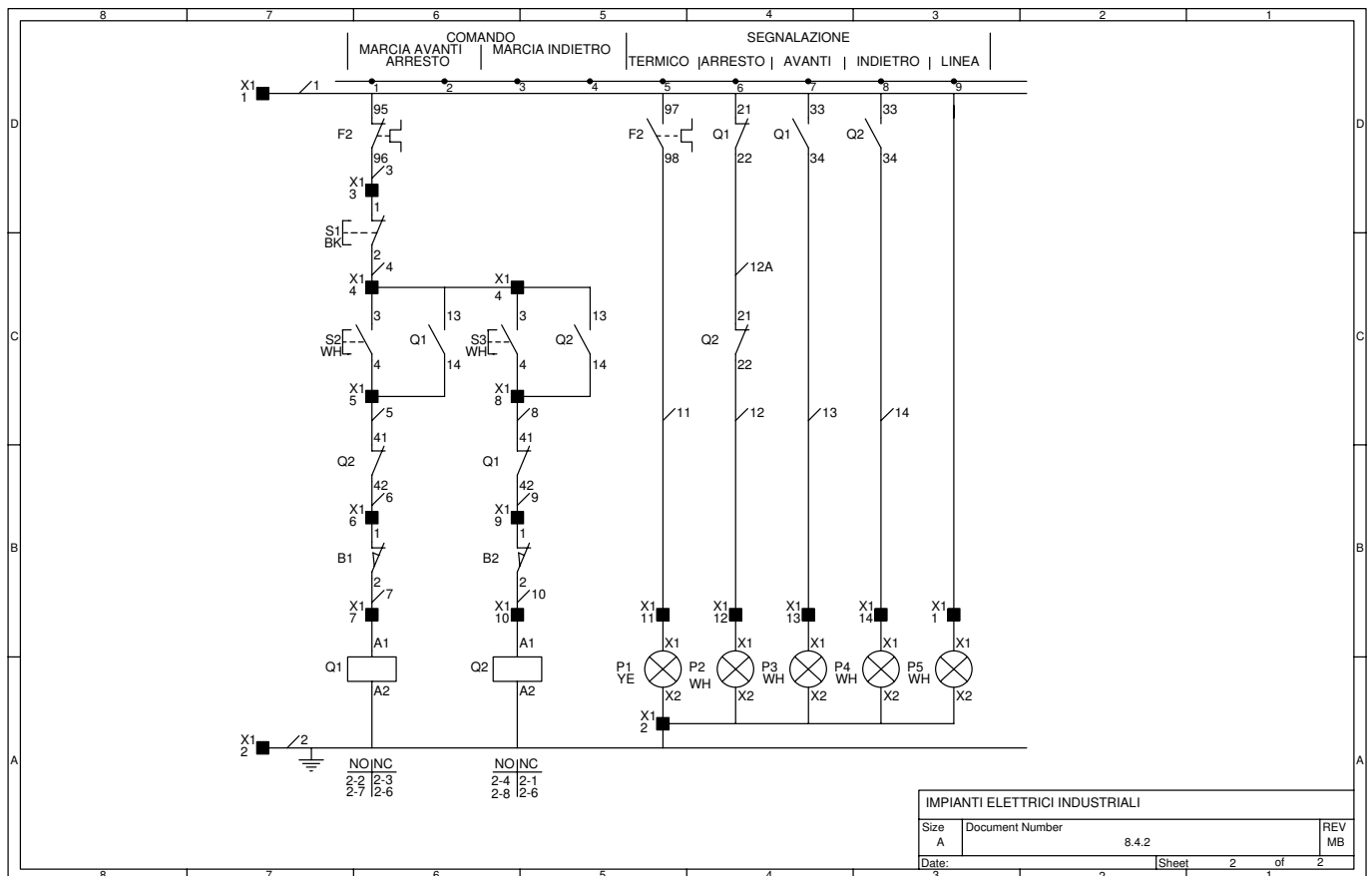
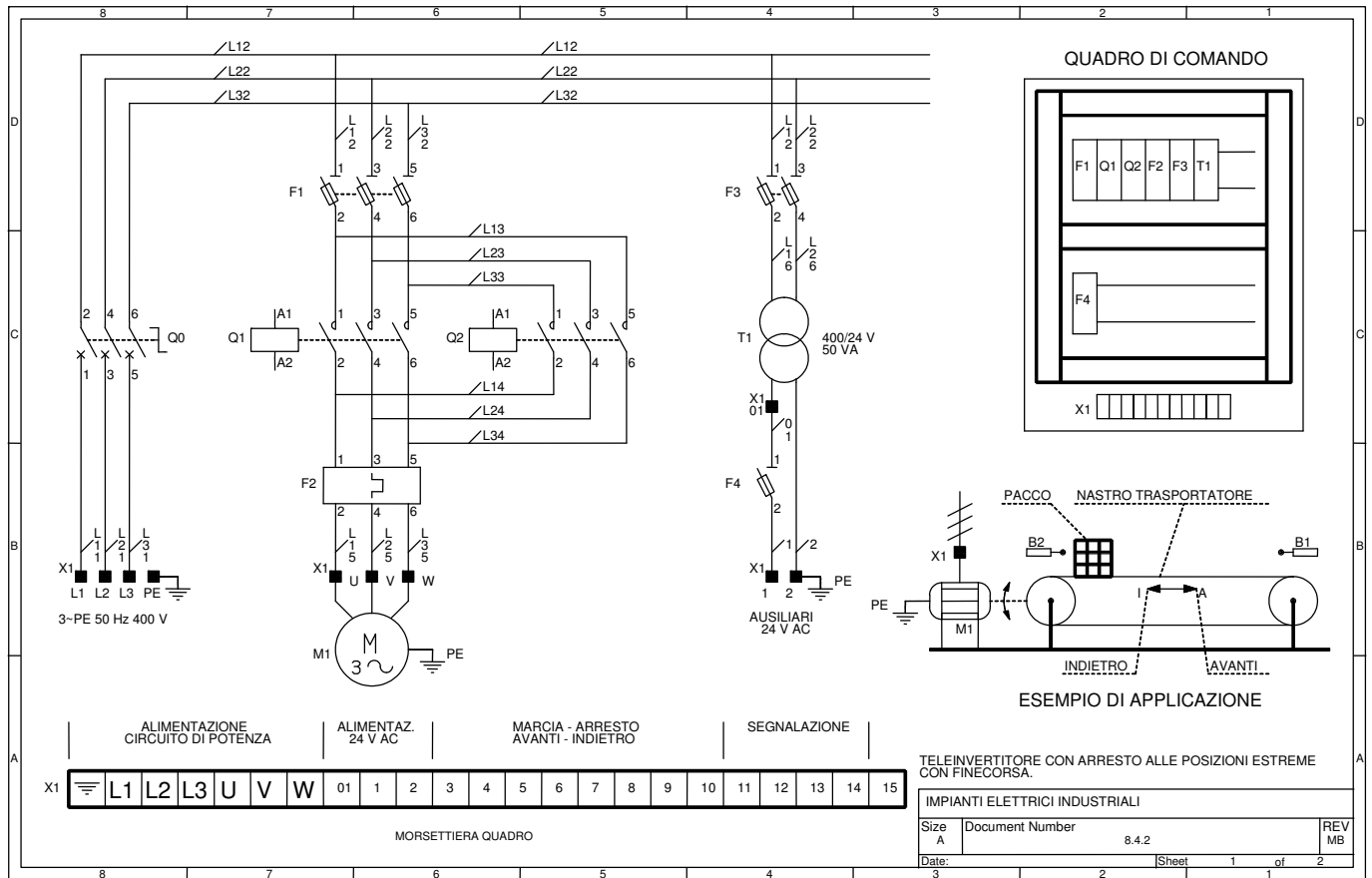
Il circuito prevede un contatto di interblocco in serie alla bobina di ogni contattore. Infatti, il contattore Q1 ha un contatto NC collegato in serie alla bobina di Q2 e viceversa, per evitare che i due contattori si eccitino contemporaneamente, determinando un cortocircuito tra le due fasi invertite L1 e L3 nel caso si tratti di un motore trifase; qualora si tratti, invece, di un motore monofase, se è fermo, non parte, se è in marcia, continua a funzionare, ma in modo non corretto, in quanto aumenta la corrente assorbita dalla rete.

Completa l'impianto il circuito di segnalazione costituito dalle seguenti lampade: P1 indica che il relè F2 è intervenuto; P2 indica quando il motore è fermo; P3 e P4 indicano, rispettivamente, che il motore sta effettuando la marcia avanti o la marcia; P5 indica che i circuiti ausiliari sono alimentati.



8.4.2 Teleinvertitore con arresto alle posizioni estreme con finecorsa

Questo esempio di impianto di teleinversione è un'evoluzione dell'impianto precedente. Infatti, lo schema di potenza risulta identico, mentre cambia lo schema funzionale, nel quale sono stati inseriti due finecorsa B1 e B2.



L'utilizzo dei due finecorsa è finalizzato all'arresto automatico del motore; se per esempio un nastro trasportatore (come si può vedere nel disegno nella tavola 1 di 2) muove un oggetto (marcia indietro), dopo aver azionato il finecorsa B2, ne provoca automaticamente l'arresto, consentendo all'operatore, premendo il pulsante S2, di riavviare il motore e, quindi, anche il nastro nell'altro senso di marcia (marcia avanti).

Il nastro trasportatore è provvisto di un secondo finecorsa B1 in grado, se azionato, di arrestare il motore quando questo trasporta un oggetto nell'altro senso di marcia (marcia avanti); anche in questo caso, l'operatore potrà, premendo questa volta il pulsante S3, riavviare il motore per la marcia indietro.

Completano lo schema oltre al pulsante di arresto manuale S1 e al contatto NC del relè termico F2, che consente l'arresto immediato del motore M1 in caso di sovraccarico, le seguenti lampade di segnalazione: P1 indica che il relè F2 è intervenuto; P2 indica quando il motore è fermo; P3 e P4 indicano, rispettivamente, che il motore sta effettuando la marcia avanti o la marcia indietro; P5 indica che i circuiti ausiliari sono alimentati.

8.4.3 Teleinvertitore con arresto alle posizioni estreme e marcia automatica avanti-indietro con finecorsa

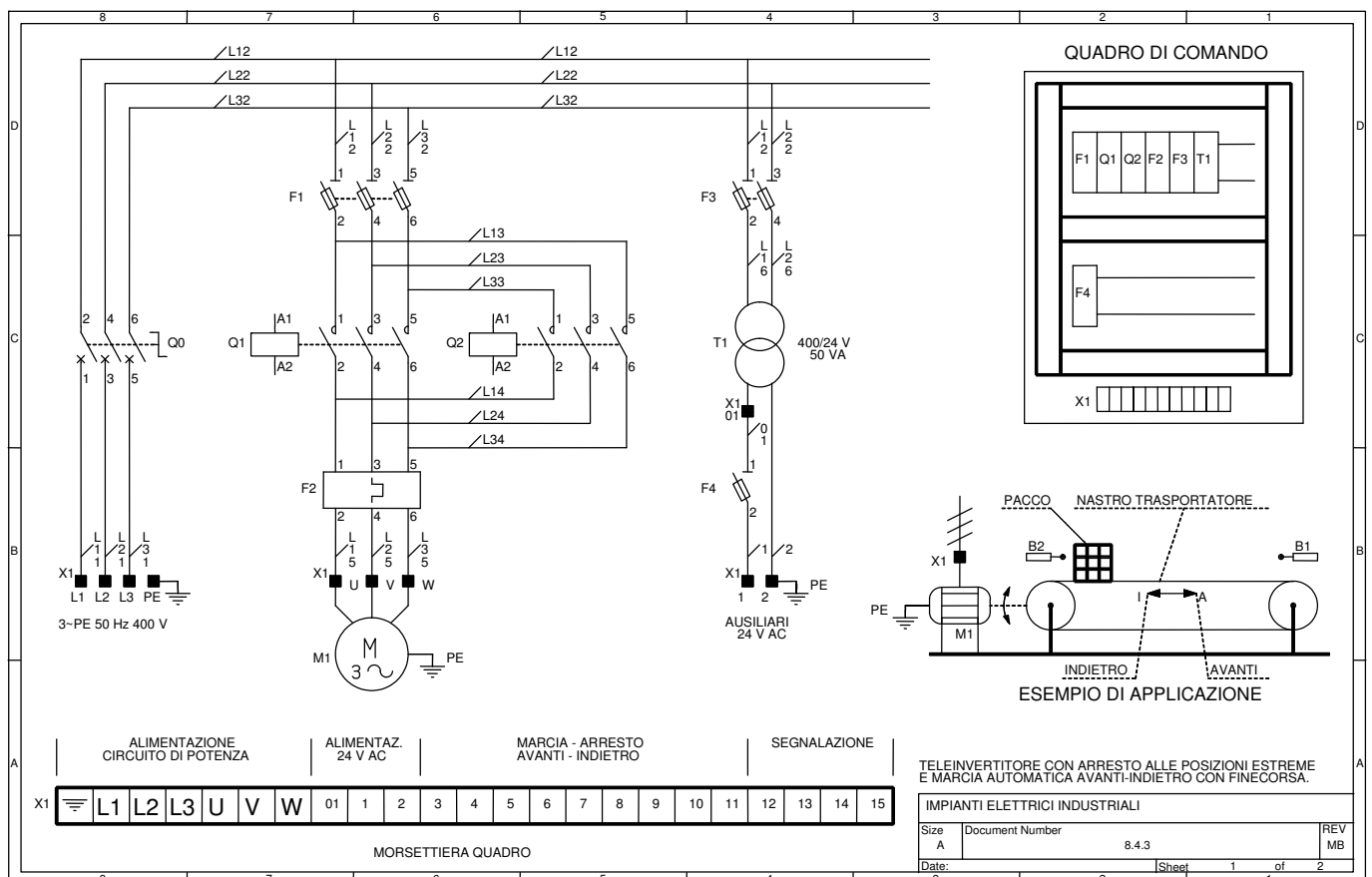
L'impianto presentato di seguito ha la caratteristica, come il precedente, di utilizzare due finecorsa B1 e B2 aventi la funzione di arrestare e riavviare automaticamente nell'altro senso di rotazione il motore M1.

Lo schema di potenza presentato nella tavola 1 non riporta nuove caratteristiche rispetto agli impianti precedenti; lo schema funzionale della tavola 2 rappresenta in più, invece, i collegamenti dei finecorsa, i quali sono dotati di due contatti, l'uno NC, in serie alla bobine dei contattori come nell'impianto precedente, e l'altro NO, in parallelo ai pulsanti di marcia S3 e S4.

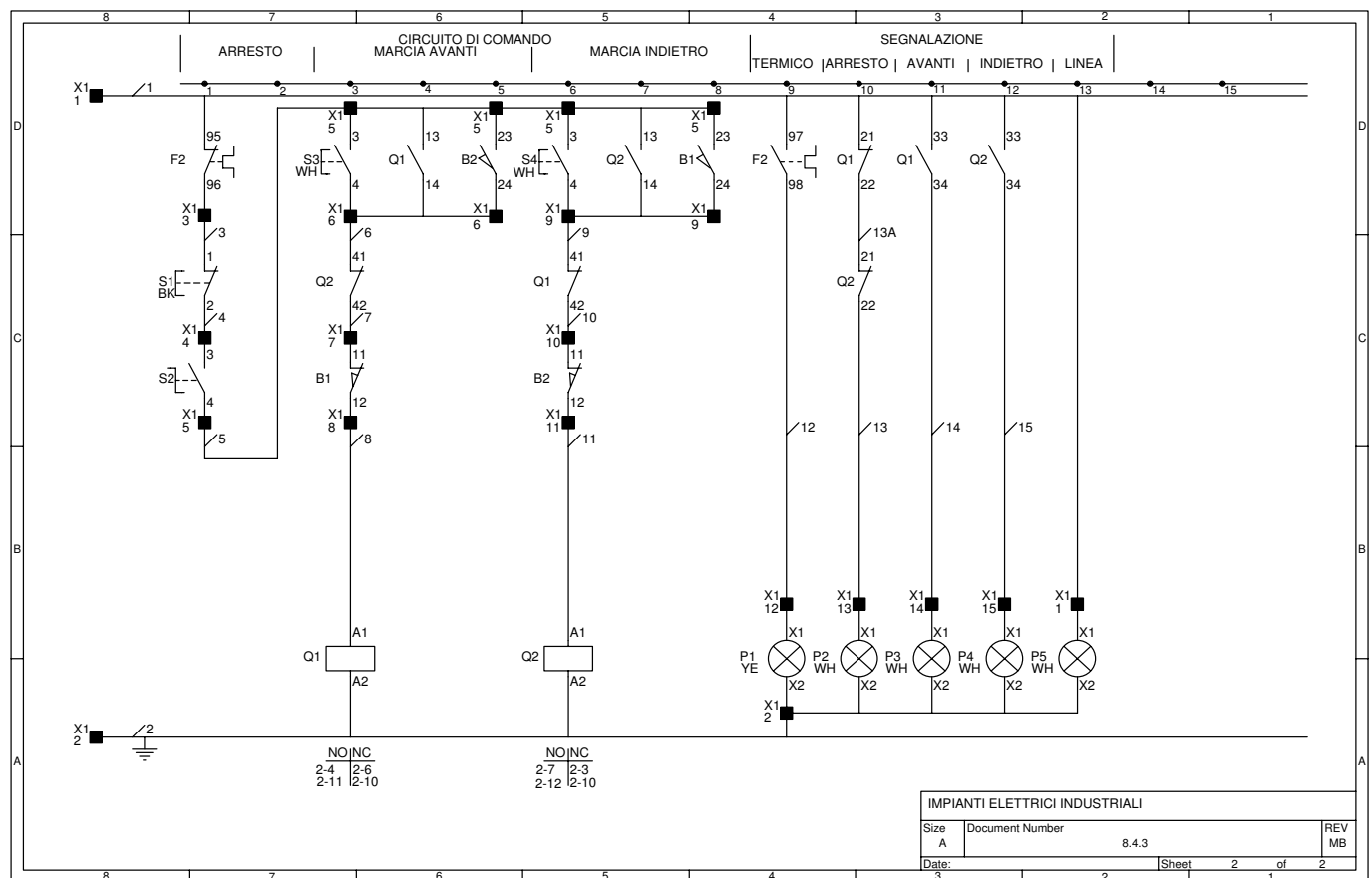
Il funzionamento dell'impianto prevede le seguenti fasi operative: dopo aver premuto uno dei pulsanti di marcia (per esempio, S3 di marcia avanti), il motore M1 si avvia ponendo in movimento il nastro trasportatore, il quale porterà, per esempio, un pacco fino alla posizione estrema toccando il finecorsa B1.

Esso aprirà il suo contatto NC, diseccitando Q1, e arresterà, quindi, il motore, mentre chiuderà il suo contatto NO, in parallelo al pulsante di marcia, eccitando così il contattore Q2, che avvierà il motore nell'altro senso di marcia.

Quando il pacco arriva nell'altra posizione estrema, il finecorsa B2 verrà azionato e, in modo analogo a quanto visto prima, arresterà automaticamente il motore e lo riavvierà nell'altro senso di marcia.



TELEINVERTITORE CON ARRESTO ALLE POSIZIONI ESTREME E MARCIA AUTOMATICA AVANTI-INDIETRO CON FINECORSA.			
IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI			
Size	Document Number	8.4.3	REV MB
Date:	Sheet	1	of 2



L'impianto prevede, inoltre, un selettore S2 in grado di alimentare quella parte dei circuiti ausiliari che comanda i contattori (non il circuito di segnalazione), nonché un pulsante di arresto S1 in grado di fermare il motore qualunque sia il senso di marcia scelto. Il relè termico F2 completa il circuito, diseccitando entrambi i contattori in caso di un suo intervento.

Il circuito di segnalazione prevede le stesse lampade di segnalazione dell'impianto precedente.

8.4.4 Teleinvertitore con arresto alle posizioni estreme e marcia automatica avanti-indietro con finecorsa e temporizzatore (1)

Proseguendo nell'evoluzione dello schema base del teleinvertitore di marcia per un motore asincrono, è proposto ora un impianto caratterizzato da uno schema di potenza (tavola 1), che non presenta differenze rispetto ai precedenti impianti, e da uno schema funzionale che introduce, invece, alcune novità.

In particolare, è introdotto l'uso di un temporizzatore K1 comandato dai contatti NO dei due finecorsa B1 e B2, i quali, come nell'esempio precedente, individuano le posizioni limite di un oggetto posto, per esempio, su di un nastro trasportatore.

Per porre in movimento, per esempio, un nastro trasportatore, è sufficiente premere uno qualsiasi dei pulsanti di marcia S3 o S4 e avviare in marcia avanti o indietro il motore M1 mediante i soliti contattori Q1 e Q2.

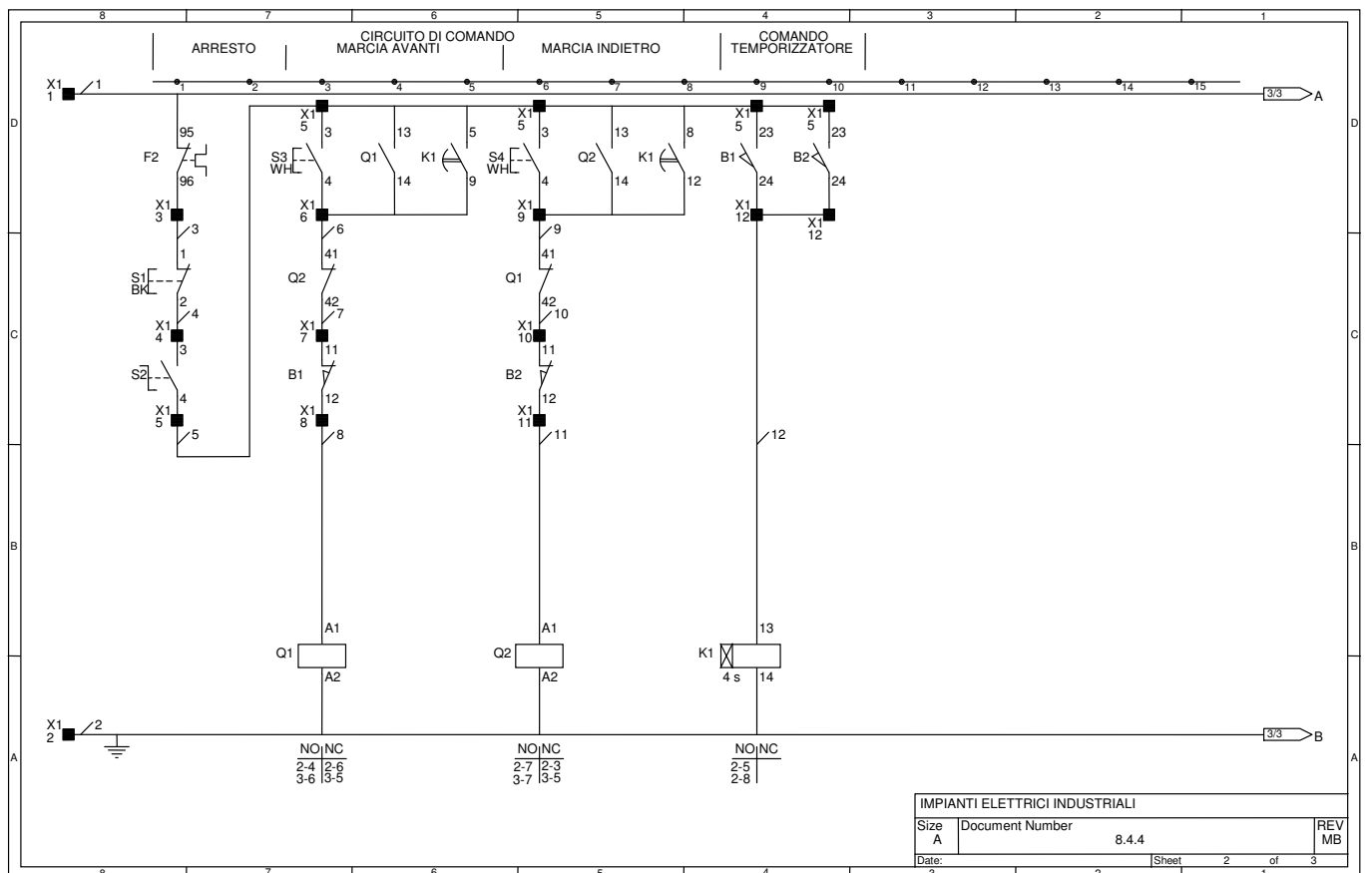
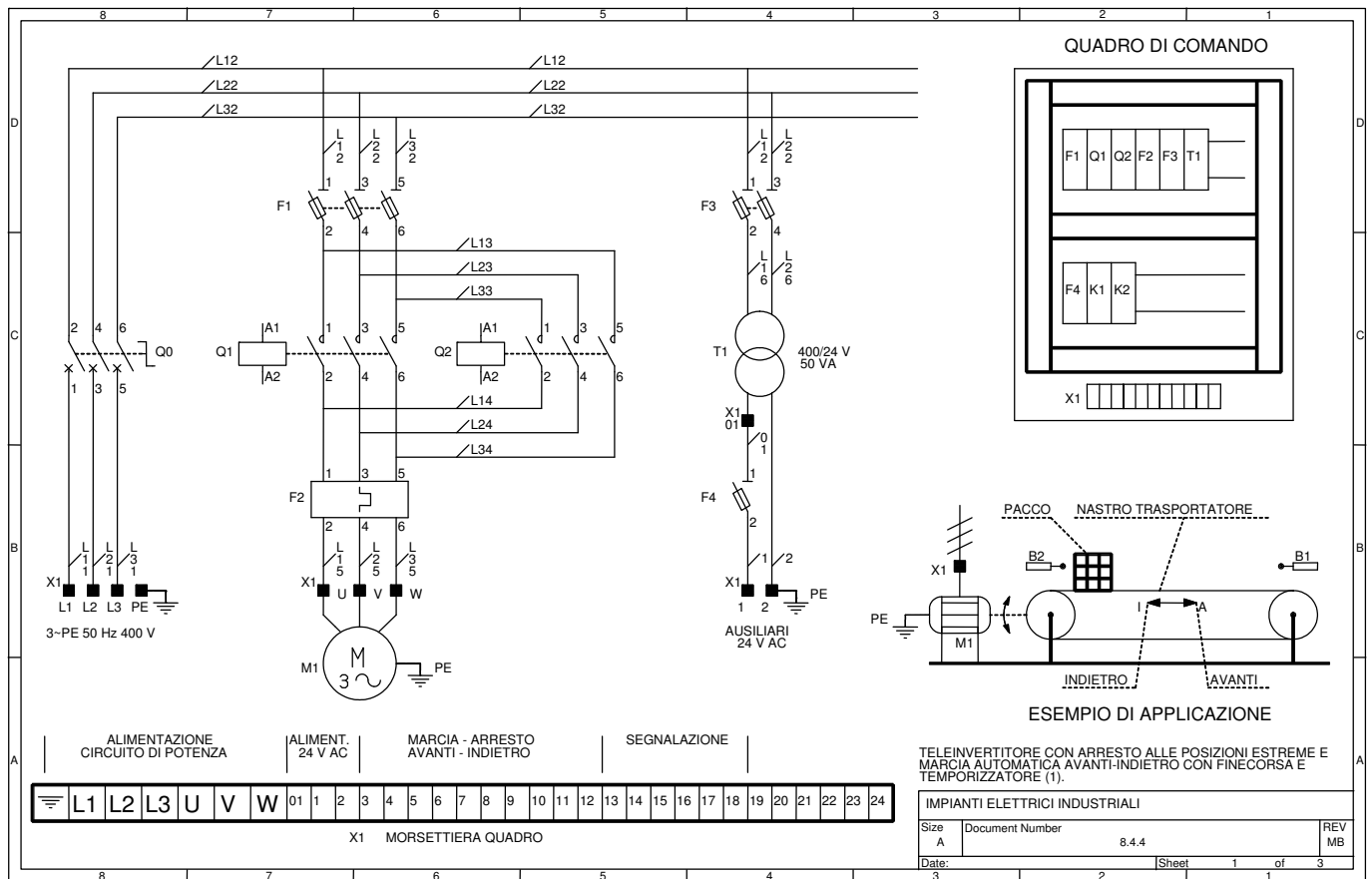
Quando il pacco ha raggiunto la posizione individuata dai finecorsa, il motore si arresta per il tempo prefissato dal temporizzatore K1, quindi riparte nel senso di marcia opposto.

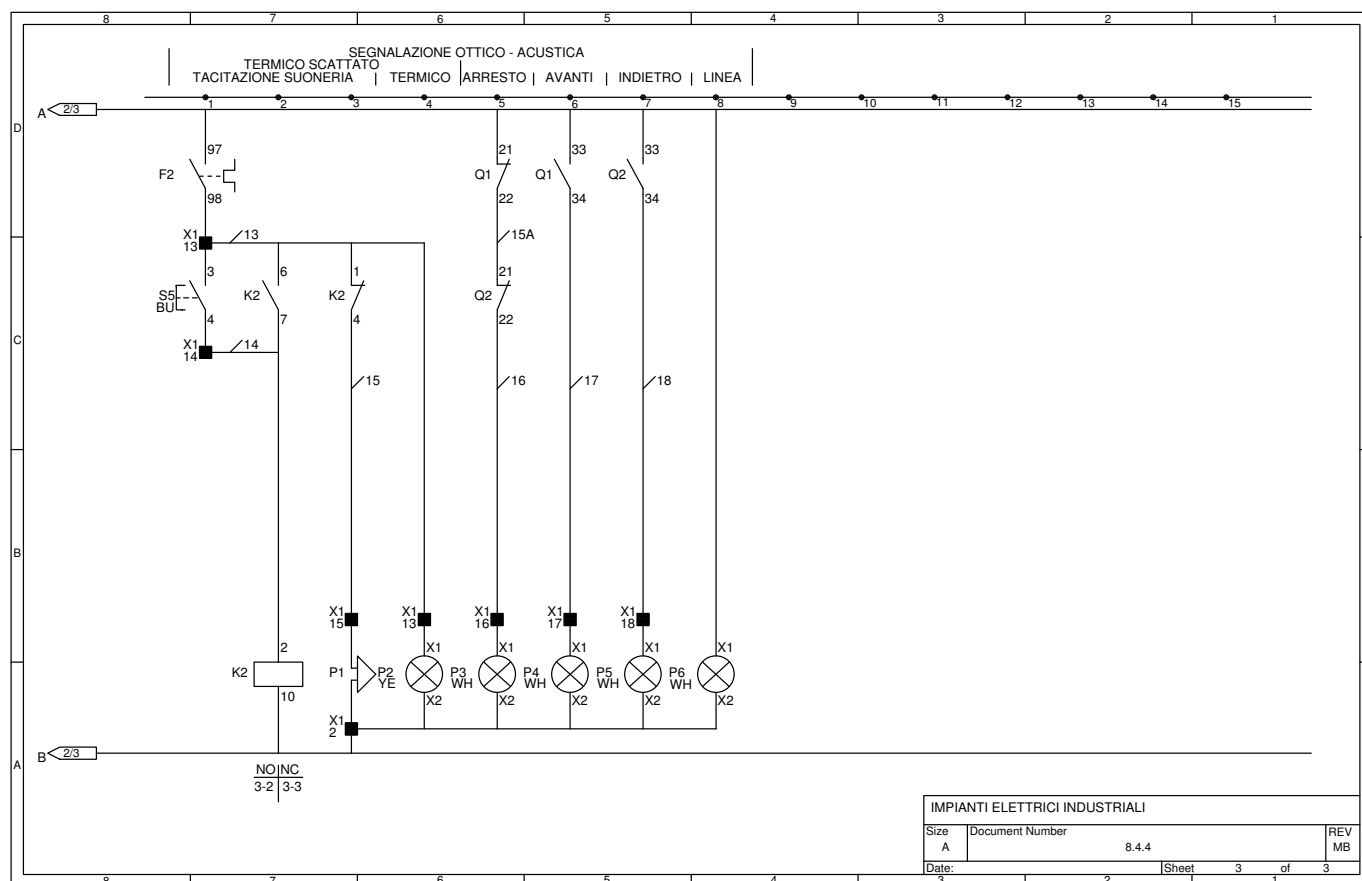
Il circuito di segnalazione prevede, rispetto agli esempi precedenti, una segnalazione acustico-luminosa nel caso il relè termico F2 intervenga a causa di un sovraccarico del motore, per attirare l'attenzione dell'operatore qualora questi non stia guardando il quadro di comando.

Questo circuito, se interviene il relè termico, attiva, infatti, immediatamente la suoneria P1 e la lampada di segnalazione P2, ma mentre la suoneria può essere tacitata dall'operatore mediante il pulsante S5, la lampada di segnalazione si spegne solo quando il relè termico è ripristinato.

Le rimanenti segnalazioni risultano identiche agli esempi precedenti.

Questo impianto può essere utilizzato qualora si adottino dei motori che, togliendo l'alimentazione, abbiano un'inerzia tale da non consentire la fermata immediata delle parti in movimento. Infatti, l'inversione di marcia del senso di rotazione, quando il motore sta ancora ruotando nel senso inverso, provoca un anomalo e pericoloso assorbimento di corrente.





8.4.5 Teleinvertitore con arresto alle posizioni estreme e marcia automatica avanti-indietro con finecorsa e temporizzatore (2) (nel CD-ROM allegato)

8.4.6 Teleinversione automatica temporizzata

L'ultimo impianto di questo tipo proposto prevede lo schema elettrico suddiviso in quattro tavole.

Nella prima tavola troviamo, con una rappresentazione multifilare, lo schema di potenza identico agli esempi visti prima. Nella seconda tavola trovano posto un disegno con la disposizione delle apparecchiature nel quadro di comando e di segnalazione, nonché tre disegni che rappresentano altrettante possibili situazioni in cui si può venire a trovare, per esempio, un carrello per macchina utensile.

Il primo disegno rappresenta, infatti, il carrello posto a sinistra (posizione individuata dal finecorsa B2).

Per spostare il carrello da tale posizione (marcia avanti), è necessario premere prima il pulsante S4 di predisposizione ciclo automatico, quindi il pulsante S2 di marcia avanti. Il secondo disegno rappresenta, invece, la situazione opposta: la posizione del carrello è individuata dal finecorsa B1 (carrello posto a destra). Di conseguenza, per farlo in marcia indietro, è necessario premere S4, quindi S3 di marcia indietro.

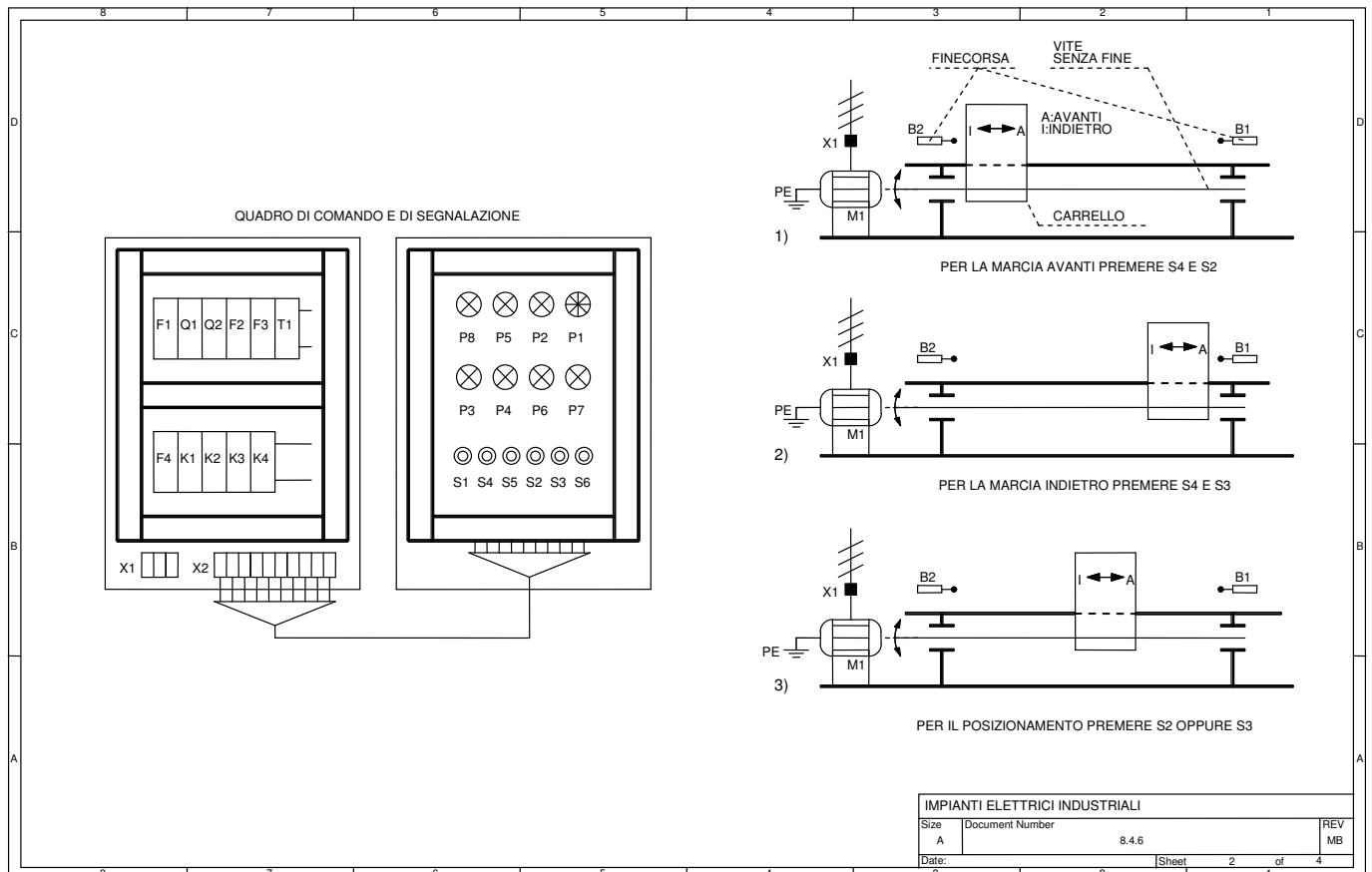
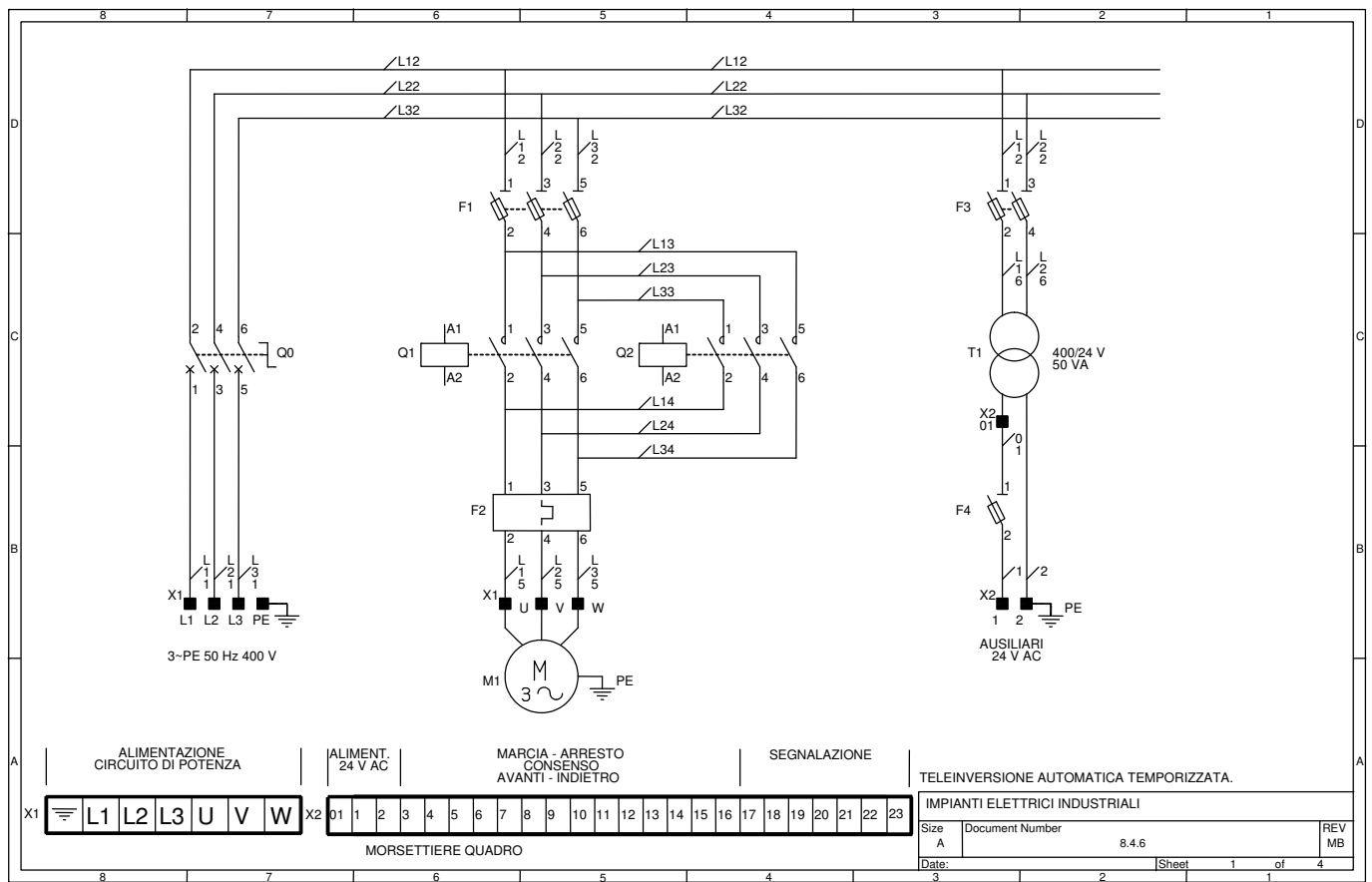
Qualora si debba arrestare il carrello, è necessario premere il pulsante S1 di arresto. Basterà poi, per posizionarlo nelle posizioni di finecorsa, premere i pulsanti S2 o S3, a seconda che si voglia riportare il carrello, rispettivamente, in B1 o in B2. La stessa procedura sarà necessaria se viene a mancare l'alimentazione e si verifica un arresto del carrello in una posizione intermedia. Qualora la tensione di alimentazione venga a mancare nelle posizioni di finecorsa, il motore M1 si ferma e può ripartire soltanto su consenso dell'operatore, il quale dovrà premere i pulsanti S4 e S2 oppure S4 e S3 per poter iniziare un nuovo ciclo di lavoro.

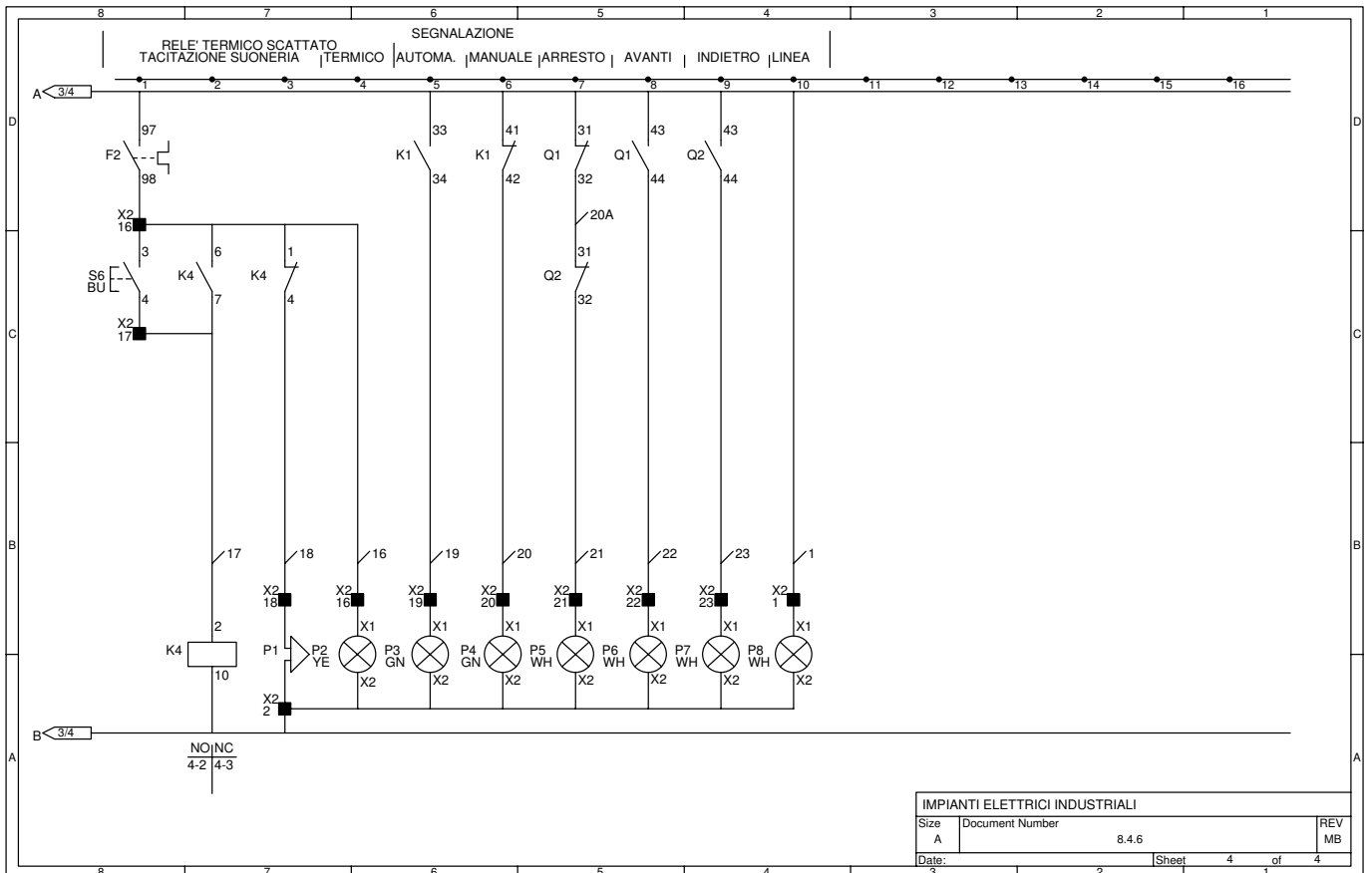
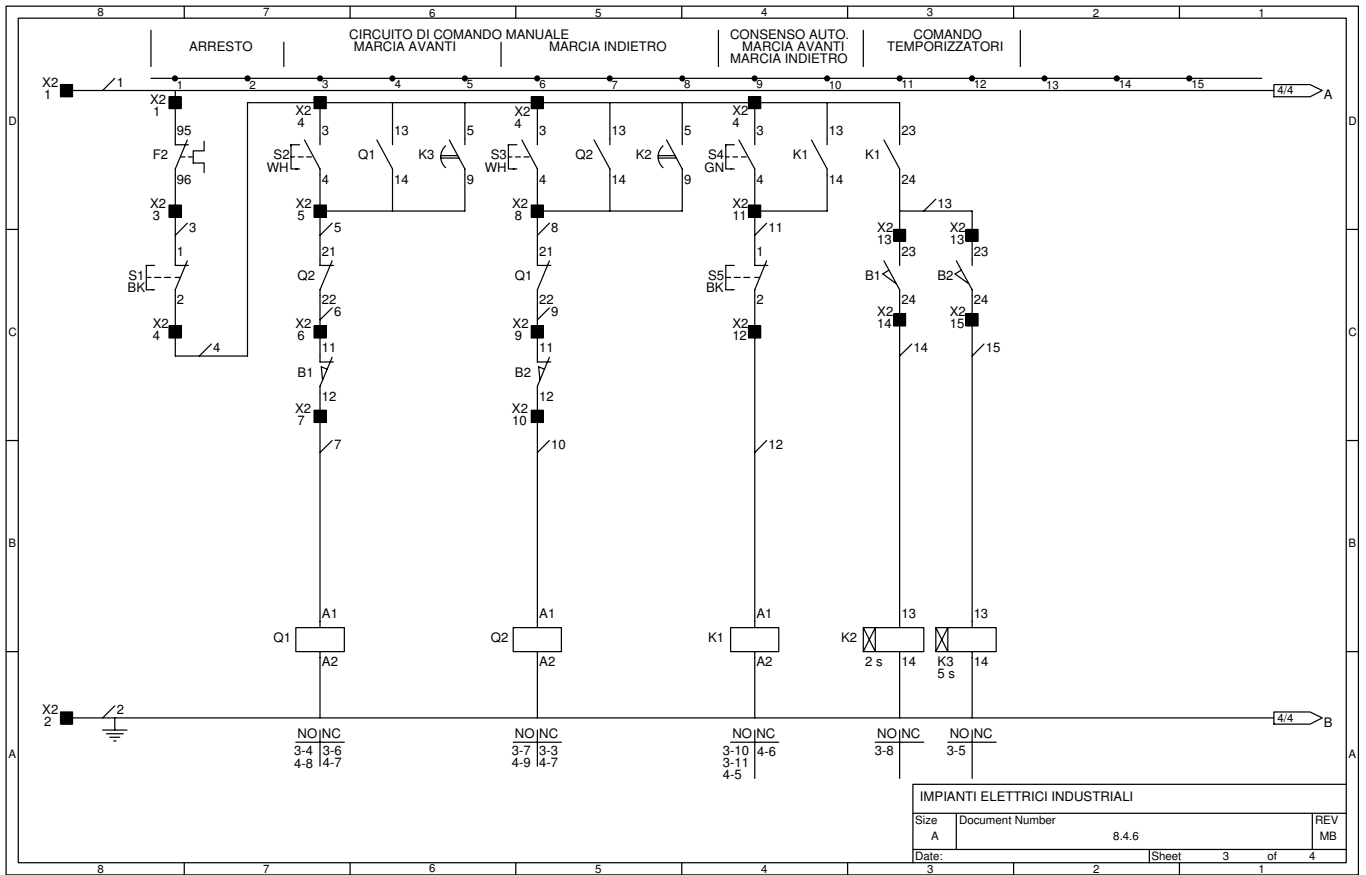
Nella terza e quarta tavola è presentato lo schema funzionale che mostra, in pratica, solo una variazione rispetto agli schemi già visti: sono stati aggiunti due pulsanti S4 e S5 in grado, rispettivamente, di predisporre e disattivare il ciclo automatico di inversione di marcia del motore M1 e, quindi, del carrello. I tempi di sosta nelle posizioni di finecorsa sono impostati nei temporizzatori K2 e K3 rispettivamente per un tempo di 2 s e 5 s.

In caso di sovraccarico del motore, il relè termico F2 interviene diseccitando tutti i contattori, i relè ausiliari e i temporizzatori. Sarà quindi necessario, dopo aver ripristinato il relè termico, premere S2 o S3 per riportare il carrello in una posizione di finecorsa, quindi premere prima S4 poi S2 o S3 per iniziare un nuovo ciclo.

Nel circuito di segnalazione, acustico luminoso, oltre alle lampade e alla suoneria utilizzate anche negli impianti precedenti sono state aggiunte le lampade di segnalazione P3 e P4, che segnalano all'operatore, rispettivamente,

che è stato attivato (automatico) o disattivato (manuale) il ciclo automatico. Un pulsante S6 consente di tacitare la suoneria P1 nel caso di intervento del relè termico F2, lasciando accesa la lampada di segnalazione P2.





8.5 Telecommutazione tra motori elettrici

Si definisce commutazione tra due o più motori quell'operazione per la quale è effettuato lo scambio di funzionamento in successione dei vari motori.

Una delle caratteristiche principali di questo genere di impianti è il funzionamento di un solo motore per volta; questo fatto determina l'uso di interblocchi elettrici in modo simile a quanto si è visto negli impianti di teleinversione. Infatti, è necessario inserire un contatto NC di un contattore in serie alla bobina di ciascun altro contattore.

Per esempio, se si considera un impianto con contattori di telecommutazione fra tre motori, si devono utilizzare contattori con due contatti ausiliari NC e inserire uno di questi contatti nel circuito di alimentazione della bobina degli altri contattori.

Come si vedrà in seguito, si possono avere commutazioni manuali o automatiche tra più motori.

Quando diventa necessario che i motori girino con lo stesso verso di rotazione, sarà indispensabile verificare che i collegamenti delle tre fasi di alimentazione sugli stessi avvolgimenti statorici abbiano la stessa sequenza.

Nello schema di potenza i motori devono essere almeno due, come pure le terne di fusibili per la protezione dei circuiti di potenza. Se i motori sono dello stesso tipo e della stessa potenza, si può modificare lo schema e utilizzare una sola terna di fusibili.

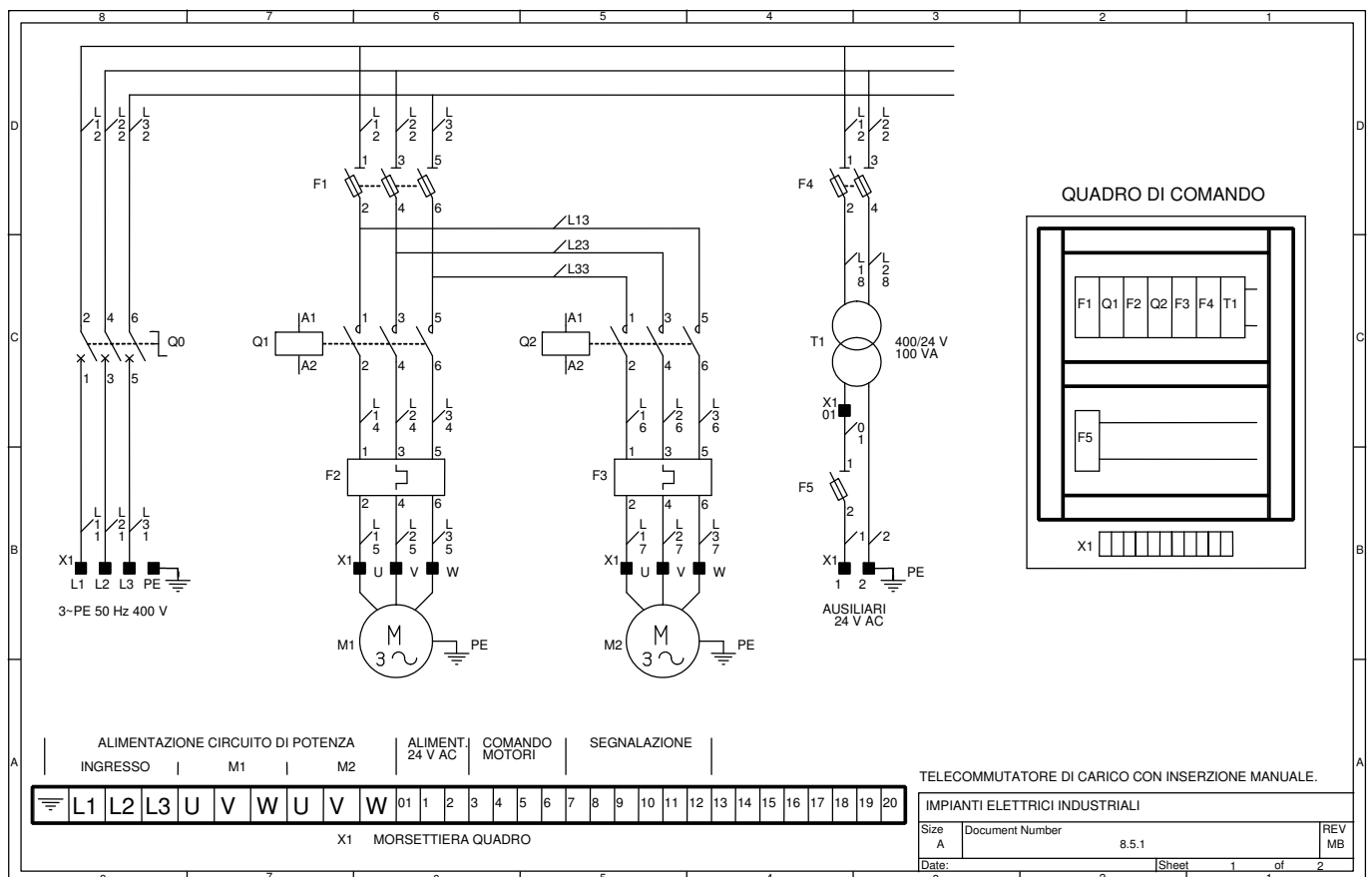
8.5.1 Telecommutatore di carico con inserzione manuale

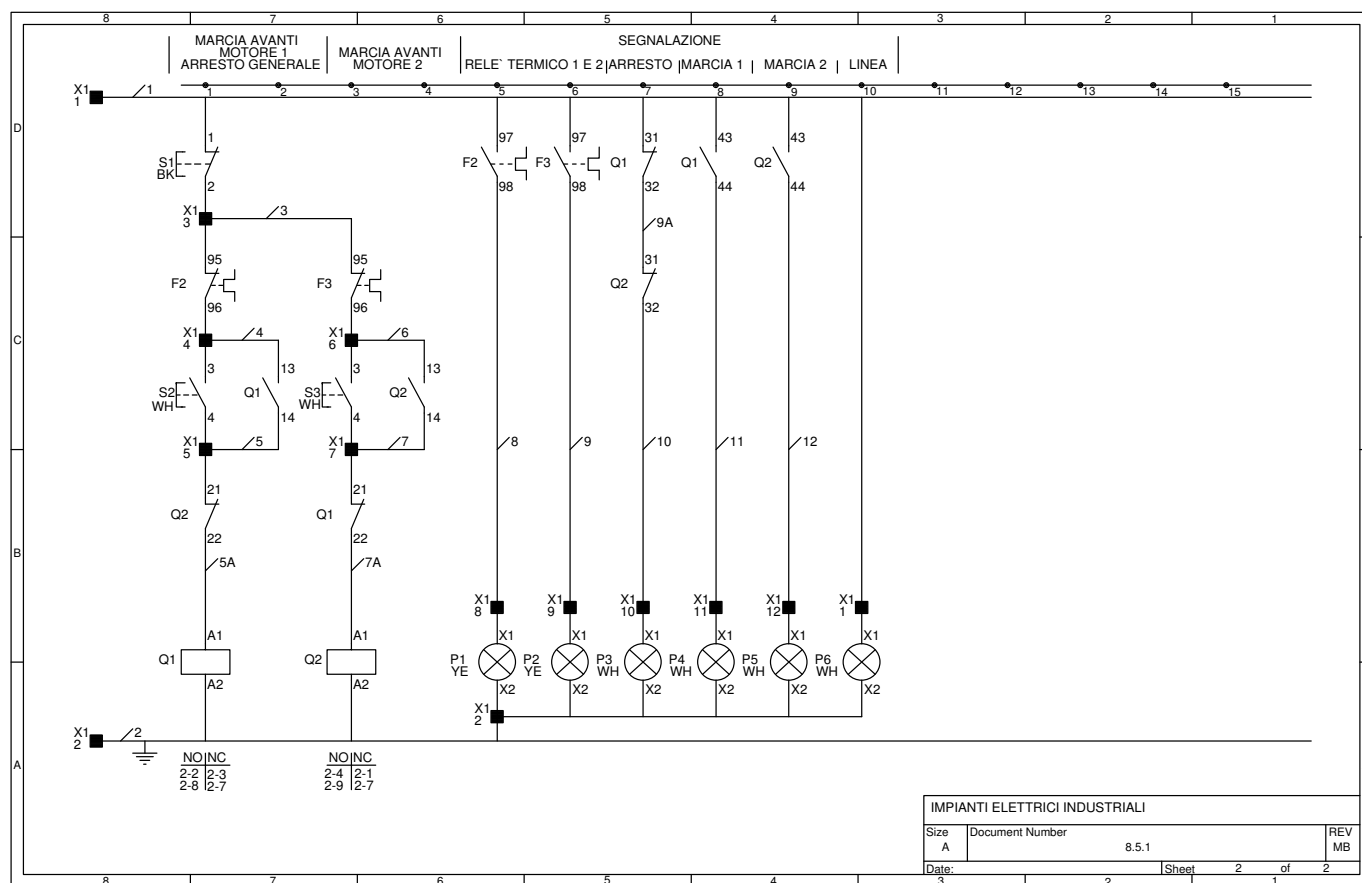
Il primo impianto proposto prevede un telecommutatore di carico con inserzione manuale di due motori M1 e M2, inseribili mediante i pulsanti S2 e S3.

Come è possibile notare dallo schema di potenza presentato nella tavola 1, dopo l'interruttore di potenza Q0 vengono derivati dalla linea di alimentazione prima i due motori (protetti entrambi dai cortocircuiti mediante una terna di fusibili F1), quindi il trasformatore T1 necessario per alimentare i circuiti ausiliari.

Ogni motore è protetto, inoltre, da un proprio relè termico: F2 per il motore M1, F3 per il motore M2.

Il circuito di comando rappresentato nella tavola 2 mediante uno schema funzionale permette mediante i pulsanti S2 o S3 rispettivamente l'eccitazione del contattore Q1 e del contattore Q2.





Oltre ai pulsanti di marcia, è presente un pulsante di arresto S1, premuto il quale si arrestano i motori.

Il funzionamento di un solo motore per volta è garantito dai contatti di interblocco, posti in serie con le bobine dei contattori.

I motori sono protetti dai relè termici F2 e F3; un loro intervento determina l'apertura di un contatto NC posto in serie alle rispettive bobine dei contattori Q1 e Q2, che comanda i motori M1 e M2.

Completa l'impianto il circuito di segnalazione che prevede le seguenti lampade di segnalazione: P1 e P2 indicano l'intervento dei relè termici F2 e F3; P3 indica che i motori sono entrambi fermi; P4 segnala che il motore M1 è in marcia; P5 segnala che il motore M2 è in marcia; P6 segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati.

8.5.2 Telecommutatore di carico con possibilità di inversione di marcia del secondo motore

Il secondo impianto proposto prevede sempre l'uso di due motori (M1 e M2): mentre il primo ha la possibilità di funzionare in un solo senso di marcia (Q1), il secondo può invertire il senso (Q2-Q3), anche in questo caso con i comandi manuali.

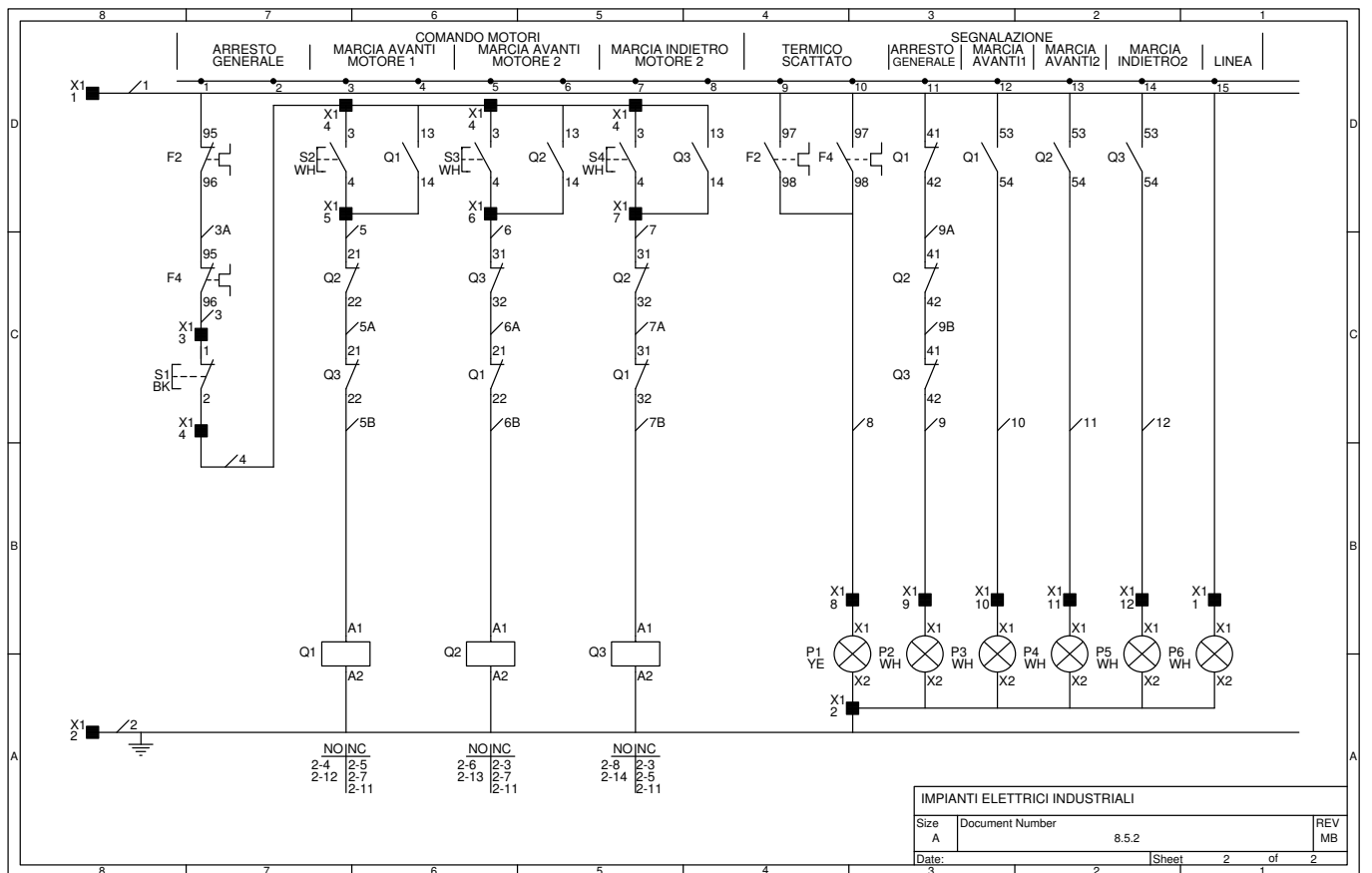
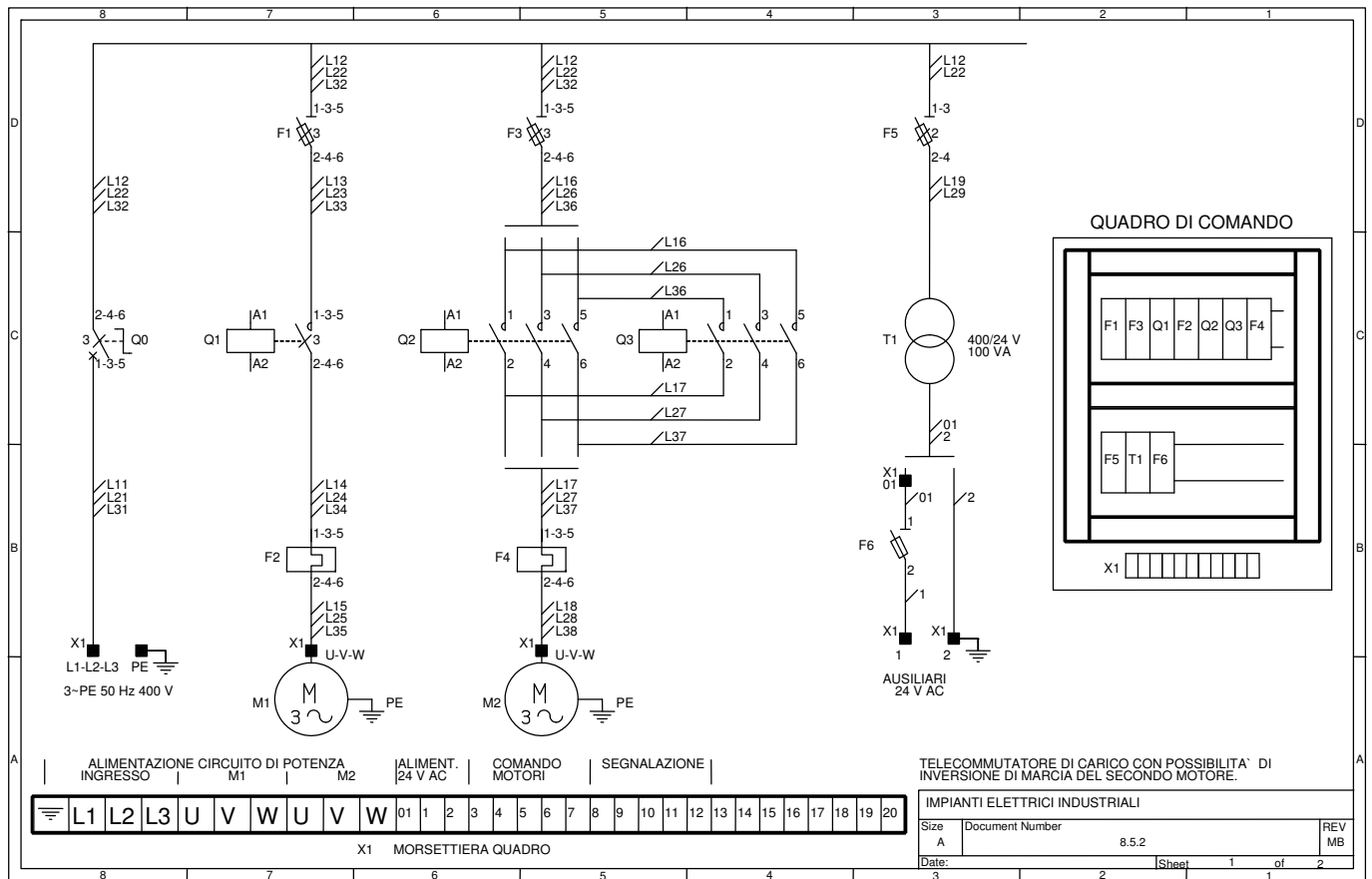
Si noti che, per la prima volta nella tavola 1, lo schema di potenza è presentato con una rappresentazione unifilare, rappresentando in forma multifilare solo quella parte che raffigura il circuito di inversione di marcia del secondo motore (questo anche per facilitare la lettura dello schema elettrico e, quindi, l'esecuzione dei collegamenti tra i contattori).

Il circuito di comando, presentato nella seconda tavola, permette, mediante i pulsanti S2, S3, S4, di avviare, rispettivamente, il motore M1 (marcia avanti), il motore M2 (marcia avanti) e sempre il motore M2 (marcia indietro).

Come al solito, in serie alla bobina di ogni contattore, sono presenti i contatti di interblocco in modo che sia eccitato solo un contattore per volta.

L'arresto dei motori può avvenire manualmente mediante l'azionamento del pulsante S1 oppure automaticamente nel caso un relè termico F2 o F4 intervenga a causa di un sovraccarico, rispettivamente, del motore M1 o M2.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 indica che un relè termico è intervenuto (F2 o F4 indifferentemente); P2 indica che entrambi i motori sono fermi; P3 indica che il motore M1 è in marcia avanti; P4 segnala che il motore M2 è in marcia avanti; P5 indica che il motore M2 è in marcia indietro; P6 indica che i circuiti ausiliari sono alimentati.



8.5.3 Telecommutatore di carico temporizzato

L'impianto che segue ripropone, anche se modificato, il primo impianto di questo paragrafo. Infatti, dopo aver avviato manualmente il motore M1, il motore M2 è inserito non più manualmente, ma automaticamente dopo un certo tempo, mediante il temporizzatore K1. Sempre automaticamente, dopo un tempo impostato nel temporizzatore K2, avviene l'arresto di M2.

Mentre il circuito di potenza non presenta sostanziali differenze, a parte il tipo di rappresentazione, che non è più multifilare ma unifilare, il circuito di comando presenta alcune differenze.

Nello schema funzionale della tavola 2 troviamo i seguenti comandi: il pulsante S2 di marcia avanti del motore M1, il pulsante S3 di marcia avanti del motore M2, il pulsante di arresto S1 in grado di arrestare il motore in funzione in qualsiasi momento.

L'uso dei pulsanti S2 e S3 consente l'attivazione automatica dei temporizzatori K1 e K2.

In particolare, se si aziona il pulsante S2 per l'avviamento di M1, si attiva il temporizzatore K1 che, con ritardo prefissato, eccita il contattore Q2 di marcia avanti del motore M2.

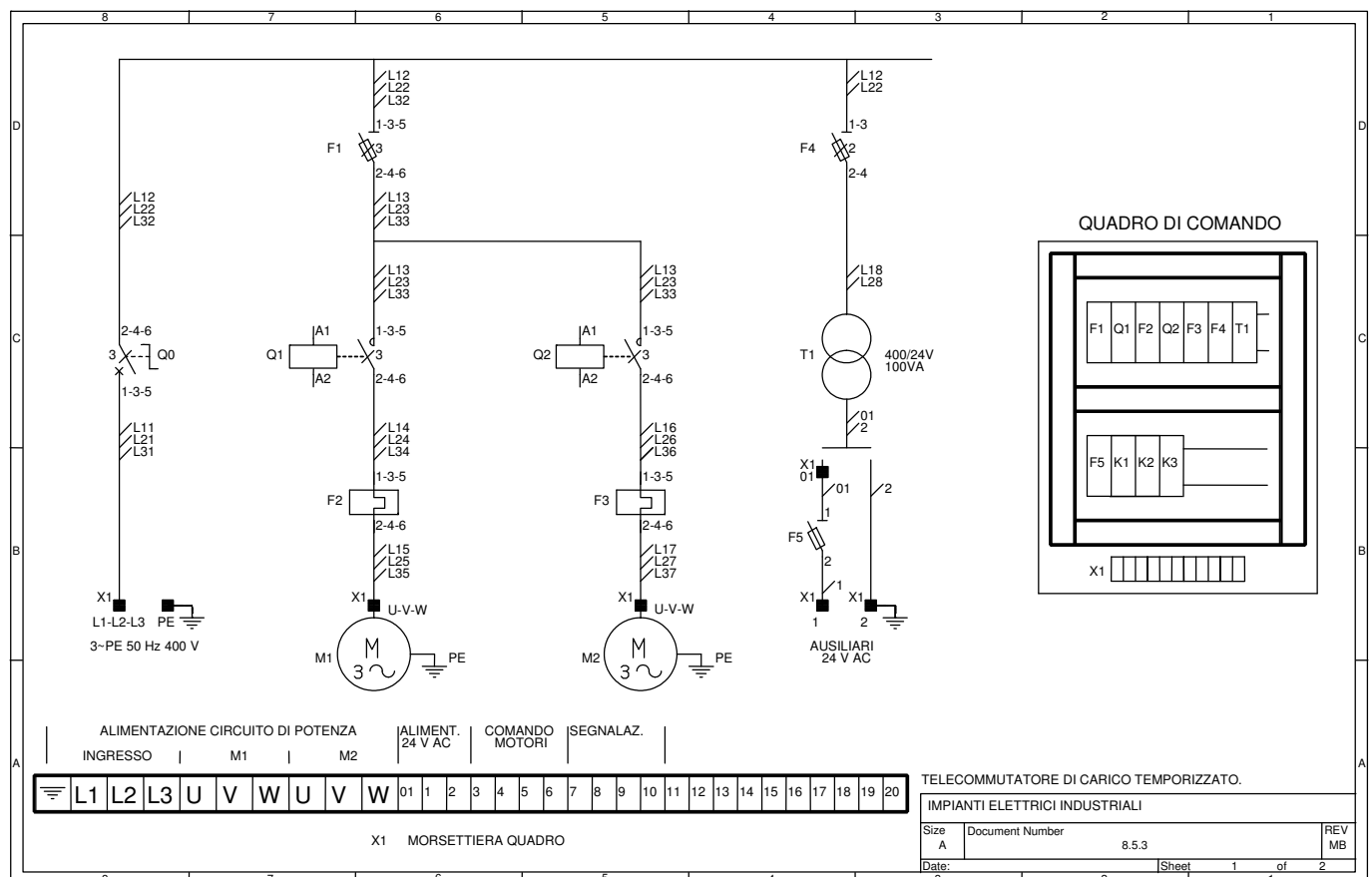
Contemporaneamente, è alimentato anche il temporizzatore K2 che, dopo il tempo preimpostato, mediante un suo contatto NC posto al riferimento 1 dello schema funzionale, diseccita tutti i relè e i contattori, arrestando così automaticamente il motore M2.

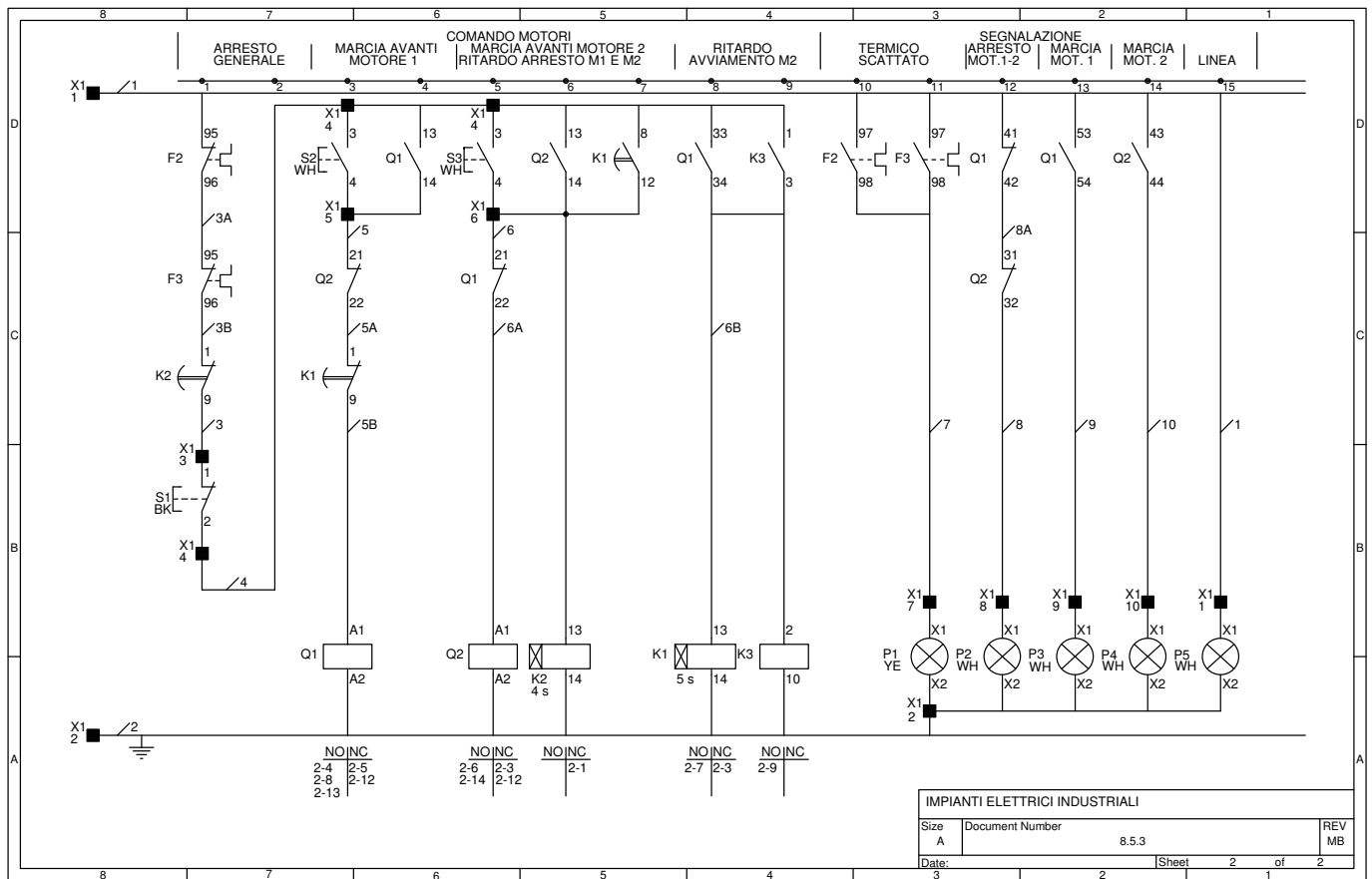
Premendo, invece, il pulsante S3, partirà manualmente il motore M2, che si arresterà, invece, automaticamente dopo il tempo impostato nel temporizzatore K2, che, come nel caso precedente, disecciterà tutti i relè e il contattore Q2, arrestando così il motore M2.

È interessante notare che i due temporizzatori, per evitare un funzionamento incerto del circuito di comando, non sono diseccitati se non alla fine del ciclo, anche perché l'utilizzo di temporizzatori elettronici a basso consumo non incide sensibilmente sulla potenza necessaria per l'alimentazione dei circuiti ausiliari e, quindi, sulla scelta del trasformatore T1 di alimentazione.

L'arresto del motore in funzione può avvenire manualmente, mediante il pulsante S1, oppure automaticamente, se interviene uno dei relè termici F2 o F3, posti rispettivamente a protezione del motore M1 o M2 dai sovraccarichi.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 indica l'intervento di un relè termico; P2 segnala i motori entrambi fermi; P3 indica la marcia del motore M1; P4 indica la marcia del motore M2; P5 segnala la presenza dell'alimentazione sui circuiti ausiliari.





8.5.4 Telecommutatore di carico con inversione di marcia del primo motore

L'ultimo impianto proposto prevede l'utilizzo di tre motori, dei quali il primo è in grado di funzionare nei due sensi di marcia, mentre il secondo solo in un senso.

Il circuito di potenza, in rappresentazione unifilare, presenta i collegamenti dei motori alla linea di alimentazione, ponendo in risalto quella parte di circuito necessaria per l'inversione di marcia in rappresentazione multifilare.

Il circuito di comando riprende e amplia lo schema presentato precedentemente: si trovano, infatti, tre pulsanti di marcia, vale a dire S2 di marcia avanti motore 1, S3 di marcia avanti motore 2 e, infine, S4 di marcia indietro motore 1.

Anche in questo caso, sono presenti, in serie alle bobine dei tre contattori di potenza che comandano i motori, dei contatti di interblocco NC, in grado di impedire l'attivazione contemporanea di due contattori.

Il circuito di comando consente di iniziare il ciclo da uno qualsiasi dei pulsanti sopra citati.

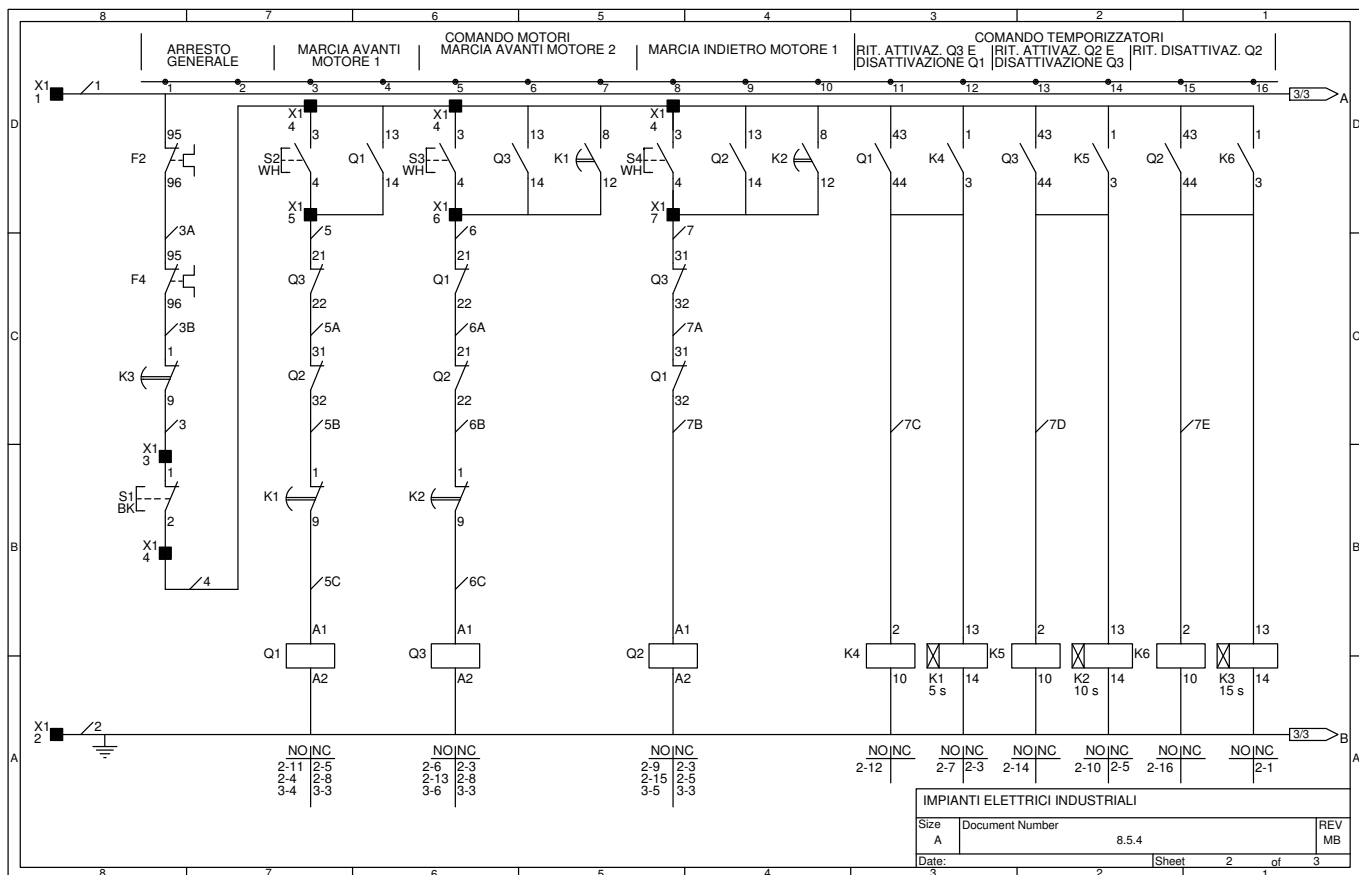
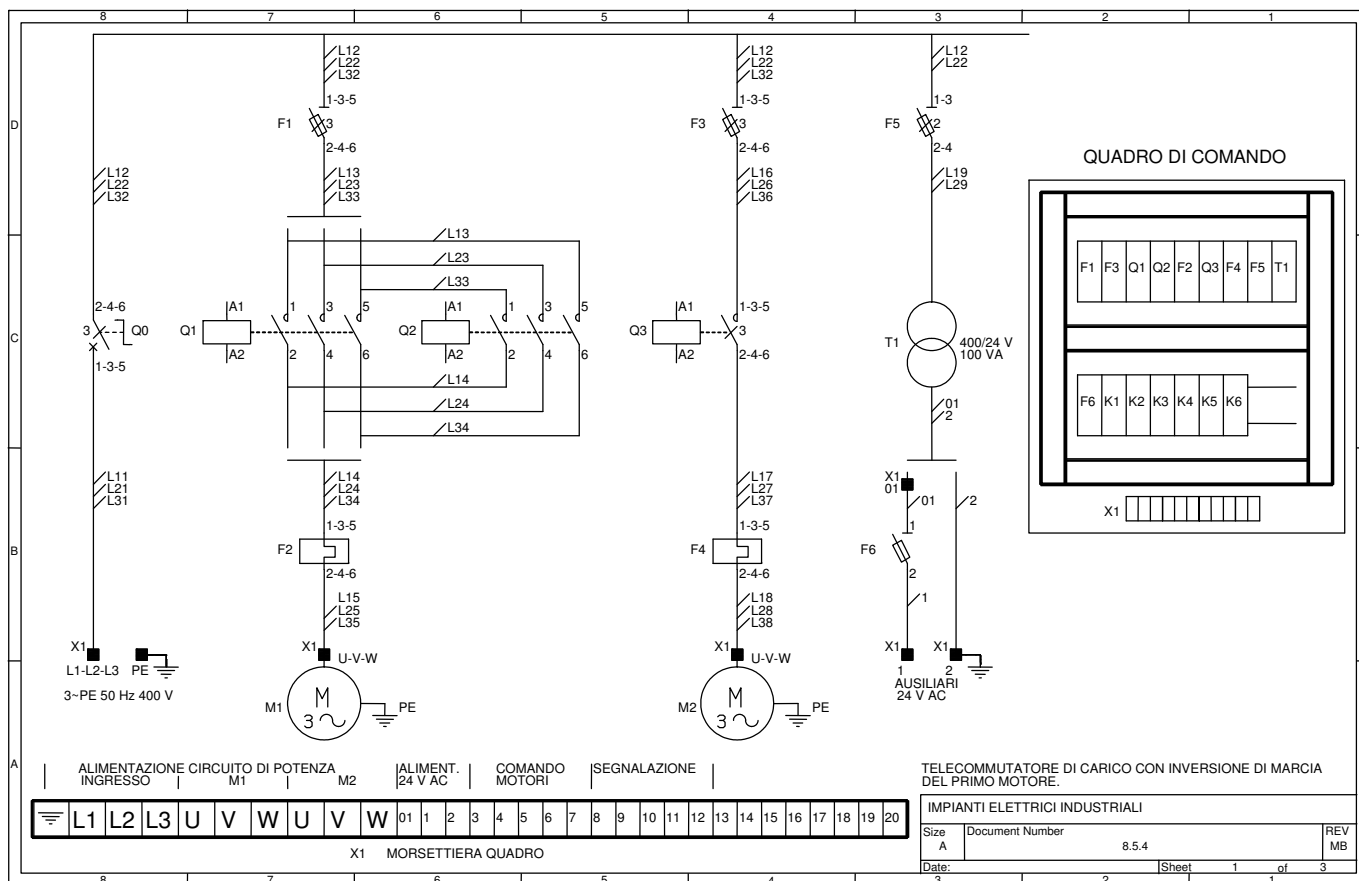
Saranno poi i temporizzatori K1, K2 e K3 a determinare i tempi per l'attivazione della fase successiva fino alla diseccitazione di tutti i relè e temporizzatori, come peraltro rappresentato nel diagramma di lavoro presente nella tavola 3.

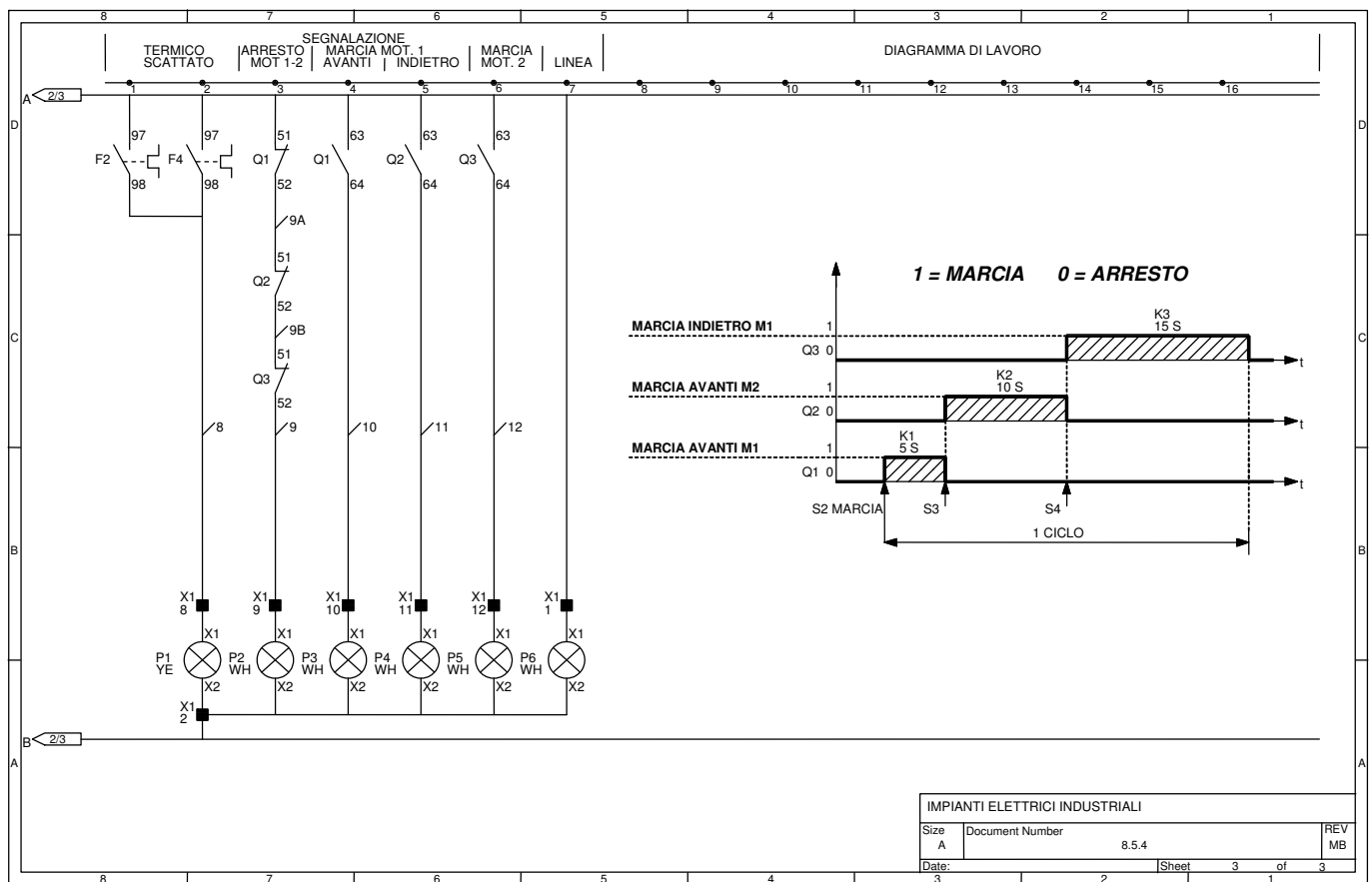
Anche in questo caso si è scelto, per evitare un funzionamento incerto del circuito di comando, di non diseccitare i temporizzatori se non alla fine del ciclo, anche perché l'utilizzo di temporizzatori elettronici a basso consumo non incide sensibilmente sulla potenza necessaria per l'alimentazione dei circuiti ausiliari e, quindi, sulla scelta del trasformatore T1 di alimentazione.

L'arresto in qualsiasi istante del motore in funzione può avvenire manualmente mediante il pulsante S1 e automaticamente a causa di un sovraccarico del motore mediante i relè termici F2 e F4.

Il circuito di segnalazione riprende e amplia lo schema visto nell'impianto precedente.

Esso prevede le seguenti lampade: P1 indica l'intervento di un relè termico; P2 segnala che i motori sono entrambi fermi; P3 indica la marcia avanti del motore M1; P4 indica la marcia indietro del motore M1; P5 indica la marcia avanti del motore M2; P6 segnala la presenza dell'alimentazione sui circuiti ausiliari.





8.6 Avviamento dei motori asincroni trifase

Per azionare le macchine operatrici, i motori a corrente alternata maggiormente utilizzati sono quelli asincroni con rotore in cortocircuito (a gabbia di scoiattolo) oppure quelli con rotore avvolto (motori ad anelli).

I motori sopra citati hanno la caratteristica di funzionare generalmente a tensione e frequenza costanti e, normalmente, anche a velocità praticamente costante. Come si è detto precedentemente, lo svantaggio più rilevante dell'avviamento diretto è quello di avere una corrente di spunto troppo alta.

L'elevata corrente di spunto può provocare delle dannose cadute di tensione, sia sulla linea di alimentazione sia al circuito che comanda il motore; infatti, la caduta di tensione non deve superare il 10%, al fine di ottenere una chiusura sicura dei contattori e dei relè. Vale la pena ricordare che, fino ad una potenza di 11 kW, le norme prevedono la possibilità di avviare direttamente un motore asincrono trifase; il limite deve essere diminuito qualora il rapporto fra la corrente di avviamento e quella nominale risulti particolarmente alto.

Si ricorre allora agli avviamenti indiretti e a tensione ridotta, che permettono di limitare la corrente di spunto.

Limitando la tensione di alimentazione non bisogna dimenticare che la coppia di spunto del motore si riduce con una proporzionalità quadratica rispetto alla tensione.

Quando si deve scegliere un tipo di avviamento per motori, occorre tenere presente alcuni parametri importanti: la coppia iniziale resistente della macchina operatrice da avviare, cioè la coppia resistente più l'inerzia del sistema; il tempo di accelerazione che il sistema motore più macchina è in grado di sopportare (questo valore risulta inversamente proporzionale alla differenza fra la coppia motrice e la coppia resistente); il valore massimo di corrente nel momento dell'avviamento in relazione al massimo valore consentito dalla rete di alimentazione.

In altre parole, il miglior tipo di avviamento per una determinata macchina è, in pratica, quello che è in grado di fornire una coppia di avviamento sufficiente per vincere la coppia resistente iniziale.

Questa coppia deve poter essere sviluppata con un tempo di accelerazione adatto alle caratteristiche del sistema e, naturalmente, con una corrente di spunto che la rete di alimentazione è in grado di sopportare.

I sistemi di avviamento per motori asincroni trifase più utilizzati sono:

- avviamento stella/triangolo;
- avviamento con resistenze o impedenze statoriche;
- avviamento con autotrasformatore.

Per i motori asincroni con rotore avvolto il sistema più usato è quello con avviamento con resistenze rotoriche.

8.7 Avviamento stella/triangolo

L'avviamento stella/triangolo è il tipo di avviamento più utilizzato. Esso richiede, per la sua attuazione, motori asincroni trifase, aventi una morsettiera a sei terminali e costruiti per poter funzionare con una tensione di linea corrispondente a quella che si ha con gli avvolgimenti dello statore collegati a triangolo (per esempio, se la rete trifase è a 400 V, il motore deve poter funzionare a 400 V a triangolo e a 690 V a stella).

Questo tipo di avviamento deve essere utilizzato per l'avviamento di motori con partenze a vuoto o con una coppia resistente bassa e costante o leggermente crescente.

La norma CEI 17-50 prescrive che, nell'avviamento stella/triangolo, gli avvolgimenti statorici siano collegati, in una prima fase, a stella e che, successivamente, siano collegati a triangolo.

Il passaggio deve avvenire quando il motore ha raggiunto circa l'80% della velocità nominale, vale a dire quando il numero di giri si avvicina al valore nominale.

Durante la fase di avviamento, come si può notare dal grafico (fig. 8.23), la corrente di spunto presenta un valore nominale che varia da 2 a circa 2,7 volte quello della corrente nominale del motore; di conseguenza, la coppia di spunto si riduce a 1/3 rispetto alla coppia espressa con l'avviamento diretto.

Durante il passaggio da stella a triangolo, il motore produce una breve, ma significativa corrente di spunto, nonché un picco di coppia motrice.

Normalmente, questo tipo di avviamento è utilizzato quando è necessario limitare la corrente di spunto e quando il carico ha una ridotta coppia resistente o che aumenta solo con l'aumento della velocità.

È preferibilmente usato per applicazioni dove il motore è caricato solo dopo l'aumento di velocità.

Questo avviamento è usato, per esempio, nelle macchine utensili, nelle presse, nei ventilatori e nelle pompe centrifughe.

L'impianto è generalmente realizzato mediante l'uso di tre contattori, di cui uno necessario per il collegamento con la rete di alimentazione, uno per il collegamento delle fasi del motore a stella (fase di avviamento) e uno per il collegamento delle fasi a triangolo (fase di esercizio).

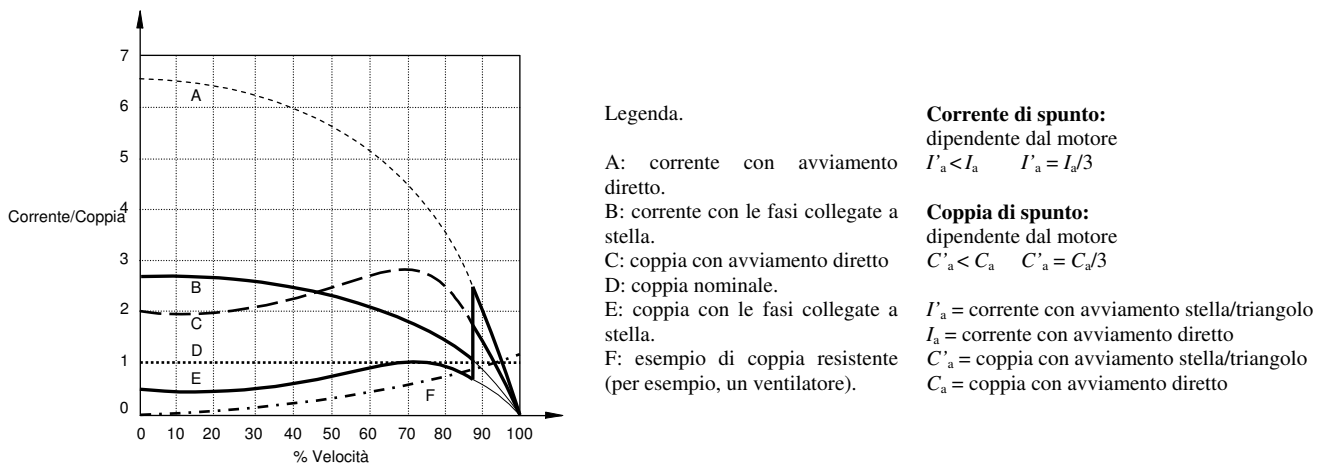


Fig. 8.23 - Caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase con avviamento stella/triangolo.

Per quanto riguarda il passaggio tra i due collegamenti, è possibile incontrare due sistemi di commutazione: automatica, se questa è indipendente dall'operatore, e manuale, se deve essere effettuata dall'operatore (gli impianti presentati di seguito sono del tipo a commutazione automatica).

Come è possibile notare negli schemi di potenza, gli impianti per avviamento stella/triangolo hanno la protezione sia contro i cortocircuiti (fusibili o interruttori magnetotermici) sia contro i sovraccarichi (relè o interruttori termici). È necessario, però, fare alcune precisazioni per quanto riguarda l'inserzione del relè termico. La sua posizione dipende, infatti, dal motore (se assume il carico sin dall'avviamento o solo dopo che si è avviato) oppure dall'avviamento (più o meno pesante). Le possibili inserzioni sono:

- **a vuoto** (fig. 8.24a) - il relè termico è inserito a valle del contattore di linea, in modo che protegga il motore anche durante l'avviamento, quando i suoi avvolgimenti sono collegati a stella. La taratura del relè termico deve essere pari a $I_n/1,732 = 0,57 I_n$. I vantaggi di questo tipo di inserzione sono legati al fatto che la protezione del motore è completa, sia nel collegamento a stella sia in quello a triangolo;
- **pesante** (fig. 8.24b) - il relè termico è inserito in linea e tarato per lo stesso valore di corrente nominale assorbita dal motore. Con questo tipo di inserzione sono sopportati avviamenti di durata maggiore (circa 5 volte). La protezione, però, non è totale, ma parziale: infatti, durante il funzionamento del motore con il collegamento a stella, la corrente assorbita dal motore è circa 1,732 volte minore di quella di taratura. Durante la fase di avviamento a

stella, si ha l'intervento del relè termico solo se il rotore del motore si blocca. È necessario, perciò, controllare che l'avviamento avvenga regolarmente;

- **molto pesante e prolungato** (fig. 8.24c) - il relè termico è inserito nel ramo del collegamento a triangolo e il valore di taratura che si deve assegnare al relè termico è, in questo caso, pari a 0,57 volte la corrente nominale. Con questo tipo di inserzione si possono ottenere avviamenti molto prolungati, in quanto, in pratica, si rinuncia alla protezione del motore durante la fase di avviamento. Di conseguenza, è necessario, anche in questo caso, controllare che l'avviamento avvenga regolarmente.

Quando il relè termico è inserito a valle del contattore di linea, a causa della terza armonica, le correnti che circolano negli avvolgimenti del motore possono richiedere una regolazione più alta del relè termico.

Questo può avvenire solo sulla base di un controllo con uno strumento in grado di misurare l'esatto valore efficace. Le sezioni dei conduttori verso il motore e la linea di alimentazione devono essere dimensionate secondo la corrente di regolazione del relè termico. Qualora per la protezione del motore siano utilizzati interruttori magnetotermici, essi sono collegati sulla linea di alimentazione, in modo che assuma anche la protezione contro i cortocircuiti. In questo caso, la regolazione della corrente avviene sulla corrente nominale del motore.

Una correzione del valore di regolazione a causa della terza armonica, in questo caso, è irrilevante.

La linea di alimentazione deve essere dimensionata sulla corrente di regolazione termica, secondo quanto impostato nell'interruttore magnetotermico.

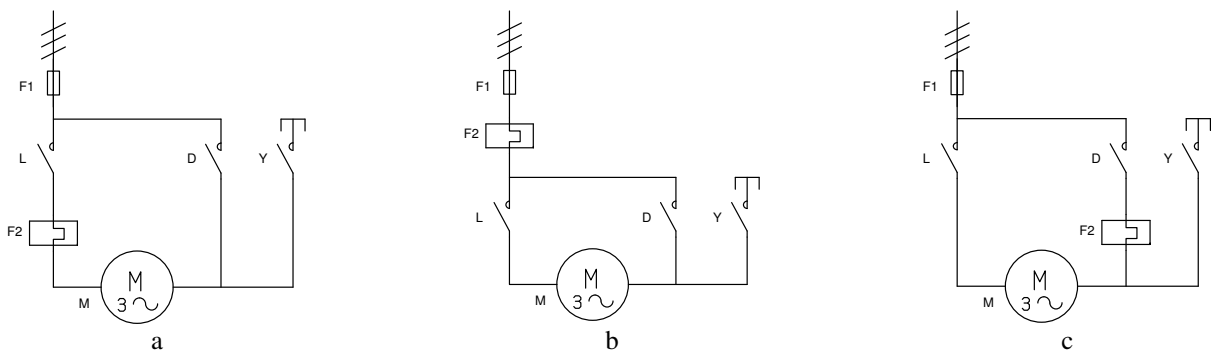


Fig. 8.24 - Esempi di possibili inserzioni del relè termico: a) Avviamento a vuoto - b) Avviamento pesante - c) Avviamento molto pesante e prolungato. Legenda: L = contattore di linea, D = contattore collegamento fasi a triangolo, Y = contattori collegamento fasi a stella, F1 = fusibili, F2 = relè termico, M = motore asincrono trifase.

Nei motori con avviamento stella/triangolo, le sei estremità degli avvolgimenti sono portate sulla morsetteria del motore. I contattori per l'avviamento stella/triangolo devono commutare gli avvolgimenti in maniera conforme.

Con l'avviamento a stella, il contattore principale chiude la rete alle estremità degli avvolgimenti U1, V1 e W1.

Le estremità degli avvolgimenti U2, V2 e W2 sono chiuse a stella dal relativo contattore.

La commutazione a triangolo avviene ad una velocità vicina alla velocità di regime, il contattore di stella si disinserisce e il contattore di triangolo collega i morsetti U1-V2, V1-W2, W1-U2 oppure U1-W2, V1-U2, W1-V2, come mostrato nella fig. 8.25.

Nell'avviamento stella/triangolo, è necessario prestare attenzione alla corretta sequenza delle fasi, in pratica è necessario che sia rispettato il corretto collegamento dei conduttori al motore e all'avviatore.

Nel caso di una sequenza di fase sbagliata, può verificarsi un picco di corrente molto elevato a causa della lieve diminuzione della velocità durante l'intervallo della commutazione dalla stella al triangolo.

Questi picchi di corrente molto alti possono danneggiare gli avvolgimenti del motore e sollecitare inutilmente le apparecchiature elettriche. Allo stesso tempo, è necessario prestare attenzione al senso di rotazione del motore.

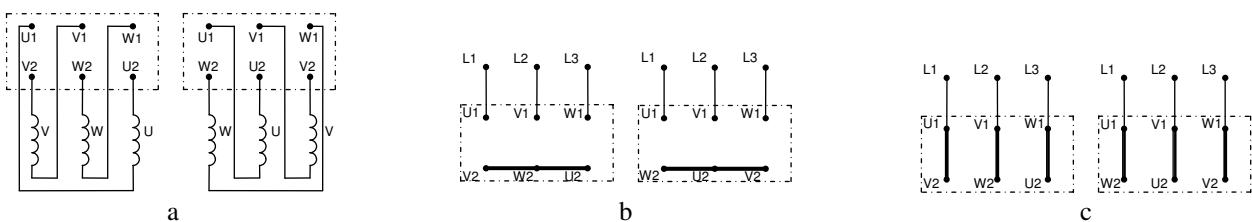


Fig. 8.25 - Motori asincroni trifase: a) Collegamento delle fasi U, V, W, alla morsetteria a sei morsetti - b) Esempi di morsettiere con il collegamento delle fasi a stella - c) Esempi di morsettiere con il collegamento delle fasi a triangolo.

I contattori di un avviamento stella/triangolo normale, con il relè termico inserito a valle del contattore di linea, possono essere sottodimensionati rispetto alla corrente nominale I_n del motore; in particolare, la corrente nominale I_e del contattore di linea vale $I_e = 0,57 I_n$, quella del contattore di stella vale $I_e = 0,34 I_n$ e, infine, quella del contattore di triangolo vale $I_e = 0,57 I_n$.

Per tempi di avviamento più lunghi di circa 15 s, il contattore di stella deve essere dimensionato per valori di corrente più elevati; se il contattore di stella è uguale a quello di linea, sono ammessi tempi di avviamento fino a circa un minuto.

Tra l'apertura del contattore di stella e la chiusura del contattore di triangolo, deve esistere una pausa sufficiente perché si estingua l'arco voltaico nel contattore di stella prima che si chiuda il contattore di triangolo. In caso di commutazione troppo rapida, si può verificare un cortocircuito sull'arco elettrico di spegnimento.

Tuttavia, la pausa di commutazione deve essere abbastanza lunga per l'estinzione dell'arco, in modo che il numero di giri diminuisca il meno possibile (pausa da 50 ms a 0,5 s).

A tale scopo esistono speciali temporizzatori per la commutazione dell'avviamento stella/triangolo.

Vantaggi. L'avviamento non è eccessivamente costoso; non impone grandi limitazioni al tipo di servizio.

Svantaggi. Questo sistema può essere usato per avviamenti a vuoto o con basse coppie resistenti allo spunto; si hanno elevati picchi di correnti nel passaggio da stella a triangolo; si ha un'interruzione dell'alimentazione nella commutazione tra i due collegamenti; è necessario un motore con sei terminali.

Utilizzo. Macchine utensili, gruppi convertitori, compressori centrifughi, macchine per la lavorazione del legno, macchine agricole, mole, pialle, seghe, ventilatori.

8.7.1 Teleavviatore protettore di marcia stella/triangolo (Y/D)

Il primo impianto proposto prevede l'avviamento stella/triangolo di un motore asincrono trifase.

Nella prima tavola è presentato lo schema unifilare del circuito di potenza, in forma multifilare in quella parte di circuito che mostra i collegamenti fra i tre contattori e il relè termico, necessari per la realizzazione dell'avviamento, e il motore M1.

Si noti che l'inserzione del relè termico F2, posto a protezione del motore contro i sovraccarichi, presuppone per il motore un avviamento a vuoto.

Nella tavola 1, oltre allo schema di potenza, sono presenti una tabella che riassume il collegamento delle fasi a stella o a triangolo di un motore asincrono trifase, secondo la norma CEI 2-8, e i collegamenti delle fasi alla morsettiere del motore.

È bene sottolineare come il collegamento degli avvolgimenti del motore alla morsettiere sia fatto in modo da consentire facilmente, mediante appositi ponticelli (rappresentati con il tratto avente uno spessore maggiore), il collegamento a stella o a triangolo delle fasi.

La seconda tavola presenta il circuito ausiliario necessario per comandare i tre contattori Q1 di linea, Q2 per il collegamento delle fasi a stella e Q3 per il collegamento delle fasi a triangolo.

Come si può notare è presente un solo pulsante di marcia S2 che, se premuto, consente l'inizio del ciclo con la chiusura istantanea di Q1 e Q2, nonché l'attivazione del temporizzatore K1 il quale, dopo che è trascorso il tempo impostato (per esempio, 8 s), disecciterà Q2 (collegamento a stella) ed ecciterà Q3, collegando così le fasi definitivamente a triangolo.

L'arresto del motore può avvenire manualmente, mediante il pulsante S1 in grado di diseccitare tutto in qualsiasi istante, oppure automaticamente, qualora il relè termico F2 intervenga a causa di un sovraccarico del motore.

Il circuito di segnalazione prevede varie lampade: P1 segnala l'intervento del relè termico; P2 indica che il motore è fermo; P3 avverte che il motore è in fase di avviamento, cioè con le fasi collegate a stella; P4 segnala che il motore è in marcia con le fasi collegate a triangolo; P5 indica che i circuiti ausiliari sono alimentati.

Nella seconda tavola è presentato anche il diagramma di lavoro che illustra graficamente le fasi che compongono il ciclo di avviamento.

Si vuole segnalare, inoltre, l'opportunità che tra l'apertura e la chiusura dei contatti ausiliari dei tre contattori non si abbia la sovrapposizione dei contatti per evitare un cortocircuito nella commutazione intempestiva da stella a triangolo; può essere utile, con questo tipo di avviamento, impiegare un relè temporizzatore specifico per avviamenti stella/triangolo dotati di una pausa di commutazione che può variare da un minimo di circa 50 ms ad un massimo di 500 ms.

8.7.2 Teleavviatore stella/triangolo con invertitore di marcia

Il secondo impianto relativo a questo tipo di avviamento prevede, oltre all'avviamento del motore, anche la possibilità di scegliere il senso di rotazione del rotore del motore M1.

Noterete nello schema di potenza la presenza, rispetto all'impianto precedente, di un contattore in più (in totale 4), che consente l'inversione di marcia del motore.

Lo schema di potenza prevede l'uso di 4 contattori: in particolare, Q1 e Q2 consentono l'inversione di marcia, Q4 consente il collegamento a stella durante la fase di avviamento, e il contattore Q3 collega le fasi a triangolo ad avviamento avvenuto. Sempre nella prima tavola è presente una tabella che mostra due possibili collegamenti delle fasi del motore alla morsettiere indicando, inoltre, come devono essere fissati i ponticelli (tratto più grosso) per effettuare il collegamento fisso a stella o triangolo.

Il circuito di comando prevede il pulsante di marcia avanti S2 e il pulsante di marcia indietro S3, che consentono, se azionati, di avviare il motore nei due sensi di marcia effettuando in entrambi i casi l'avviamento stella/triangolo del motore M1.

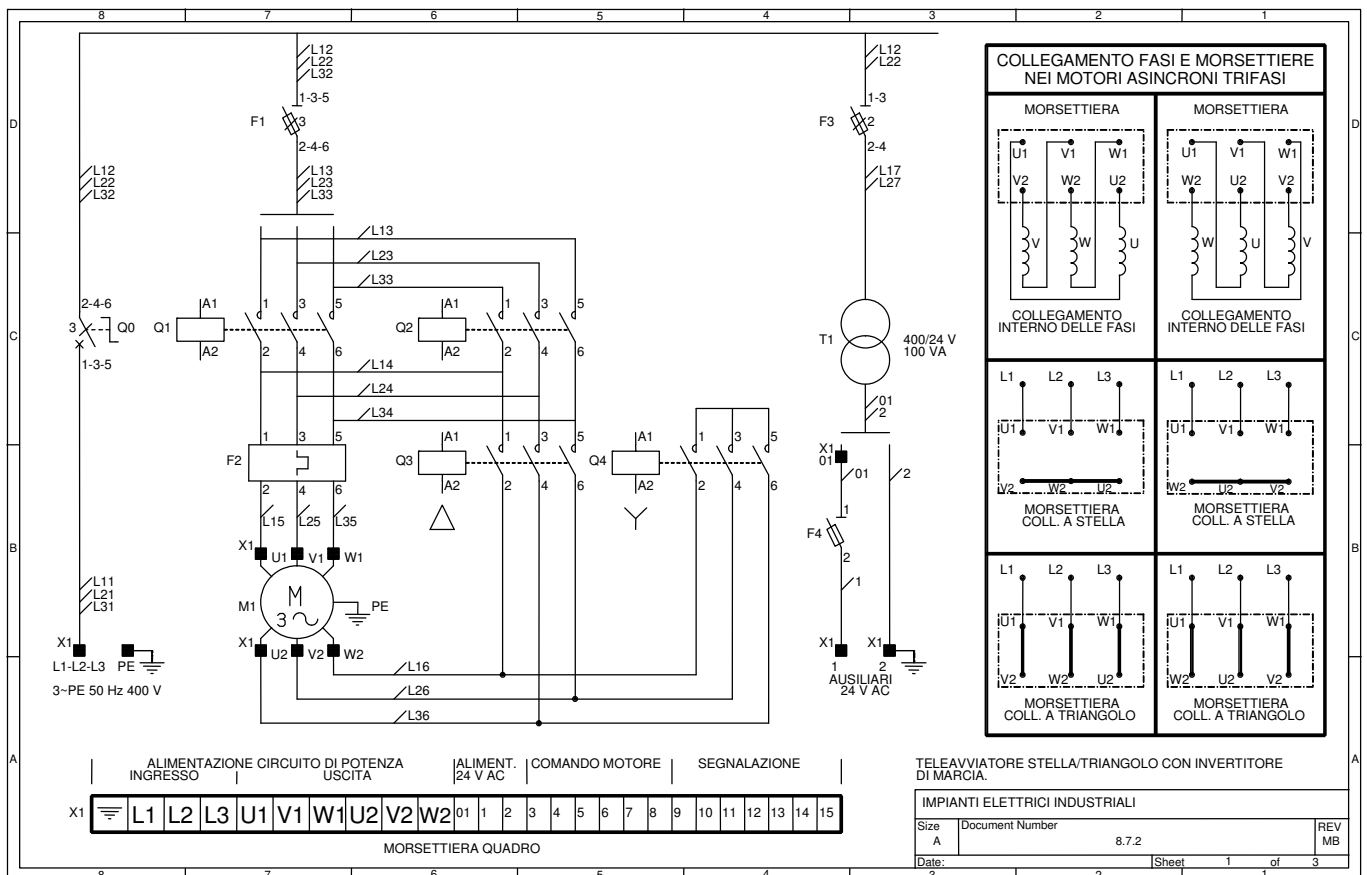
La soluzione circuitale A, vale a dire il collegamento del morsetto 14 di Q1 (rif. 4) con il morsetto X1-5 e del morsetto 24 di K2 (rif. 6) con il morsetto X1-7, valida solo per i piccoli motori, consente, quando è in marcia, premendo S2 o S3, di ottenere l'arresto del motore e immediatamente l'avviamento nel senso di rotazione opposto.

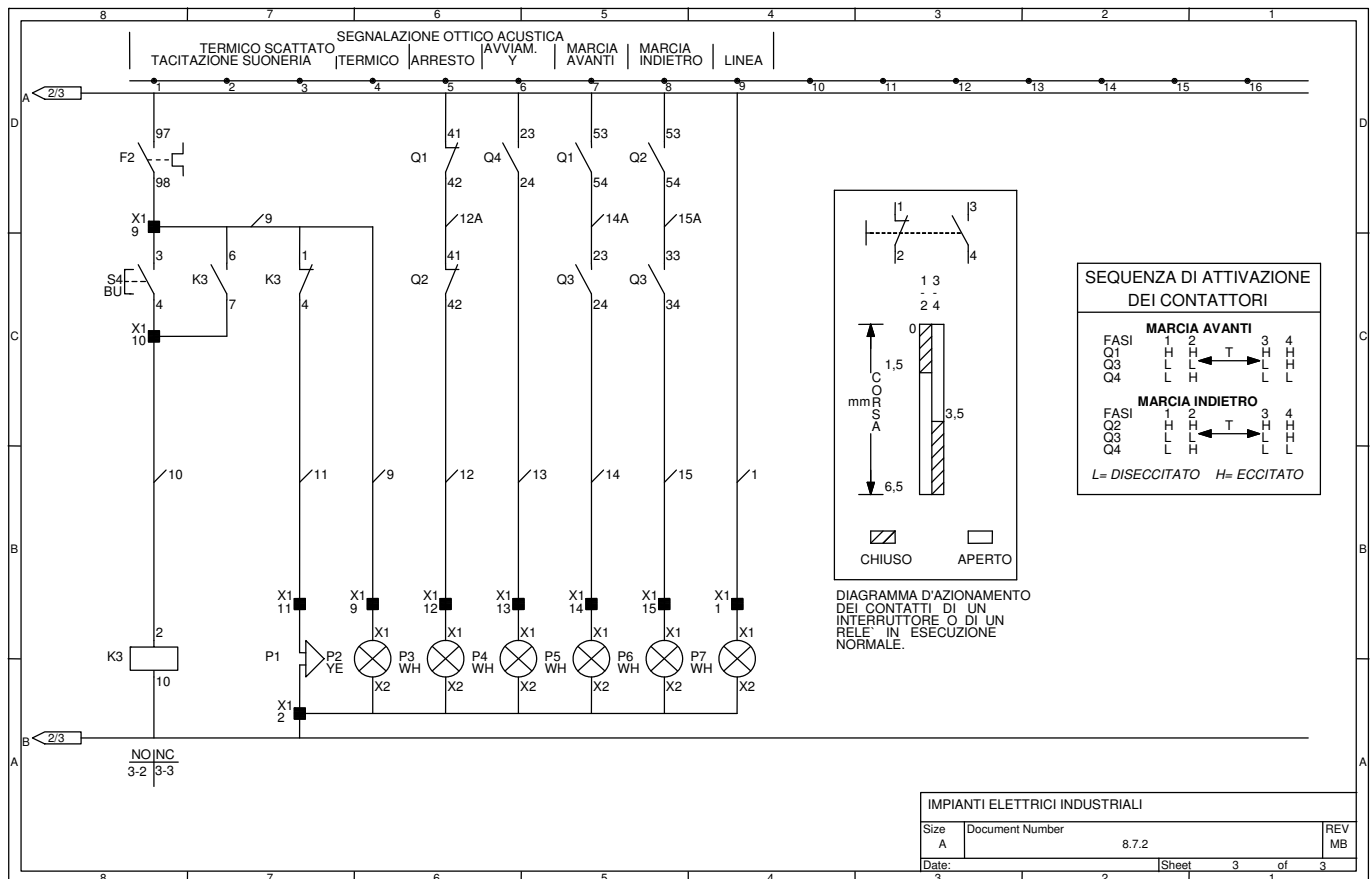
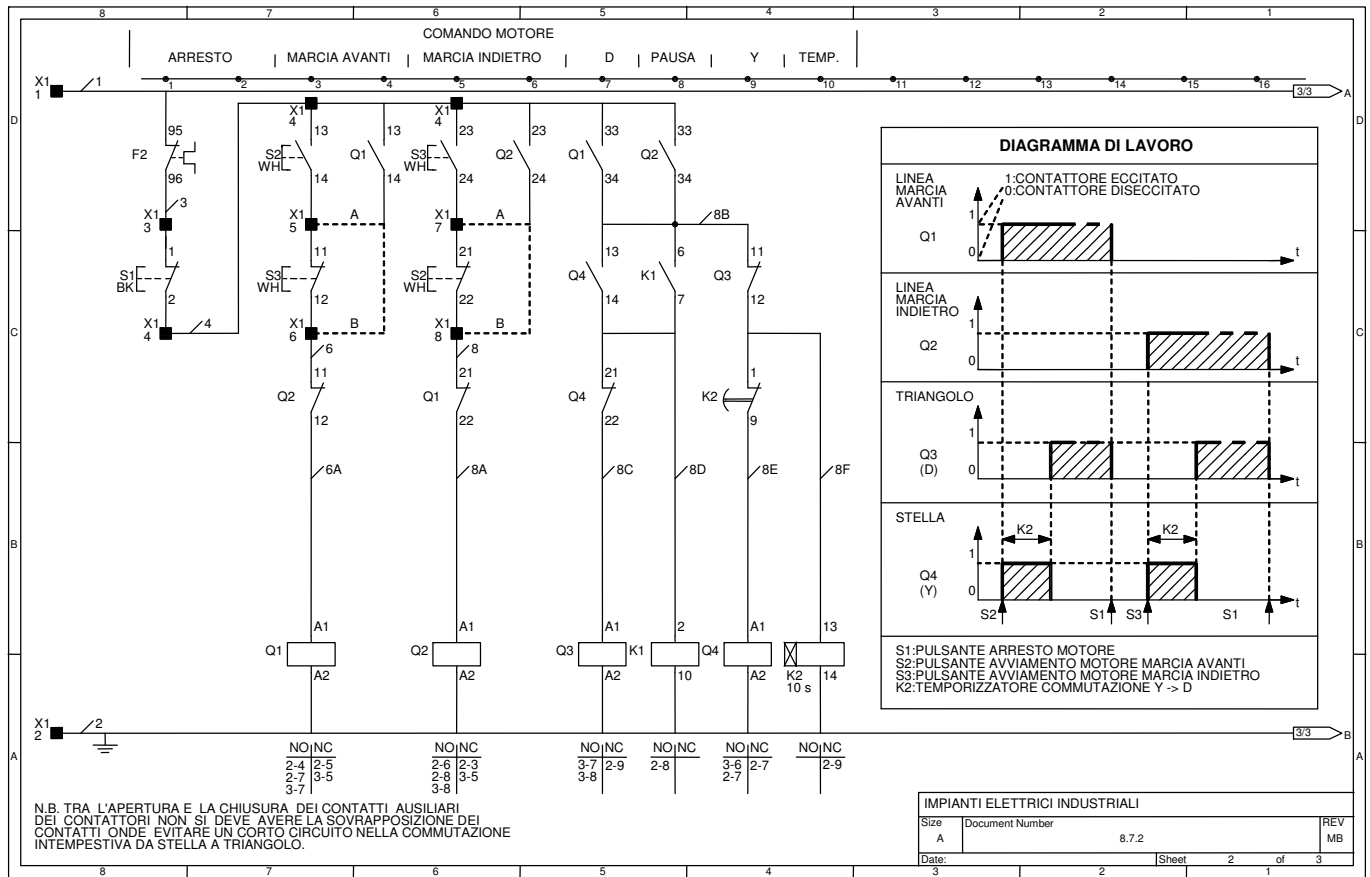
La soluzione circuitale B, vale a dire il collegamento del morsetto 14 di Q1 con il morsetto X1-6 e del morsetto 24 di Q2 con il morsetto X1-8, valida invece per tutti i motori, consente l'inversione di marcia e il relativo avviamento sempre mediante S2 o S3, ma *solo* dopo aver arrestato il motore mediante il pulsante S1.

La soluzione circuitale proposta prevede, utilizzando la naturale inerzia dei relè elettromeccanici, la necessaria pausa di commutazione di circa 0,05 s tra l'apertura del collegamento delle fasi a stella e la chiusura del collegamento delle fasi a triangolo. Occorre evitare, infatti, la sovrapposizione dei contatti di potenza onde evitare un cortocircuito nella commutazione intempestiva da stella a triangolo.

Osserverete come i due contattori Q1 e Q2, che effettuano la teleinversione, siano interbloccati sia mediante l'uso di contatti NC in serie alle bobine dei rispettivi contattori, sia mediante l'uso di pulsanti con doppi contatti che, contemporaneamente, avviano il motore in un senso di marcia e impediscono l'avvio nell'altro senso.

La parte di circuito che si preoccupa di effettuare l'avviamento stella/triangolo è composta, oltre che dai contattori Q3 e Q4, dal relè ausiliario K1 e dal temporizzatore K2, che commuta il collegamento delle fasi dopo un tempo prefissato (per esempio, 10 s).





L'arresto del motore può avvenire manualmente, come si detto precedentemente, mediante il pulsante S1 in grado di diseccitare tutto in qualsiasi momento, oppure automaticamente, qualora il relè termico F2 intervenga a causa di un sovraccarico del motore.

Sempre nella seconda tavola è presentato il diagramma di lavoro che rappresenta graficamente come sono attivati in sequenza i contattori Q1, Q2, Q3 e Q4.

I circuiti ausiliari sono completati nella terza tavola con il circuito di segnalazione caratterizzato da un circuito di segnalazione acustico/luminoso, che segnala l'intervento del relè termico.

Infatti, la chiusura del contatto NO di F2 al riferimento 1 dello schema funzionale attiva immediatamente la sirena P1 e la lampada di segnalazione P2.

L'operatore, ricevuta la segnalazione, può disattivare la suoneria premendo il pulsante di tacitazione S4, mentre la lampada, che resterà accesa, potrà essere spenta, come al solito, ripristinando il relè termico F2.

Le altre lampade indicano rispettivamente: P3 segnala l'arresto del motore; P4 indica la fase di avviamento a stella; P5 segnala l'avviamento avvenuto con il motore funzionante a marcia avanti; P6 segnala che l'avviamento è avvenuto con il motore funzionante a marcia indietro; P7 segnala l'alimentazione dei circuiti ausiliari.

8.8 Avviatori statorici

Gli avviatori statorici permettono di avviare i motori asincroni trifase con una tensione di alimentazione ridotta, che può essere applicata al motore con le fasi collegate sia a stella sia a triangolo.

Con questi sistemi si inseriscono in serie, fra il circuito di alimentazione e ogni fase statorica del motore, delle resistenze o delle impedenze, le quali provocano una caduta di tensione nel momento dello spunto, consentendo così un avviamento più dolce.

Terminata la fase di avviamento le resistenze sono escluse cortocircuitandole.

La riduzione della tensione applicata consente di avere una corrente di spunto più piccola, ma la coppia di spunto si riduce in proporzione quadratica rispetto alla tensione.

L'avviamento con resistenze (economicamente più convenienti) o con impedenze statoriche genera, a parità di coppia, una corrente di spunto superiore a quella ottenuta con l'avviamento stella/triangolo, offrendo però i seguenti vantaggi:

- l'alimentazione del motore avviene senza interruzione;
- si ottiene un'accelerazione dolce e senza strappi, in quanto la tensione ai morsetti del motore aumenta con l'aumentare della velocità del motore;
- calcolando in modo opportuno i valori delle resistenze/impedenze, è possibile ottenere un avviamento ottimale.

Questo tipo di avviamento è utilizzato con motori che devono esprimere, allo spunto, delle coppie pari al 50÷60% della coppia nominale e può essere utilizzato per azionare pompe centrifughe, ventilatori e così via.

Per realizzare un avviatore statorico nella sua forma più semplice, è necessario, in generale, avere:

- un contattore di linea;
- un contattore in grado di escludere le resistenze/impedenze cortocircuitandole;
- un temporizzatore in grado di comandare, dopo un certo tempo, l'esclusione delle resistenze/impedenze;
- un gruppo di resistenze/impedenze.

Per l'avviamento di macchine che richiedono un tempo di accelerazione lungo oppure un'accelerazione a più stadi, si realizzano avviatori a due o più gradini.

Come nell'avviatore stella/triangolo, anche in questo caso è necessario collegare in serie nel circuito di potenza il relè termico e una terna di fusibili coordinati per la protezione dai sovraccarichi e dai cortocircuiti.

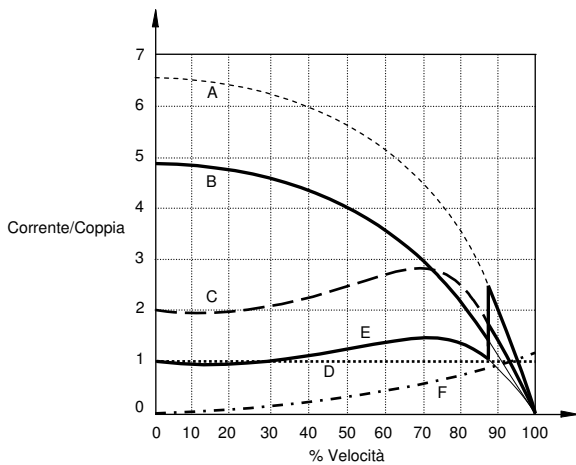
Gli avviatori a resistenze/impedenze statoriche possono essere realizzati in diversi modi e con diverse prestazioni. Innanzi tutto, l'esclusione può essere manuale o automatica: nel primo caso, è l'operatore che sceglie il momento di esclusione; nel secondo caso, invece, un temporizzatore effettua l'operazione automaticamente dopo il tempo preimpostato. L'avviamento può essere realizzato ad uno o più gradini, che saranno esclusi in sequenza, mediante, per esempio, dei temporizzatori, sino ad alimentare direttamente il motore alla tensione di linea.

Infine, come si è visto per l'avviamento stella/triangolo, è possibile inserire anche una teleinversione che consentirà di avviare il motore nei due sensi di marcia.

Vantaggi. L'avviamento è progressivo con possibilità di scelta della coppia di avviamento, senza alcuna interruzione dell'alimentazione.

Svantaggi. A parità di coppia, si ha una corrente di spunto più elevata che non negli avviamenti con autotrasformatore.

Utilizzo. Nelle applicazioni dove è notevole la coppia resistente all'atto dell'avviamento: pompe, ventilatori, compressori centrifughi.



Legenda.

- A: corrente con avviamento diretto.
- B: corrente con avviamento statorico.
- C: coppia con avviamento diretto.
- D: coppia nominale.
- E: coppia con avviamento statorico.
- F: esempio di coppia resistente (per esempio, ventilatore).

Corrente di spunto:
a seconda della coppia
 $I'_a < I_a \quad I'_a = I_a (U'_a / U_n)^2$

Coppia di spunto:
a richiesta
 $C'_a = C_a (U'_a / U_n)^2$

U'_a = tensione con avviamento statorico
 U_n = tensione nominale
 I'_a = corrente con avviamento statorico
 I_a = corrente con avviamento diretto
 C'_a = coppia con avviamento statorico
 C_a = coppia con avviamento diretto

Fig. 8.26 - Caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase con avviamento statorico.

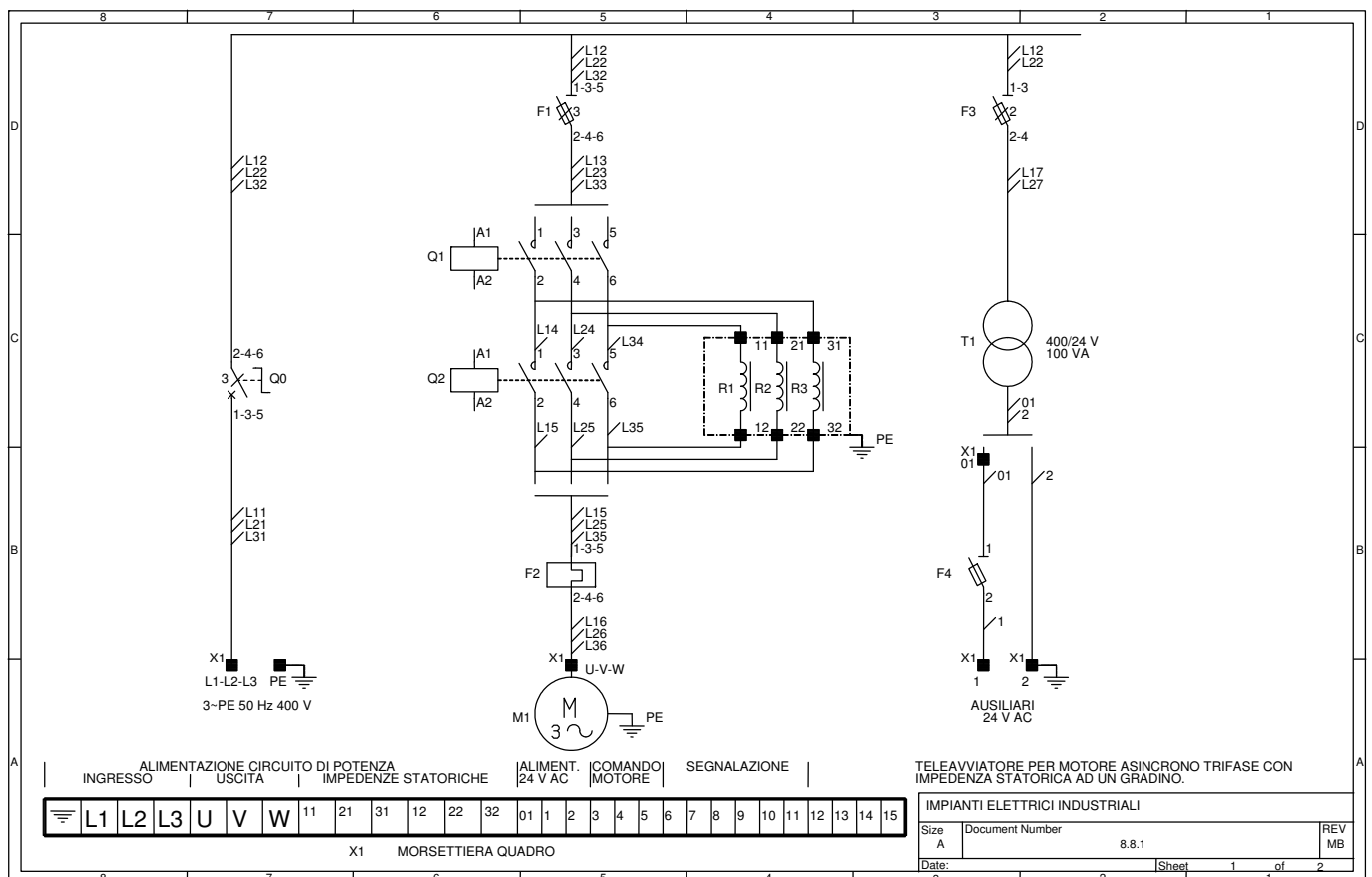
8.8.1 Teleavviatore per motore asincrono trifase con impedenza statorica ad un gradino

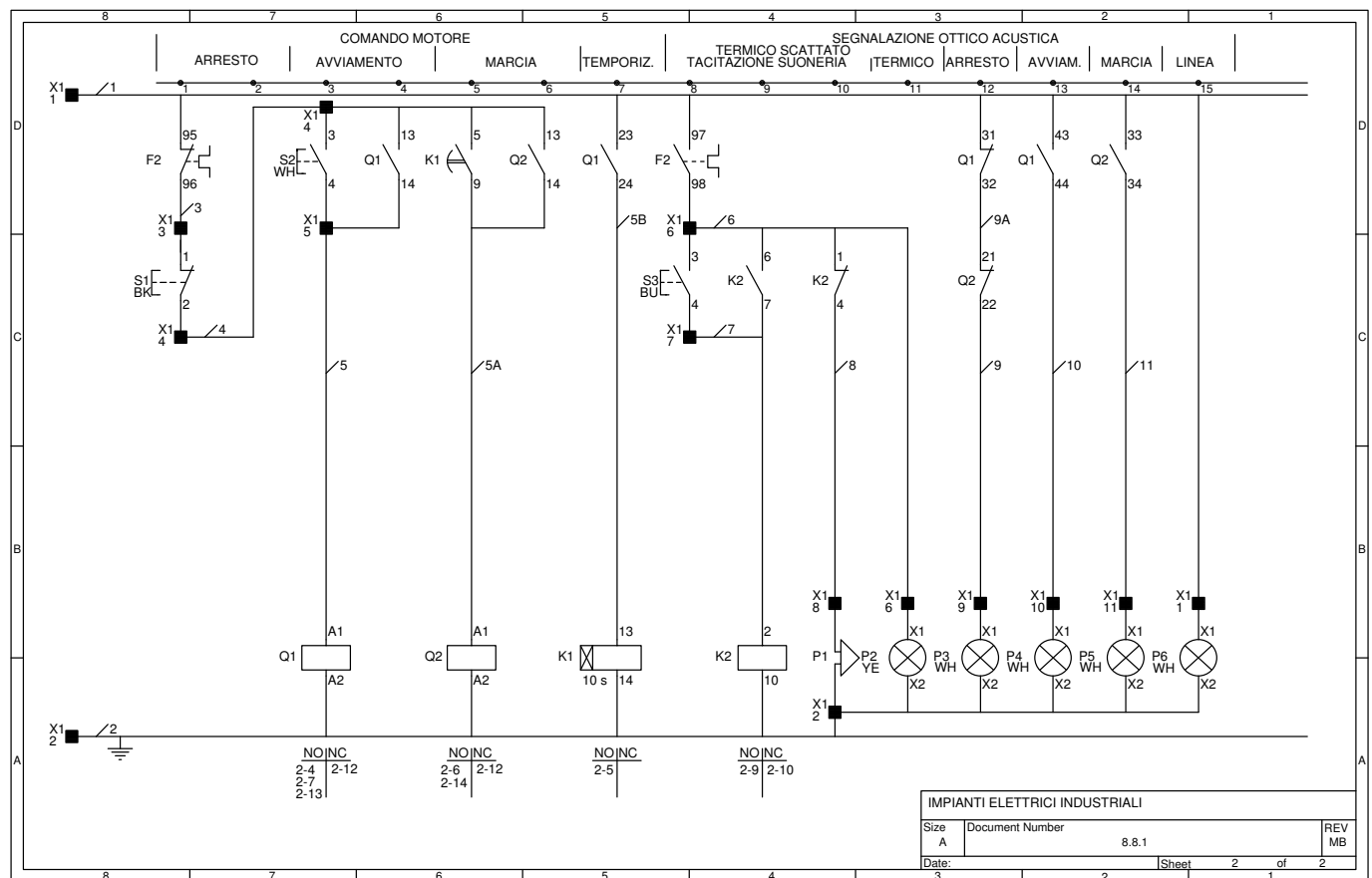
L'impianto di avviamento ad impedenze statoriche ad un gradino proposto si compone di due tavole, delle quali la prima presenta il circuito di potenza, mentre la seconda il circuito di comando.

Nella prima tavola è possibile osservare, in particolare, i collegamenti dei due contattori con la linea di alimentazione e con le impedenze R1, R2, R3.

Le fasi dell'avviamento sono due: nella prima con il solo contattore Q1 eccitato, quindi con le impedenze inserite, si alimenta il motore asincrono trifase con una tensione applicata agli avvolgimenti statorici minore di quella di linea; nella seconda fase, le impedenze sono escluse automaticamente, eccitando, mediante un temporizzatore K1, il contattore Q2, che le cortocircuita, alimentando così il motore con la tensione nominale.

È bene sottolineare che i capi delle singole impedenze sono collegati sulla medesima fase, altrimenti, all'atto dell'esclusione, il motore inverte il senso di marcia.





Il circuito di comando prevede un pulsante di marcia S2, che eccita il contattore Q1 (fase di avviamento), il quale comanda il temporizzatore K1, che, dopo il tempo prefissato, eccita il contattore Q2, che esclude le impedenze.

Il motore può essere arrestato manualmente in qualsiasi istante, mediante il pulsante S1 di arresto, oppure automaticamente, nel caso il relè termico F2 intervenga a causa di un sovraccarico del motore M1.

Completa la seconda tavola il circuito di segnalazione, caratterizzato da un circuito acustico-luminoso che segnala l'intervento del relè termico.

La chiusura del contatto NO di F2, al riferimento 8 dello schema funzionale, attiva immediatamente la sirena P1 e la lampada di segnalazione P2. Attratta l'attenzione dell'operatore, questi può disattivare la suoneria premendo il pulsante di tacitazione S3. La lampada potrà essere spenta, come al solito, ripristinando il relè termico.

Le altre lampade indicano, rispettivamente: P3 l'arresto del motore; P4 la fase di avviamento; P5 l'avviamento avvenuto (motore in marcia); P6 i circuiti ausiliari alimentati.

8.9 Avviatori con autotrasformatori

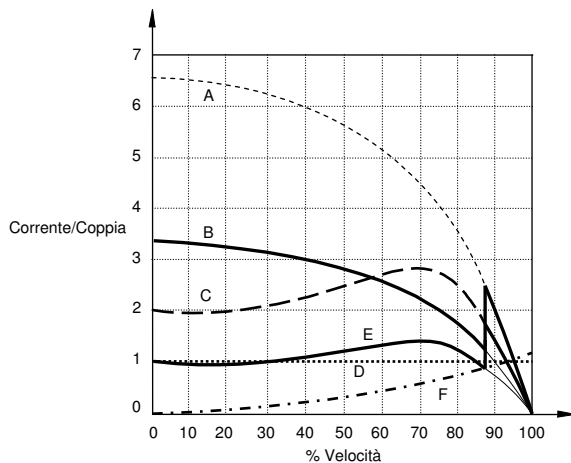
A completamento dell'argomento è trattato questo tipo di avviamento, effettuato impiegando un autotrasformatore che consente di alimentare il motore, inizialmente, con una tensione ridotta e, successivamente, con valori superiori sino ad arrivare ai valori nominali.

Questo metodo di avviamento è particolarmente usato nei Paesi di lingua inglese.

Come per l'avviamento stella/triangolo, l'avviatore con autotrasformatore dispone di un rapporto favorevole tra la coppia e l'assorbimento di corrente. Fondamentale per la realizzazione di questo avviamento è un autotrasformatore con prese intermedie, collegato in modo opportuno tra la linea di alimentazione e il motore.

Per l'avviamento di motori che richiedono un tempo di accelerazione lungo, oppure un'accelerazione a più stadi, si realizzano avviatori a tre o più tempi con un autotrasformatore a più prese e con una serie di contattori, che consentono di alimentare il motore a tensione via via crescente, sino a raggiungere la tensione di alimentazione nominale. Per adattare la caratteristica della coppia all'avviamento del motore, gli autotrasformatori hanno, di solito, tre uscite di tensione selezionabili (per esempio, 80%, 65%, 50%).

La corrente di avviamento del motore, che è proporzionale al rapporto di trasformazione dell'autotrasformatore, dipende dalla tensione di uscita che si è utilizzata, e può essere circa da 1 a 5 volte la corrente nominale. La coppia disponibile si riduce in proporzione alla corrente di avviamento.



Legenda.

- A: corrente con avviamento diretto.
 B: corrente con avviamento con autotrasformatore.
 C: coppia con avviamento diretto.
 D: coppia nominale.
 E: coppia con avviamento con autotrasformatore.
 F: esempio di coppia resistente.

Corrente di spunto:

a seconda della coppia
 $I'_a < I_a$ $I'_a = I_a(U'_a/U_n)^2$

Coppia di spunto:

a richiesta
 $C'_a = C_a(U'_a/U_n)^2$

U'_a = tensione con avviamento con autotrasformatore

U_n = tensione nominale

I'_a = corrente con avviamento con autotrasformatore

I_a = corrente con avviamento diretto

C'_a = coppia con avviamento con autotrasformatore

C_a = coppia con avviamento diretto

Fig. 8.27 - Caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase con avviamento con autotrasformatore.

Anche se il breve periodo di tempo in cui l'autotrasformatore lavora ne consente un sottodimensionamento, il costo elevato dell'apparecchiatura è giustificato solo in caso di motori di grande potenza.

Vantaggi. L'avviamento è progressivo; è possibile scegliere la coppia di avviamento; non c'è nessuna interruzione dell'alimentazione; la corrente di spunto è bassa rispetto ad altri avviamenti.

Svantaggi. Il costo è elevato; rispetto ad altri tipi di avviamento, il peso e l'ingombro sono maggiori e la manutenzione è più gravosa.

Utilizzo. Compressori rotativi e a pistoni, pompe e ventilatori.

8.10 Avviatori rotorici

Quando l'avviamento risulta particolarmente difficile, si ricorre all'uso di motori asincroni che hanno un rotore con degli avvolgimenti veri e propri i quali fanno capo a tre anelli terminali.

Il motore, nel momento dell'avviamento, può essere considerato come un trasformatore, il cui circuito secondario è costituito dagli avvolgimenti rotorici.

Se in serie agli avvolgimenti rotorici si collegano delle resistenze di valore adeguato, il valore della corrente che circola negli avvolgimenti rotorici, quando il motore è alimentato dalla tensione nominale, dipende appunto dal valore delle resistenze inserite.

Analogamente, sullo statore si otterrà una limitazione della corrente assorbita dalla linea di alimentazione.

La norma CEI 17-50 definisce le caratteristiche che deve avere un avviamento rotorico per un motore asincrono con rotore avvolto.

La norma afferma che questo avviamento è costituito da uno o più gruppi di resistenze, collegate agli avvolgimenti rotorici, che, durante la fase di avviamento, sono escluse manualmente o automaticamente mediante dei contattori.

Questo tipo di avviamento, che come si è detto precedentemente è utilizzato solo con i motori asincroni con rotore avvolto, consente di ottenere particolari valori di coppia motrice oppure, se necessario, di limitare la corrente di spunto; questa possibilità di controllo avviene regolando in modo opportuno il valore della resistenza inserita.

Con questo tipo di motore, gli avvolgimenti statorici sono collegati alla linea di alimentazione, mentre gli avvolgimenti rotorici sono collegati a un gruppo di resistenze.

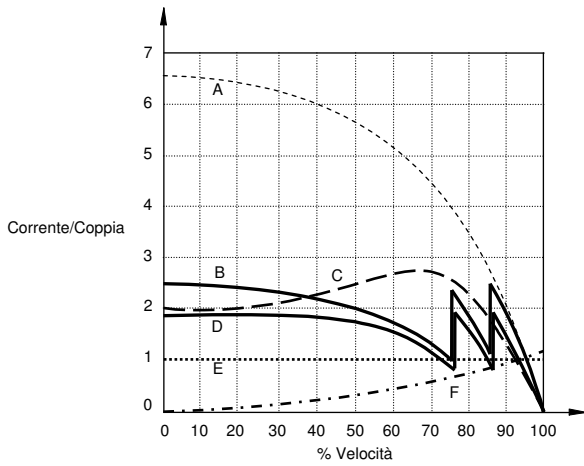
I componenti fondamentali per la realizzazione di un avviamento rotorico sono:

- un contattore di linea con il relativo relè termico avente la funzione di collegare alla rete di alimentazione il motore;
- uno o più gruppi di resistenze collegate agli avvolgimenti rotorici del motore;
- un numero uguale di contattori necessari per l'esclusione di altrettanti gruppi di resistenze.

Vantaggi. È un avviamento progressivo e, a parità di coppia, permette di assorbire una corrente di spunto inferiore rispetto agli altri tipi di avviamento.

Svantaggi. Il costo di questo tipo di motore è più alto rispetto ai motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo; inoltre, necessita di manutenzione agli anelli e alle relative spazzole.

Utilizzo. Questo avviamento è utilizzato per avviamenti pesanti, lunghi e frequenti: per elevatori, gru e apparecchi di sollevamento in genere, macchine da stampa, cesoie, mescolatori, calandre.



Legenda.

- A: corrente con avviamento diretto.
- B: corrente con avviamento con resistenze rotoriche.
- C: coppia con avviamento diretto.
- D: coppia con avviamento rotorico.
- E: coppia nominale.
- F: esempio di coppia resistente.

Corrente di spunto:
a seconda della coppia
 $I'_a = 1,3 I_n (C'_a/C_n)$

Coppia di spunto:
a richiesta
 $C'_a < C_{max}$

I'_a = corrente con avviamento con resistenze rotoriche
 I_n = corrente nominale
 C'_a = coppia con avviamento con resistenze rotoriche
 C_{max} = coppia massima

Fig. 8.28 - Caratteristiche di funzionamento di un motore asincrono trifase con avviamento con resistenze rotoriche.

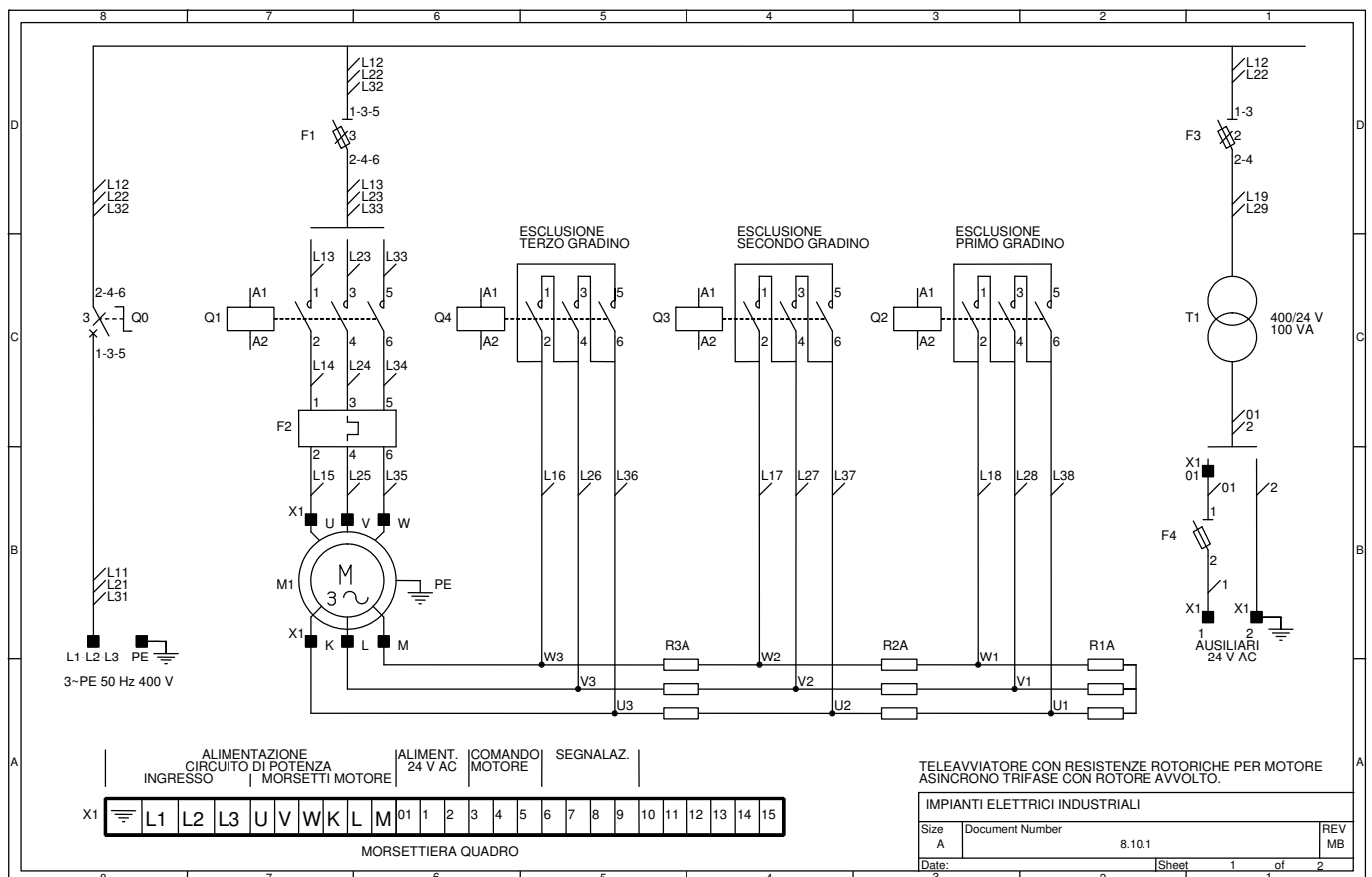
8.10.1 Teleavviatore con resistenze rotoriche per motore asincrono trifase con rotore avvolto

Nell'impianto di teleavviatore per motore asincrono trifase con rotore avvolto, proposto nella tavola 1, il motore ha gli avvolgimenti statorici collegati direttamente alla linea di alimentazione tramite il contattore di linea Q1, mentre gli avvolgimenti rotorici sono collegati a dei gruppi di resistenze (R1A, R2A, R3A).

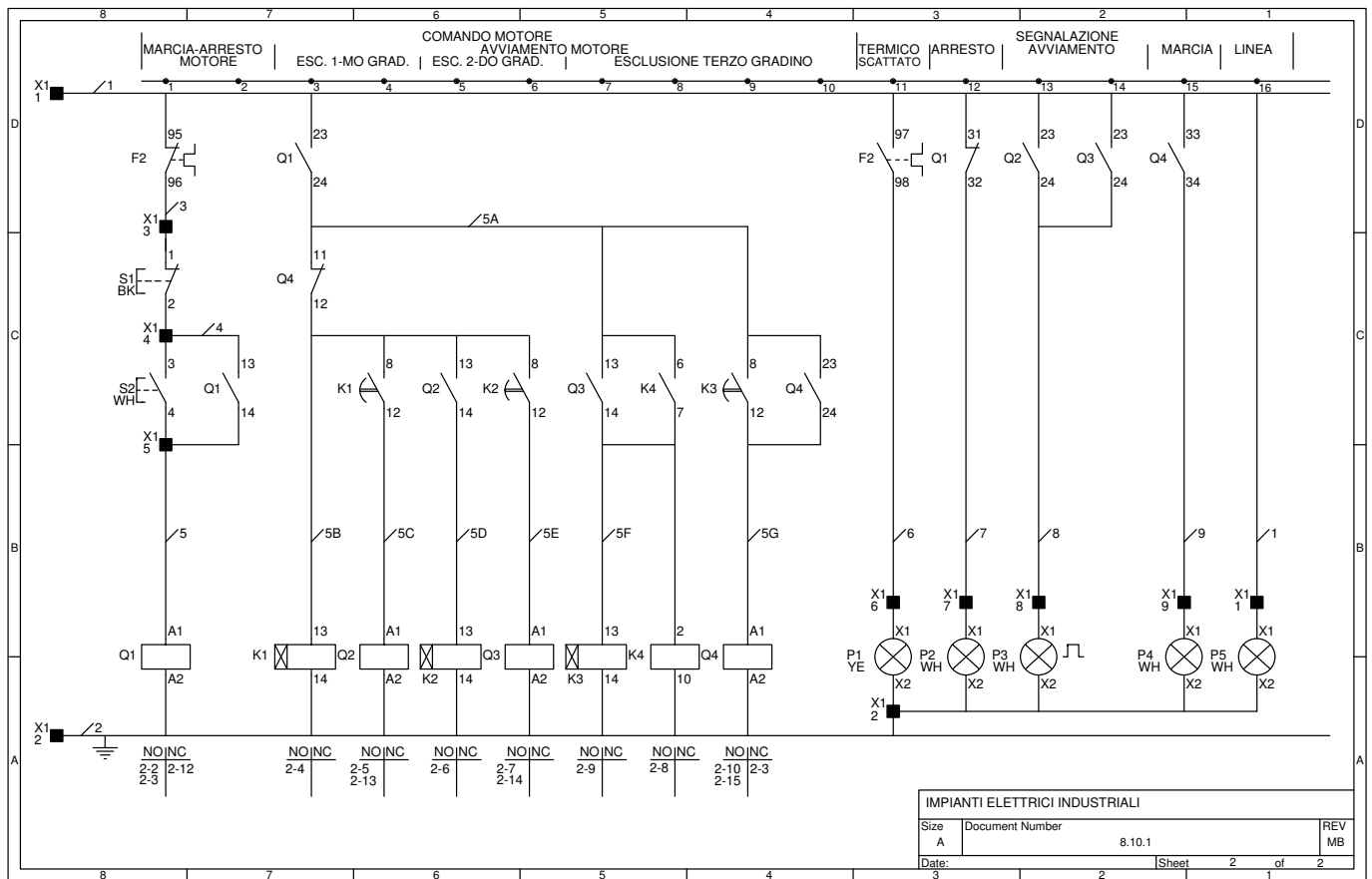
Il motore alla chiusura del contattore Q1 si avvia a bassa velocità a causa del fatto che le resistenze sono tutte inserite.

Successivamente, mediante dei temporizzatori e con l'eccitazione in sequenza dei contattori Q2, Q3 e Q4, cortocircuitando le resistenze, esse sono automaticamente disinserite, consentendo così al motore di avviarsi e di raggiungere la velocità nominale senza assorbire elevati valori di corrente.

La seconda tavola mostra il circuito di comando dove il pulsante di marcia S2 permette di eccitare il contattore di linea Q1, che dà inizio al ciclo automatico per l'esclusione delle resistenze.



ALIMENTAZIONE CIRCUITO DI POTENZA INGRESSO		ALIMENT. 24 V AC		COMANDO MOTORE		SEGNALAZ.	
L1 L2 L3 U V W K L M		01 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15					
MORSETTIERA QUADRO							
TELEAVVIATORE CON RESISTENZE ROTORICHE PER MOTORE ASINCRONO TRIFASE CON ROTORE AVVOLTO.							
IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI							
Size	Document Number						REV
A	8.10.1						MB
Date:	Sheet						of
	1						2



	Motori con rotore a gabbia di scoiattolo				Motori con rotore avvolto
	Avviamento diretto	Avviamento stella/triangolo	Avviamento con impedenze statoriche	Avviamento con autotrasformatore	Avviamento con resistenze rotoriche
Vantaggi	Necessita di apparecchiature semplici e poco costose. Genera una coppia di avviamento maggiore di quella ottenuta con qualsiasi altro tipo di avviatore.	Necessita di apparecchiature non particolarmente costose. Non impone limitazioni al tipo di servizio.	Si ottiene un avviamento progressivo con la possibilità di scegliere la coppia di avviamento. Non si ha nessuna interruzione dell'alimentazione.	Si ottiene un avviamento progressivo con la possibilità di scegliere la coppia di avviamento, non si ha nessuna interruzione dell'alimentazione e, infine, si hanno correnti di spunto basse rispetto agli altri tipi di avviatori.	Si ottiene un avviamento progressivo; a parità di coppia, si ha una corrente di spunto inferiore ad altri tipi avviamenti.
Svantaggi	Avviamento brusco con una corrente di spunto molto elevata.	Questo tipo di avviamento è limitato ad avviamenti a vuoto oppure con basse coppie resistenti. Determina sovracorrenti di correnti molto elevate durante il passaggio da stella a triangolo. Si ha l'interruzione dell'alimentazione durante la commutazione tra i due tipi di collegamento. Sono indispensabili motori con sei morsetti.	A parità di coppia, si ha una corrente di spunto più elevata rispetto agli avviamenti con autotrasformatori.	Hanno in genere un costo elevato, peso ed ingombro maggiori; inoltre, richiedono maggiore manutenzione rispetto agli altri tipi di avviamenti.	Il motore ha, in genere, un costo più elevato rispetto ai motori con il rotore a gabbia di scoiattolo; inoltre, necessita di maggiore manutenzione a causa della presenza degli anelli e delle spazzole.
Impiego	Macchine/impianti che non necessitano di un avviamento progressivo.	Compressori centrifughi, macchine utensili e per la lavorazione del legno, macchine agricole, mole, pialle, seghe circolari, ventilatori, gruppi convertitori.	In tutte quelle applicazioni ove è presente un elevato attrito in fase di avviamento, come pompe, compressori centrifughi, ventilatori.	Sono utilizzati per l'avvio di motori per compressori rotativi, a pistoni, pompe e ventilatori.	È usato per avviamenti particolarmente pesanti, lunghi e frequenti, come elevatori, apparecchi di sollevamento, macchine per la stampa, cesoie, calandre e mescolatrici.
Corrente di spunto	Dipende dalle caratteristiche del motore: $I_d/I_n = 4 \div 8$	Dipende dalle caratteristiche del motore: $I'_a < I_a \quad I'_a = I_d/3$	Dipende dalla coppia: $I'_a < I_a \quad I'_a = I_a(U'_a/U_n)^2$	Dipende dalla coppia: $I'_a < I_a \quad I'_a = I_a(U'_a/U_n)^2$	Dipende dalla coppia: $I'_a = 1,3 I_n (C'_a/C_n)$
Coppia di spunto	Dipende dalle caratteristiche del motore: $C_d/C_n = 1,2 \div 3$	Dipende dalle caratteristiche del motore: $C'_a < C_a \quad C'_a = C_d/3$	A richiesta: $C'_a = C_a(U'_a/U_n)^2$	A richiesta: $C'_a = C_a(U'_a/U_n)^2$	A richiesta: $C'_a < C_{max}$

Legenda.

U_n = tensione nominale; U'_a = tensione con altro avviamento; I_n = corrente nominale; I_a = corrente con avviamento diretto; I'_a = corrente con altro avviamento; C_n = coppia nominale; C_a = coppia con avviamento diretto; C'_a = coppia con altro avviamento; C_{max} = coppia massima

Tab. 8.1 - Caratteristiche principali degli avviatori elettromeccanici per motori asincroni trifase.

Infatti, dopo il tempo impostato nel temporizzatore K1, si eccita il contattore Q2, che cortocircuita il gruppo di resistenze R1A; dopo il tempo impostato in K2, si eccita il contattore Q3, che cortocircuita il gruppo di resistenze R2A; infine, dopo il tempo impostato in K3, si eccita il contattore Q4, che cortocircuita l'ultimo gruppo di resistenze R3A, concludendo così la fase di avviamento, che porta il motore ad assorbire la corrente nominale e a raggiungere la sua velocità di rotazione nominale.

È bene notare il collegamento a triangolo dei poli dei contattori tripolari, che escludono, cortocircuitandole, le resistenze rotoriche; ciò consente di ridurre la corrente che attraversa ogni polo di $1/\sqrt{3}$ rispetto alla corrente di fase rotorica.

Il motore, come nei casi visti precedentemente, può essere fermato manualmente mediante il pulsante di arresto S1. Esso si arresta, invece, automaticamente qualora intervenga il relè termico F2, posto a protezione del motore dai sovraccarichi.

Il circuito di segnalazione prevede cinque lampade: P1 indica l'intervento del relè termico F2; P2 segnala che il motore è fermo; P3, lampeggiante, segnala che il motore è in fase di avviamento; P4 indica che il motore ormai avviato è in marcia regolare; P5 indica la presenza di alimentazione nei circuiti ausiliari.

8.11 Variazione della velocità di un motore asincrono trifase mediante la commutazione di polarità

Il motore asincrono trifase è caratterizzato da una velocità di rotazione praticamente costante, variabile solo entro certi limiti secondo l'entità del carico applicato al suo rotore e leggermente più bassa rispetto alla velocità del campo rotante. La velocità sostanzialmente costante è prossima a quella del campo rotante (n_0), il cui valore è determinato solo dal rapporto tra la frequenza di alimentazione (f) e il numero dei poli (p):

$$n_0 = 120 \cdot f/p.$$

Ciò significa che, per poter variare la velocità con continuità, occorre variare corrispondentemente la frequenza di alimentazione, anche se la sola variazione della frequenza porterebbe a un'alterazione del punto di lavoro del circuito magnetico del motore e con esso delle sue caratteristiche.

Così, se si riduce la frequenza, per non incorrere nella saturazione magnetica, occorre ridurre proporzionalmente la tensione di alimentazione; l'opposto va fatto se si aumenta la frequenza.

Trascurando gli effetti secondari, la regolazione della velocità di un motore asincrono deve avvenire con un'alimentazione avente una caratteristica tensione/frequenza (V/Hz costante).

È questa la tecnica maggiormente utilizzata per variare con continuità la velocità di un motore asincrono trifase.

Se si vuole variare la velocità a valori fissi (massimo quattro), la soluzione maggiormente utilizzata nel tipo con rotore in cortocircuito è la commutazione di poli, mentre per il tipo con rotore avvolto è generalmente l'inserimento di un reostato sugli avvolgimenti rotorici, come è stato presentato nell'impianto precedente.

La variazione di velocità, ottenuta con la commutazione di poli, trova il suo fondamento teorico nella relazione mostrata precedentemente, nella quale si può notare come la velocità dipenda dal numero di poli e sia generalmente utilizzata con i motori asincroni trifase con rotore in cortocircuito.

In pratica, è sufficiente collegare alla linea di alimentazione gli avvolgimenti statorici relativi ad una oppure all'altra polarità.

I costruttori rendono disponibili in commercio due tipi di motori a più polarità: il tipo con due avvolgimenti separati oppure il tipo con un solo avvolgimento con connessioni secondo lo schema Dahlander.

Il primo tipo consente un rapporto tra le due velocità piuttosto vario (per esempio, 1:2, 1:3, 1:4), con il secondo tipo, invece, la variazione rimane sempre nel rapporto 1:2; inoltre, nei motori con avvolgimento Dahlander si possono ottenere 3 o 4 diverse velocità. Nei motori con avvolgimento Dahlander, al numero maggiore di poli corrisponde la velocità inferiore con il collegamento delle fasi a triangolo, mentre al minore numero di poli corrisponde la velocità superiore con il collegamento delle fasi a doppia stella. Combinando in modo opportuno i due tipi sopracitati, è possibile attuare le seguenti telecommutazioni di polarità:

- con un avvolgimento Dahlander, per ottenere due velocità;
- con due avvolgimenti separati, per ottenere due velocità;
- con un avvolgimento Dahlander e un avvolgimento separato, per ottenere tre velocità;
- con due avvolgimenti Dahlander separati, per ottenere quattro velocità.

Le velocità normalizzate comunemente commercializzate sono illustrate nella tab. 8.2:

2 poli	3000 giri/min.	4 poli	1500 giri/min.	6 poli	1000 giri/min.
8 poli	750 giri/min.	10 poli	600 giri/min.	12 poli	500 giri/min.

Tab. 8.2 - Velocità normalizzate (n_0) dei motori asincroni trifase comunemente commercializzate.

8.11.1 Telecommutatore di polarità per un motore a due avvolgimenti statorici separati

Il primo impianto proposto prevede l'uso di un motore con due avvolgimenti statorici separati, che differiscono tra di loro per il numero dei poli.

Gli avvolgimenti sono collegati a stella e possono realizzare vari rapporti di velocità.

La commutazione della velocità può essere eseguita anche a motore in marcia. Per correnti poco diverse tra loro l'impianto può essere protetto da una sola terna di fusibili.

Lo schema di potenza riportato nella tavola 1 pone in risalto i collegamenti tra la linea di alimentazione e la morsettiera del motore tramite i fusibili F1 e F3, i contattori Q1 e Q2 e i relè termici F2 e F4, che permettono l'avviamento diretto nelle due velocità.

Una tabella riporta, inoltre, i collegamenti degli avvolgimenti collegati a stella e la morsettiera a sei morsetti.

L'impianto è strutturato in modo che si possa alimentare un solo avvolgimento alla volta; si può notare, per esempio, il simbolo di interblocco meccanico posto tra i due contattori Q1 e Q2.

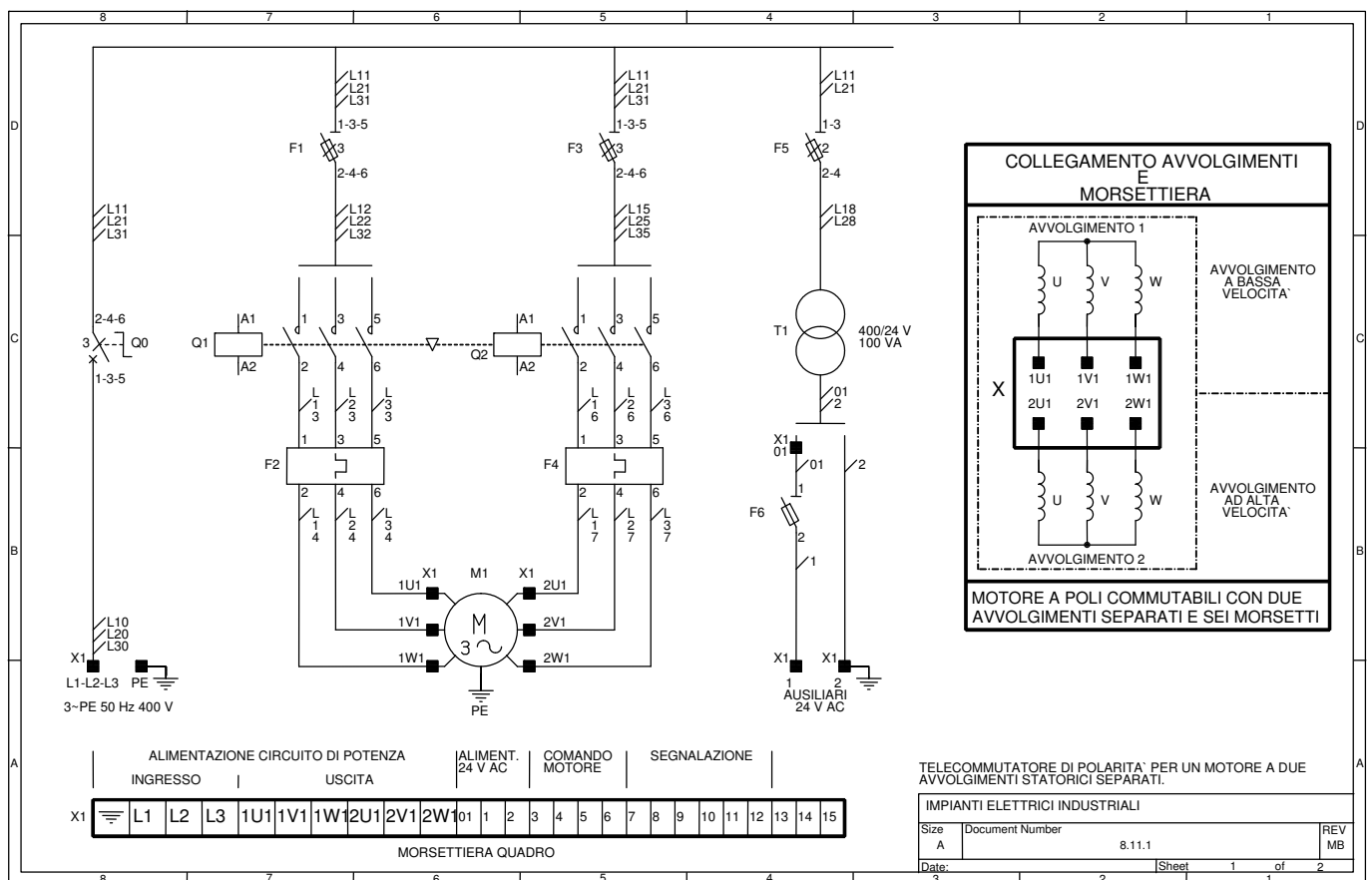
Nello schema funzionale riportato nella tavola 2, si vede come i pulsanti di marcia S2 (lento) e S3 (veloce) consentano di avviare il motore M1.

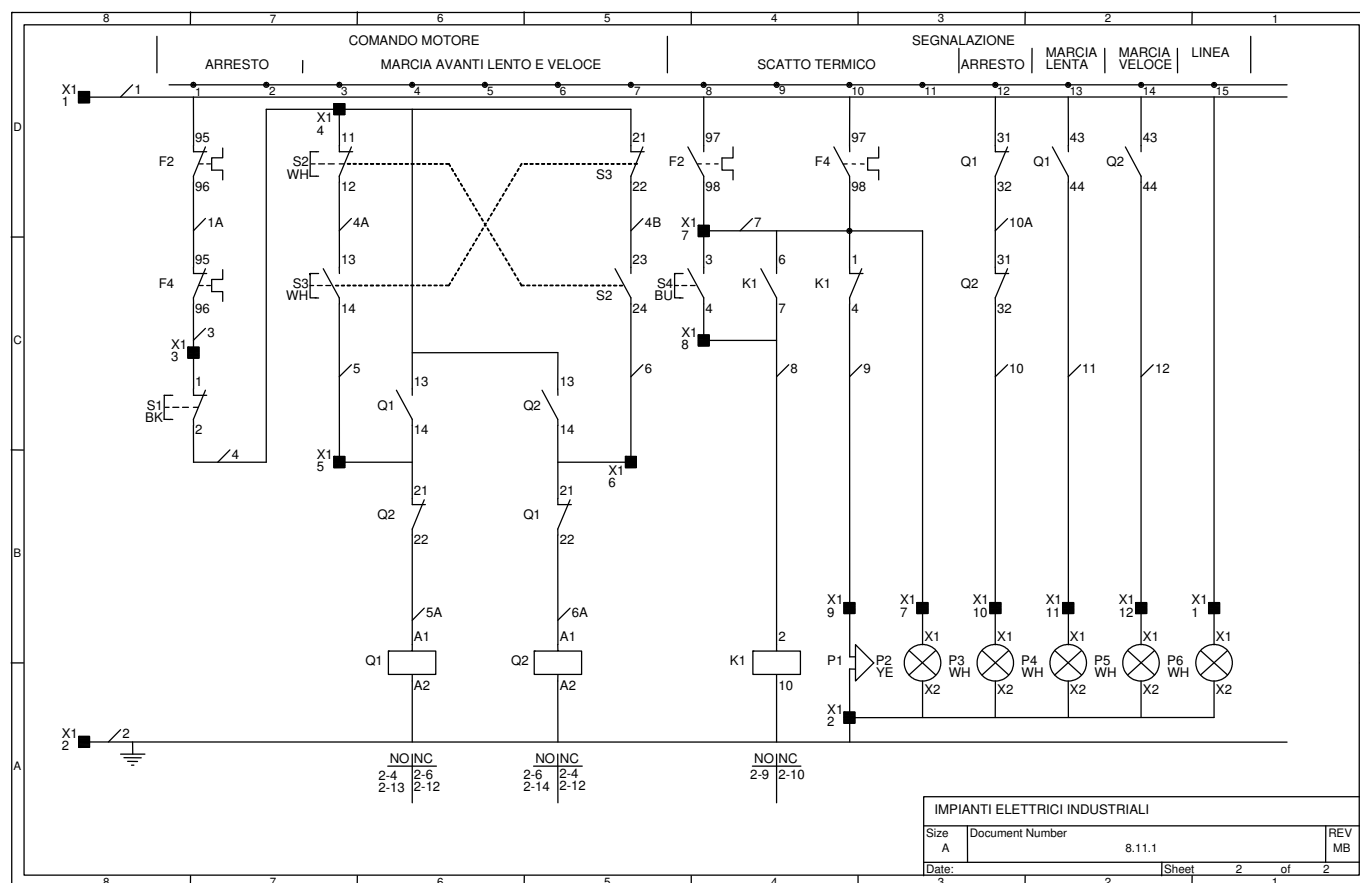
Da notare l'interblocco elettrico tra i due contattori e, in particolare, l'interblocco tra i pulsanti che impediscono di eccitare entrambi i contattori contemporaneamente.

L'arresto del motore può, come al solito, essere ottenuto, manualmente, con il pulsante di arresto S1 e, automaticamente, se interviene anche uno solo dei relè termici posti a protezione del motore.

Il cambio di polarità con questo schema è possibile solo dopo aver arrestato il motore, per esempio con il pulsante S1; solo in seguito è possibile avviarlo con l'altra velocità.

Il circuito di segnalazione prevede i seguenti dispositivi: P1 e P2 indicano l'intervento di un relè termico, (mentre la sirena P1 può essere disabilitata mediante il pulsante S4, la lampada P2 rimane accesa fino a quando il relè intervenuto è stato ripristinato); P3 indica, invece, che il motore è fermo; P4 segnala che il motore è in marcia lenta; P5 indica che il motore è in marcia veloce; P6 indica, infine, che i circuiti ausiliari sono alimentati.





8.11.2 Telecommutatore di polarità per un motore a due velocità (connessione Dahlander) con inversione del senso di marcia

Come si è detto precedentemente questo motore può funzionare a due velocità, in quanto gli avvolgimenti possono essere collegati in modo diverso (collegamento Dahlander). Come mostrato nella tabella riportata nella tavola 1, se gli avvolgimenti sono collegati in serie a triangolo, si otterrà la marcia lenta; viceversa, se gli avvolgimenti sono collegati a doppia stella in parallelo, si otterrà la marcia veloce. Una particolare caratteristica di questo impianto consiste nel fatto che il motore è alimentato in modo da avere la marcia avanti lenta e la marcia indietro veloce (sono stati invertiti i collegamenti ai morsetti 2U e 2W rispetto alla tabella riportata nella tavola 1, che mostra l'inserimento di un motore a poli commutabili per lo stesso senso di rotazione).

Questo è ottenuto collegando le fasi, come mostrato nello schema di potenza, ed eccitando il contattore Q2, per la marcia avanti lenta, oppure eccitando i contattori Q1 e Q3, che attivano la marcia indietro veloce, invertendo la fase 1 con la fase 3 (confrontare lo schema di potenza con la tabella relativa al collegamento Dahlander).

Le protezioni contro le sovracorrenti devono essere scelte in base alle correnti nominali alle due velocità.

Qualora si utilizzino fusibili e relè termico, nel caso in cui le due correnti nominali siano poco diverse l'una dall'altra, può essere usata una sola terna di fusibili.

Il circuito di comando è stato riportato nella tavola 1, mentre il circuito di segnalazione nella tavola 3.

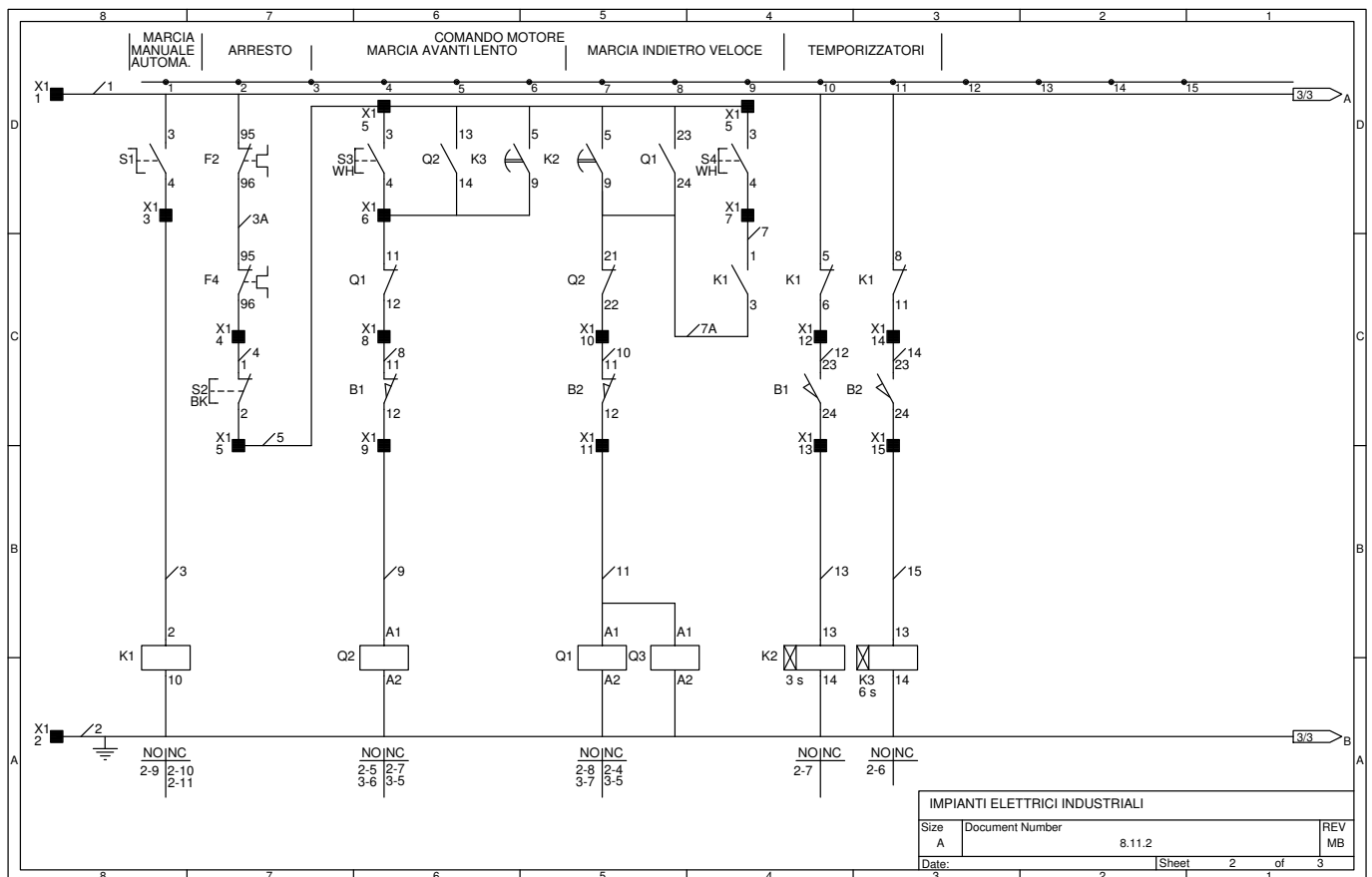
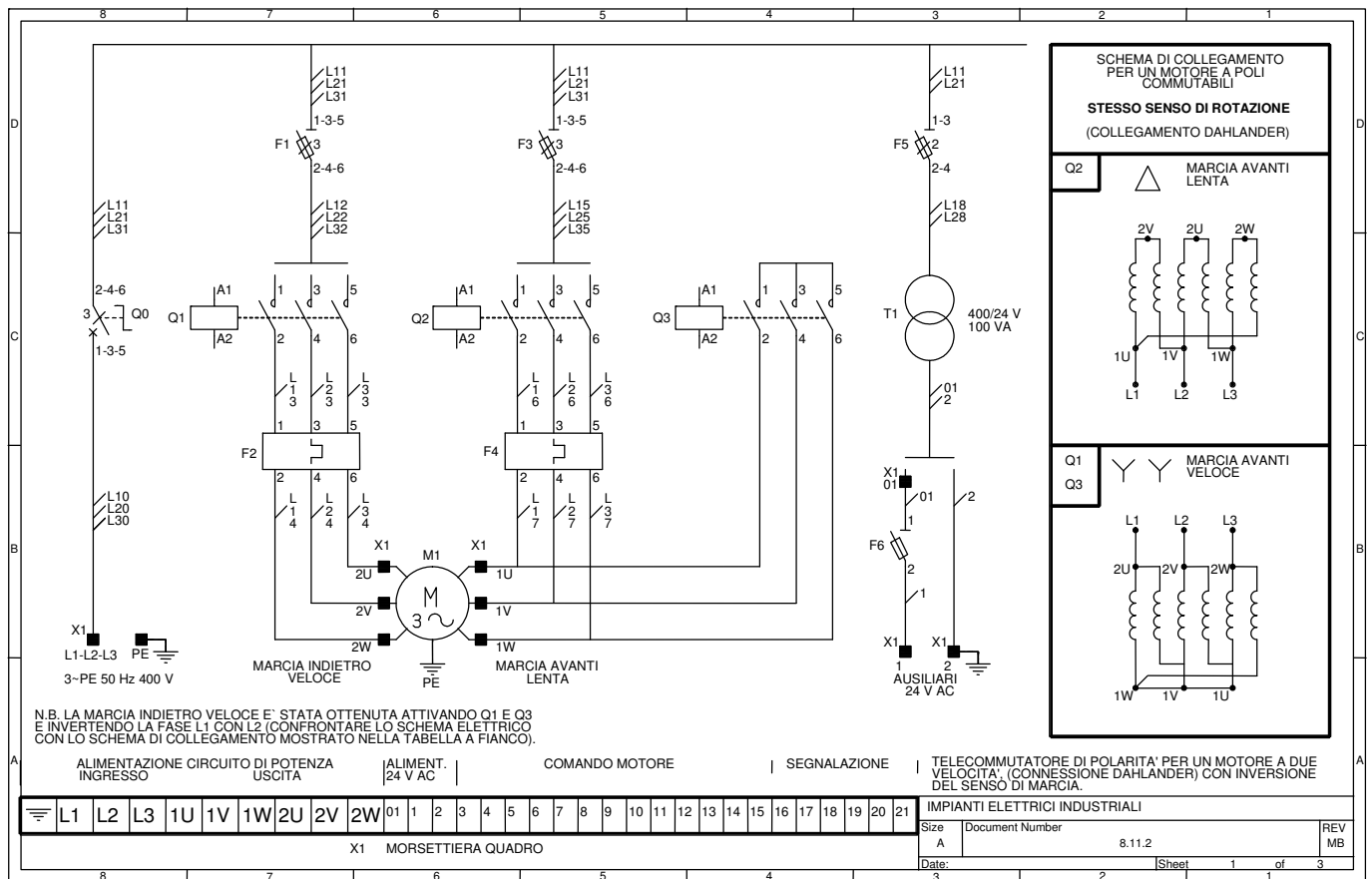
Nella tavola 1 sono presenti i pulsanti S3 e S4: il primo consente l'avvio del motore con la marcia avanti, mentre il secondo l'avvio del motore con marcia indietro veloce.

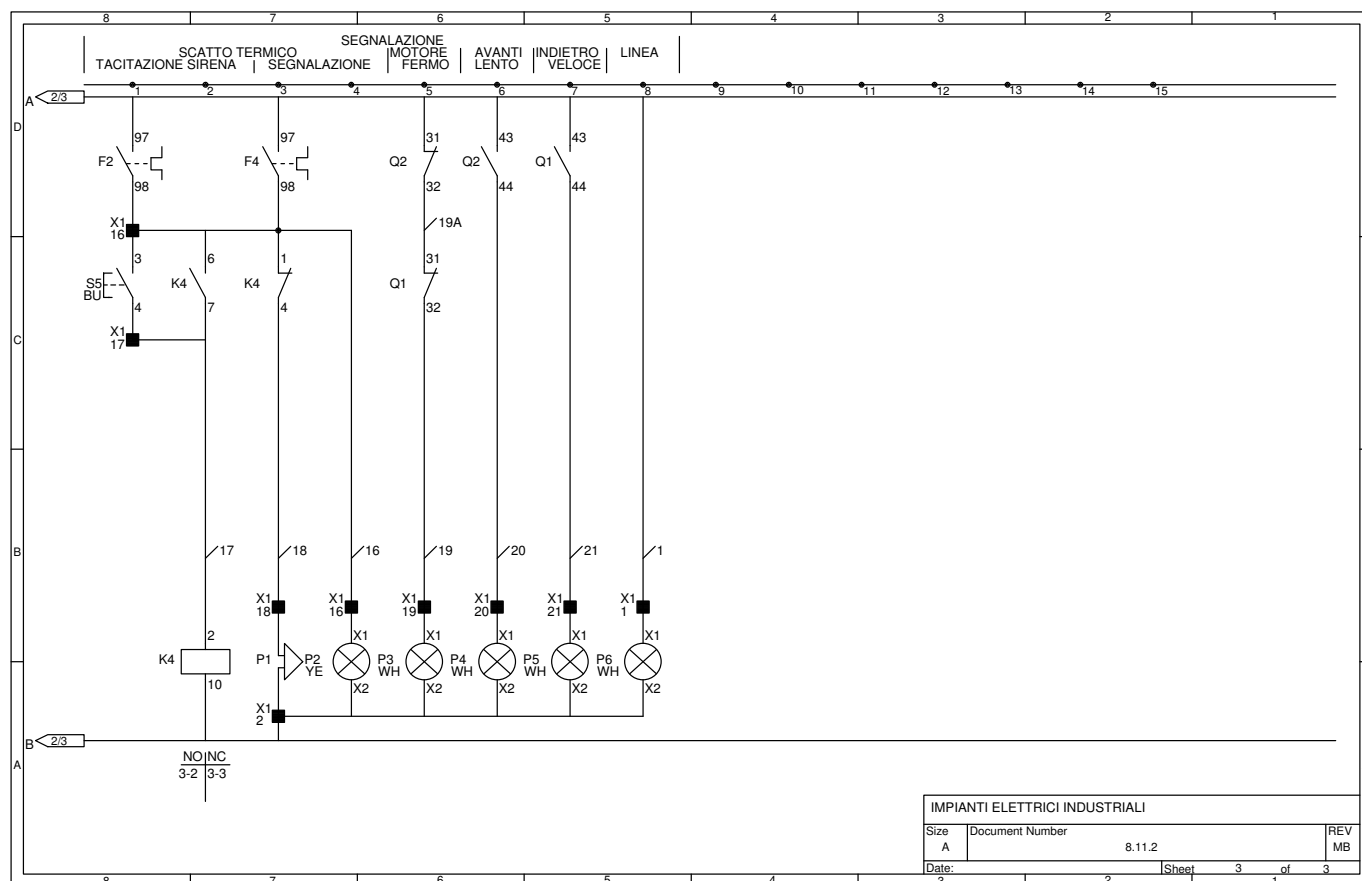
In realtà, S4 diventa operativo solo se si chiude il selettore S1, che abilita il ciclo manuale.

L'impianto prevede l'uso dei contatti NC di due finecorsa B1 e B2, che arrestano il motore alla fine della corsa; si noti anche la presenza di due loro contatti NO i quali, se il selettore S1 è aperto, sono abilitati per attivare il ciclo automatico. Per esempio, la chiusura di B1 porta all'attivazione del temporizzatore K2, il quale, dopo 3 s, automaticamente attiva la marcia indietro veloce (Q1 e Q3).

In modo analogo, se alla fine della corsa si aziona B2, si attiva il temporizzatore K3 che, dopo 6 s, attiverà il contattore Q2 per la marcia avanti lenta del motore. L'eccitazione contemporanea di Q2 o Q1 e Q3 è impedita mediante un interblocco elettrico con contatti NC posti in serie alle bobine dei contattori.

L'arresto del motore può essere ottenuto, manualmente, con il pulsante S2 e, automaticamente, se interviene anche uno solo dei relè termici F2 e/o F4, posti a protezione del motore.





Il circuito di segnalazione, presente nella tavola 3, prevede i seguenti dispositivi: P1 e P2 indicano l'intervento di un relè termico (la sirena P1 può essere disabilitata mediante il pulsante S5, la lampada P2 rimane accesa fino a quando il relè intervenuto è stato ripristinato); P3 indica che il motore è fermo; P4 segnala che il motore è in marcia avanti lenta; P5 indica che il motore è in marcia indietro veloce; P6 indica che i circuiti ausiliari sono alimentati.

8.12 Frenatura dei motori asincroni trifase

In un impianto in cui si utilizza un motore asincrono trifase, una volta azionato il pulsante di arresto, se non è presente alcun tipo di sistema di frenatura, il rotore del motore non si ferma subito, ma continua il suo moto per inerzia per un tempo che dipende dal momento di inerzia e dalla coppia frenante dovuta agli attriti e alla ventilazione. In molte applicazioni industriali non si può attendere l'arresto spontaneo del motore, ma bisogna frenarlo in un tempo più breve. I sistemi di frenatura più comuni possono essere ottenuti in controcorrente oppure in corrente continua. La frenatura in controcorrente rappresenta il modo più rapido ed energico per arrestare, tramite l'inversione di marcia, il moto dei motori asincroni trifase.

Per la corretta esecuzione della frenatura, il dispositivo che la esegue dev'essere tarato con precisione, in base alla potenza e al momento d'inerzia del motore.

Il relè elettromeccanico di frenatura in controcorrente è accoppiato meccanicamente all'albero del motore o ad un qualunque altro albero ad esso collegato con un rapporto fisso di velocità, per evitare il riavviamento del motore in senso opposto; di conseguenza, un contatto interviene nella rotazione oraria dell'albero, un altro, invece, in quella antioraria.

La commutazione del contatto determina l'inversione di marcia del motore tramite un impulso (il contatto stesso, infatti, si riapre subito); la brevità impedisce che il motore inizi la marcia in senso inverso.

La frenatura in corrente continua consiste nell'alimentare lo statore con una tensione continua di valore tale da creare nel traferro un campo magnetico fisso, che determini una coppia frenante capace di arrestare il motore in un tempo minore rispetto a quello di arresto spontaneo.

La corrente continua crea dei poli magnetici fissi che inducono nella gabbia rotorica delle correnti di verso tali da opporsi alla causa che le ha generate (legge di Lenz); la causa dell'insorgere di queste correnti indotte è la rotazione, alla quale esse si oppongono determinando così un'azione frenante. L'azione frenante che si ottiene è più dolce di quella in controcorrente e non richiede alcun relè per evitare la rotazione del motore in senso inverso.

8.12.1 Telecomando di un motore asincrono trifase a gabbia mediante un teleinvertitore protettore di marcia, con frenatura in controcorrente (nel CD-ROM allegato)

8.12.2 Telecomando di un motore asincrono trifase a gabbia mediante teleinvertitore protettore di marcia, con frenatura in corrente continua

Questo impianto illustra il secondo metodo utilizzato per frenare un motore asincrono trifase, cioè quello in corrente continua.

Nello schema di potenza della prima tavola, è riportato un teleinvertitore che comanda il motore M1, al quale è associato un circuito funzionante in corrente continua, costituito dal trasformatore T2, dal ponte raddrizzatore T3 e dal contattore Q3, che alimenta il motore M1.

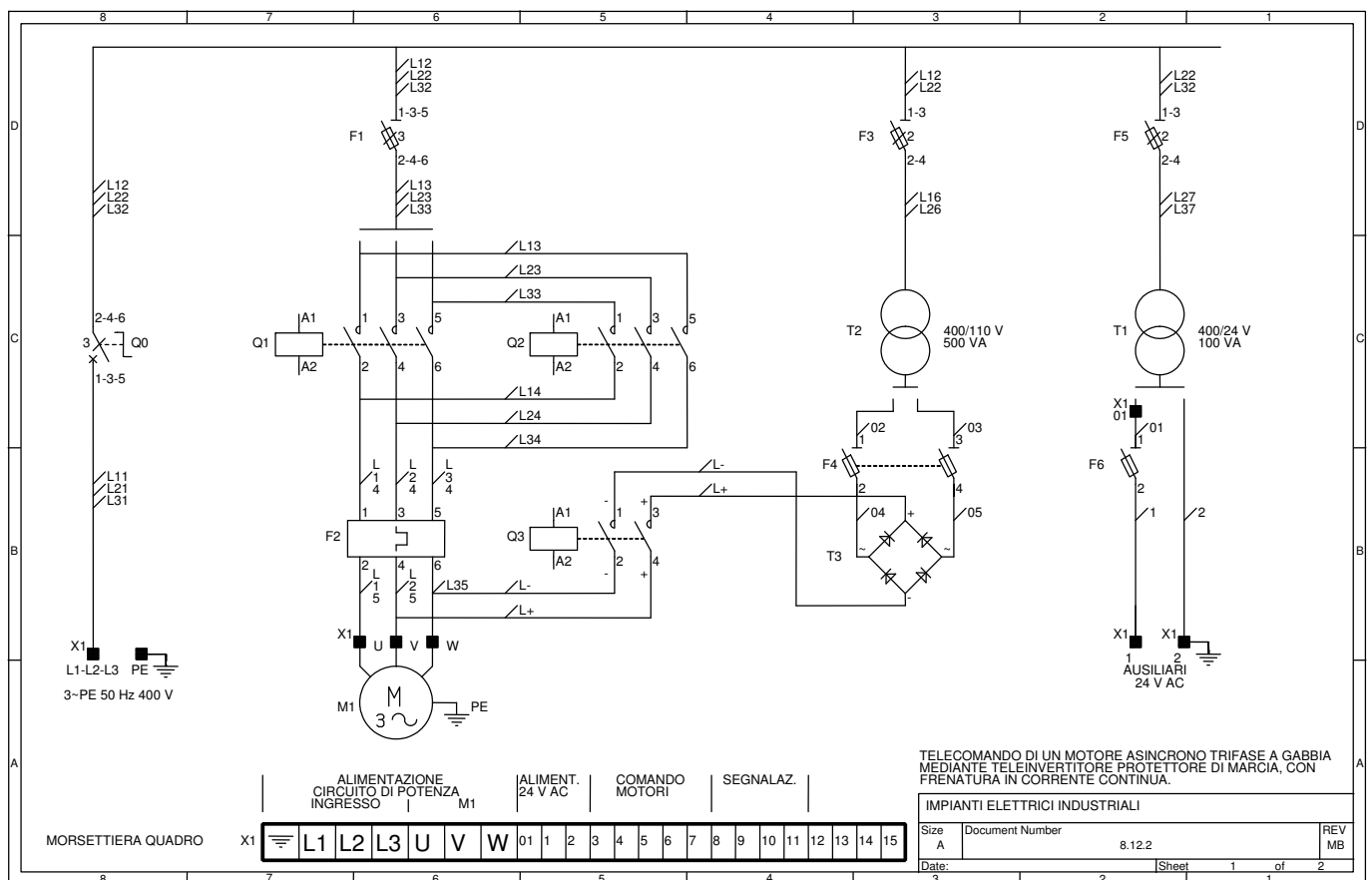
Nella seconda tavola è riportato lo schema funzionale relativo al circuito di comando, dove sono collocati i seguenti comandi: il pulsante S2 di marcia avanti, il pulsante S3 di marcia indietro, il pulsante S1 con un contatto NC e uno NO di arresto e frenatura.

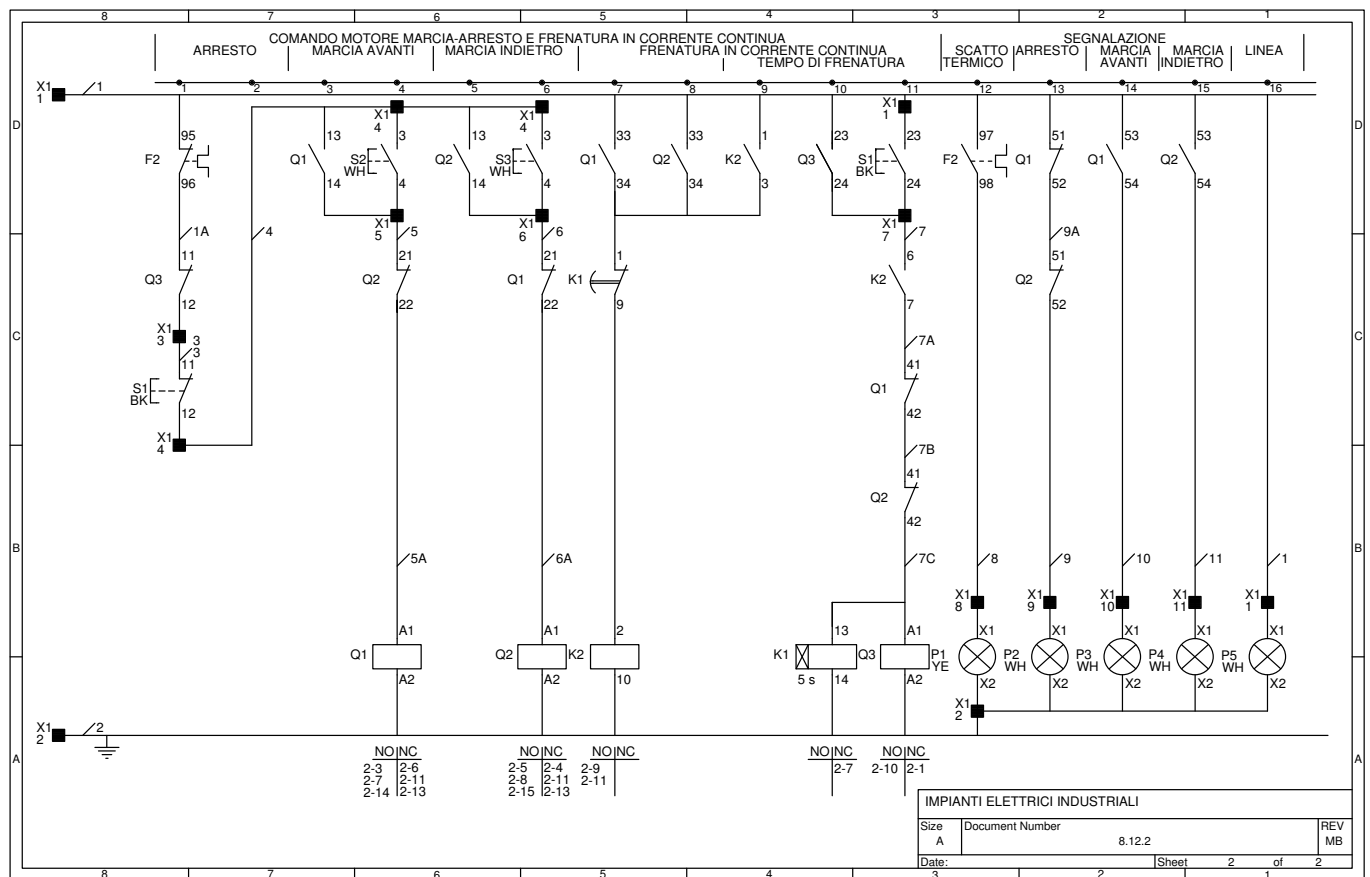
Il motore M1 è protetto contro i sovraccarichi dal relè termico F2, che è in grado di diseccitare i contattori Q1 o Q2, che alimentano il motore M1, rispettivamente, per la marcia avanti e per quella indietro.

L'impianto funziona nel seguente modo: premendo il pulsante di arresto S1, mentre il motore M1 è in marcia, è diseccitato il contattore che alimenta il motore in quel momento (Q1 o Q2) ed è attivata la frenatura in corrente continua con l'eccitazione del contattore Q3, in modo da alimentare due fasi del motore in corrente continua per il tempo necessario per arrestarlo, impostato nel temporizzatore K1.

Si noti che la frenatura del motore avviene solo quando si preme S1 e non quando interviene il relè termico F2, e che durante la fase di frenatura non è possibile avviare il motore con i pulsanti S2 o S3 (contatto NC di Q3 aperto al riferimento 1).

Il circuito di segnalazione presenta le seguenti lampade: P1 indica che il relè termico F2 è scattato; P2 segnala che il motore è fermo; P3 segnala che il motore è in marcia avanti; P4 indica che il motore è in marcia indietro; P5 segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati.





8.13 Comando ad impulso in sequenza di sei motori asincroni trifase

Il seguente impianto consente di comandare, ad impulso in successione, sei motori asincroni trifase rappresentati nella tavola 1 nello schema di potenza.

Nello schema funzionale del circuito di comando, rappresentato nella seconda e terza tavola, si trovano i seguenti comandi: S2 di predisposizione inizio ciclo, S3 di arresto e S1 di arresto in caso di emergenza, i quali fanno parte di un circuito che abilita, mediante il contatto NO del relè di predisposizione K1 (riferimento 5 della seconda tavola), il circuito che comanda i motori.

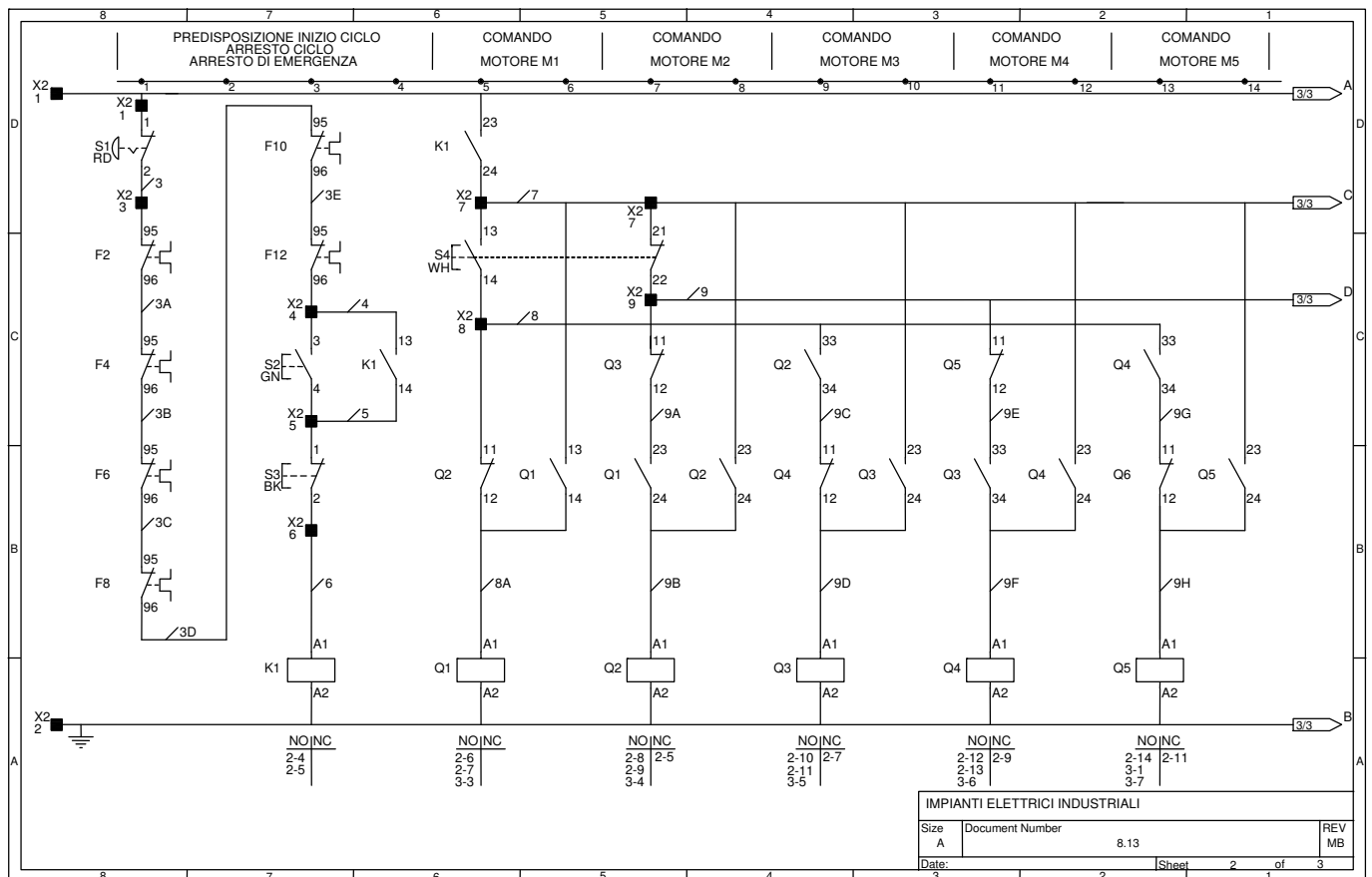
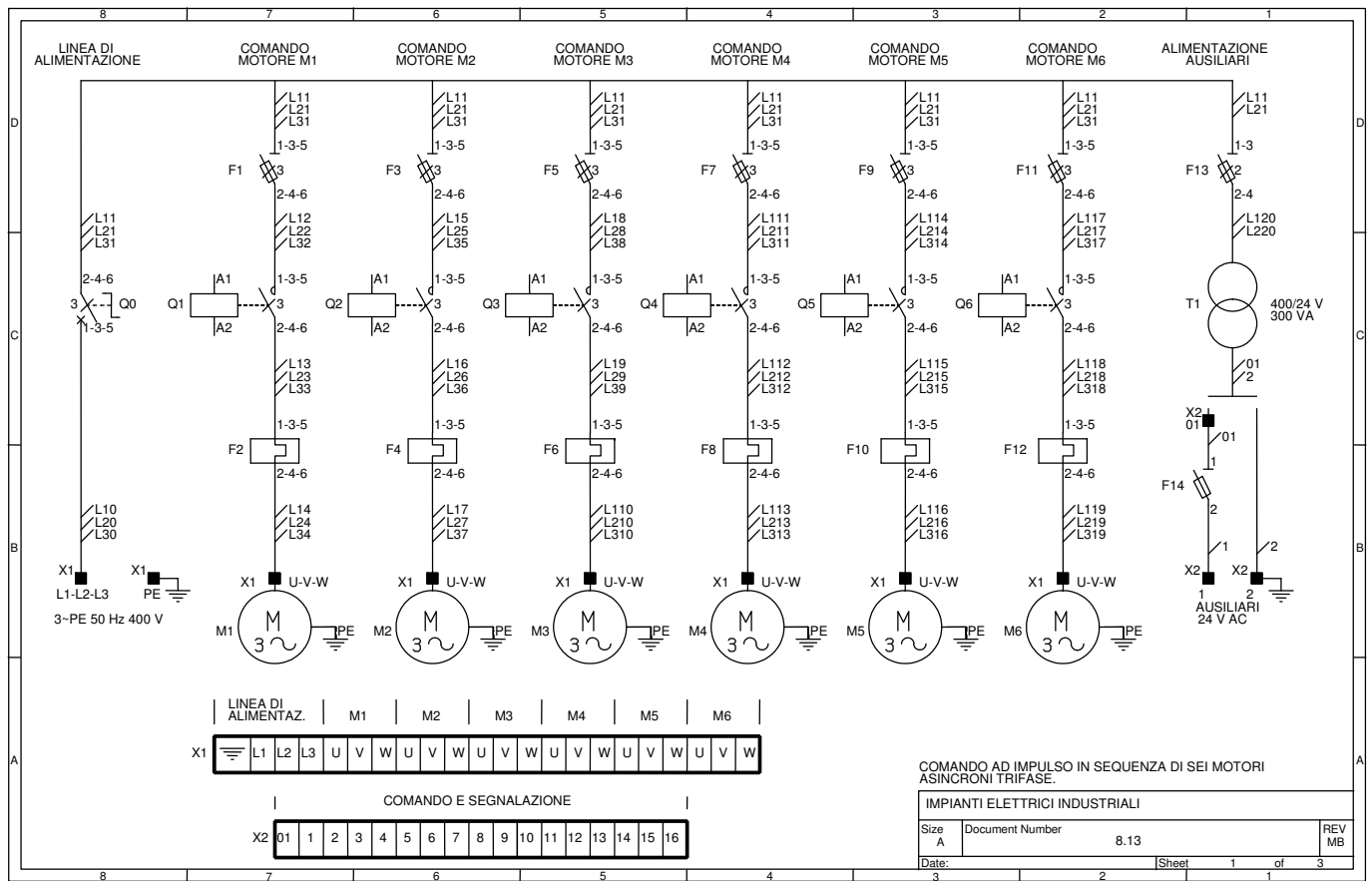
Nel circuito che comanda i contattori Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 e Q6, che azionano, rispettivamente, i motori M1, M2, M3, M4, M5 ed M6, si trova il pulsante S4, che è dotato di doppio contatto (NO+NC) e consente di comandare ad impulso i motori.

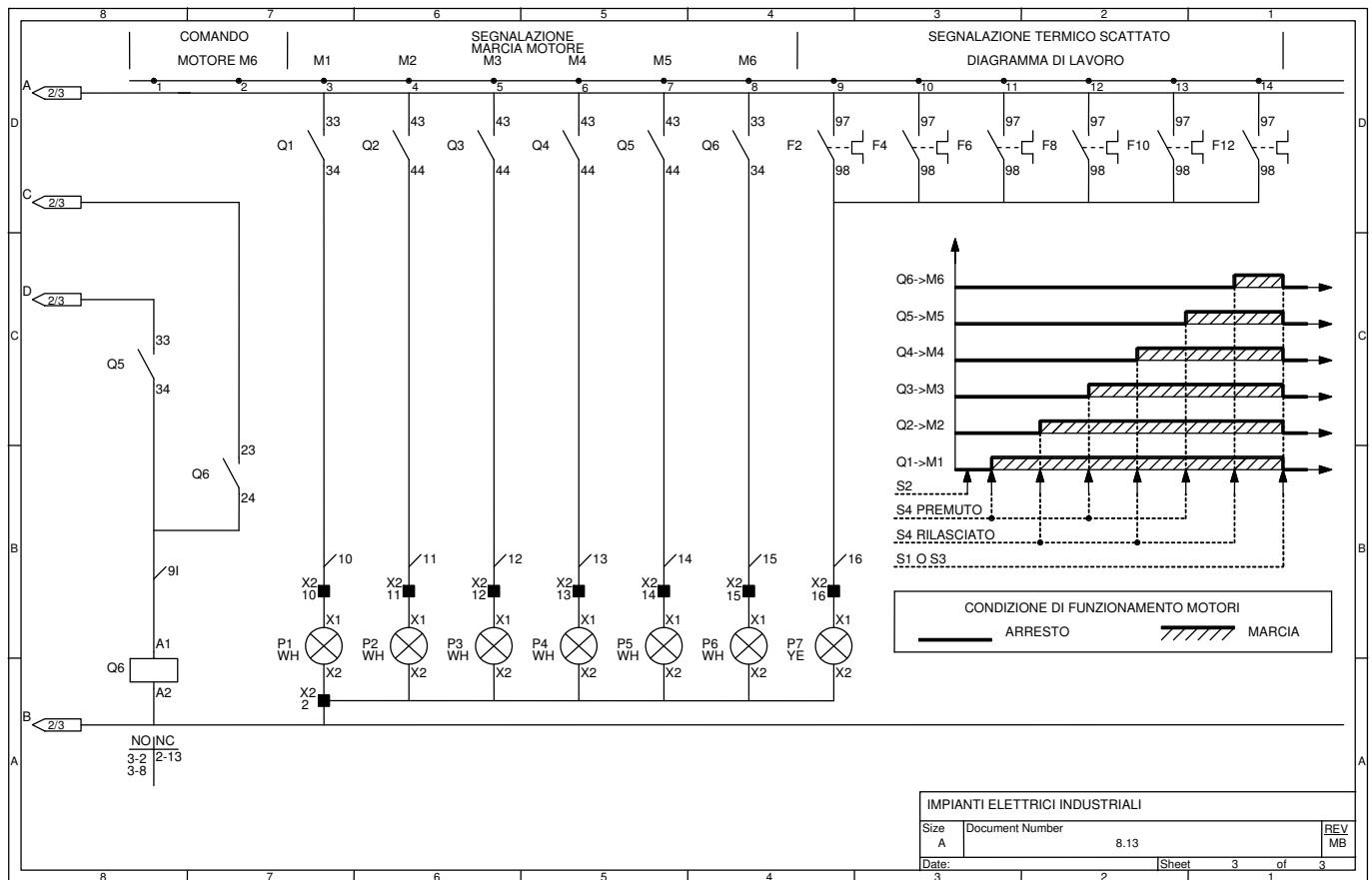
Il funzionamento dell'impianto è rappresentato nel diagramma di lavoro della terza tavola e può essere così descritto: dopo aver predisposto l'impianto, premendo il pulsante S2, si può premere S4, che eccita il contattore Q1; rilasciando il pulsante S4, si eccita il contattore Q2; premendo di nuovo S4, si eccita il contattore Q3; rilasciando S4, si eccita il contattore Q4; infine, ripremendo S4, si eccita Q5 e, rilasciando S5, si eccita Q6, completando così il ciclo. A questo punto, tutti i motori sono in funzione.

Per arrestarli, è sufficiente premere il pulsante di arresto S2 o il pulsante di emergenza S1, che diseccita il relè K1 di predisposizione.

L'arresto dei motori in marcia può avvenire anche automaticamente se interviene uno qualsiasi dei relè termici F2, F4, F6, F8, F10 o F12, posti a protezione del motore; in questo caso, sarà necessario ripristinare il relè termico intervenuto, per poter iniziare un nuovo ciclo.

Nella terza tavola, oltre al diagramma di lavoro, è presente anche il circuito di segnalazione, che prevede le lampade P1, P2, P3, P4, P5 e P6, che segnalano, rispettivamente, la marcia dei motori M1, M2, M3, M4, M5 e M6, nonché la lampada H7, che segnala, invece, l'intervento di uno dei relè termici sopraccitati.





8.14 Avviamento temporizzato coda-testa (M3, M2, M1) automatico e manuale per tre motori

L'impianto che segue ha la caratteristica di comandare, manualmente o automaticamente, i tre motori asincroni trifase rappresentati nello schema di potenza della prima tavola, nella quale trova posto anche il grafico del diagramma di lavoro dell'impianto in modalità automatico.

Il circuito di comando, presentato nella seconda tavola, prevede i seguenti comandi: il pulsante di arresto di emergenza S1, che è in grado di diseccitare tutto in qualsiasi istante; il selettore S2, che, se è aperto, abilita il funzionamento automatico, mentre se è chiuso, abilita quello manuale; i pulsanti S4, S6 e S8 di marcia, rispettivamente, per i motori M1, M2 e M3, nonché i corrispondenti pulsanti di arresto S3, S5 e S7.

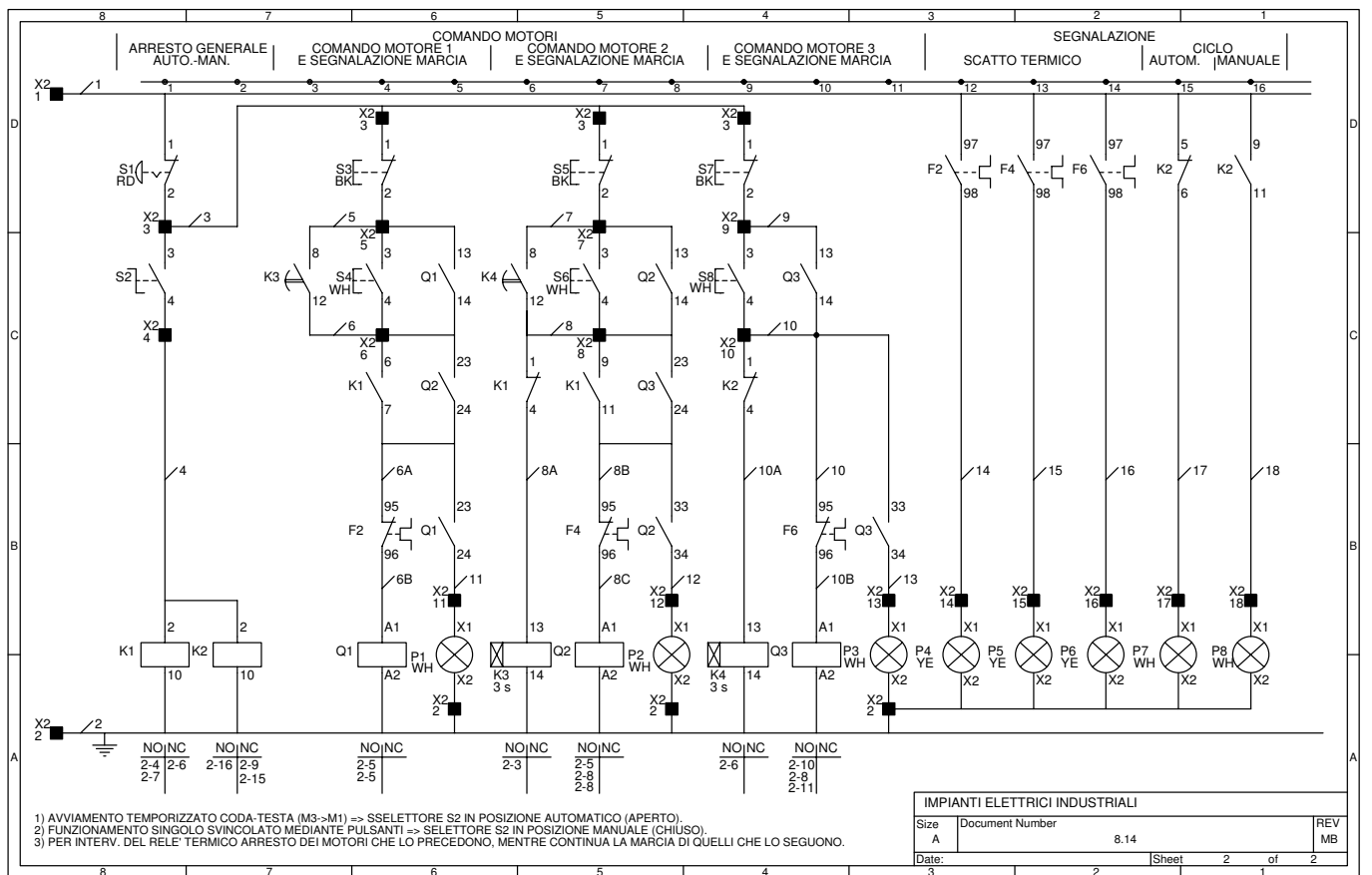
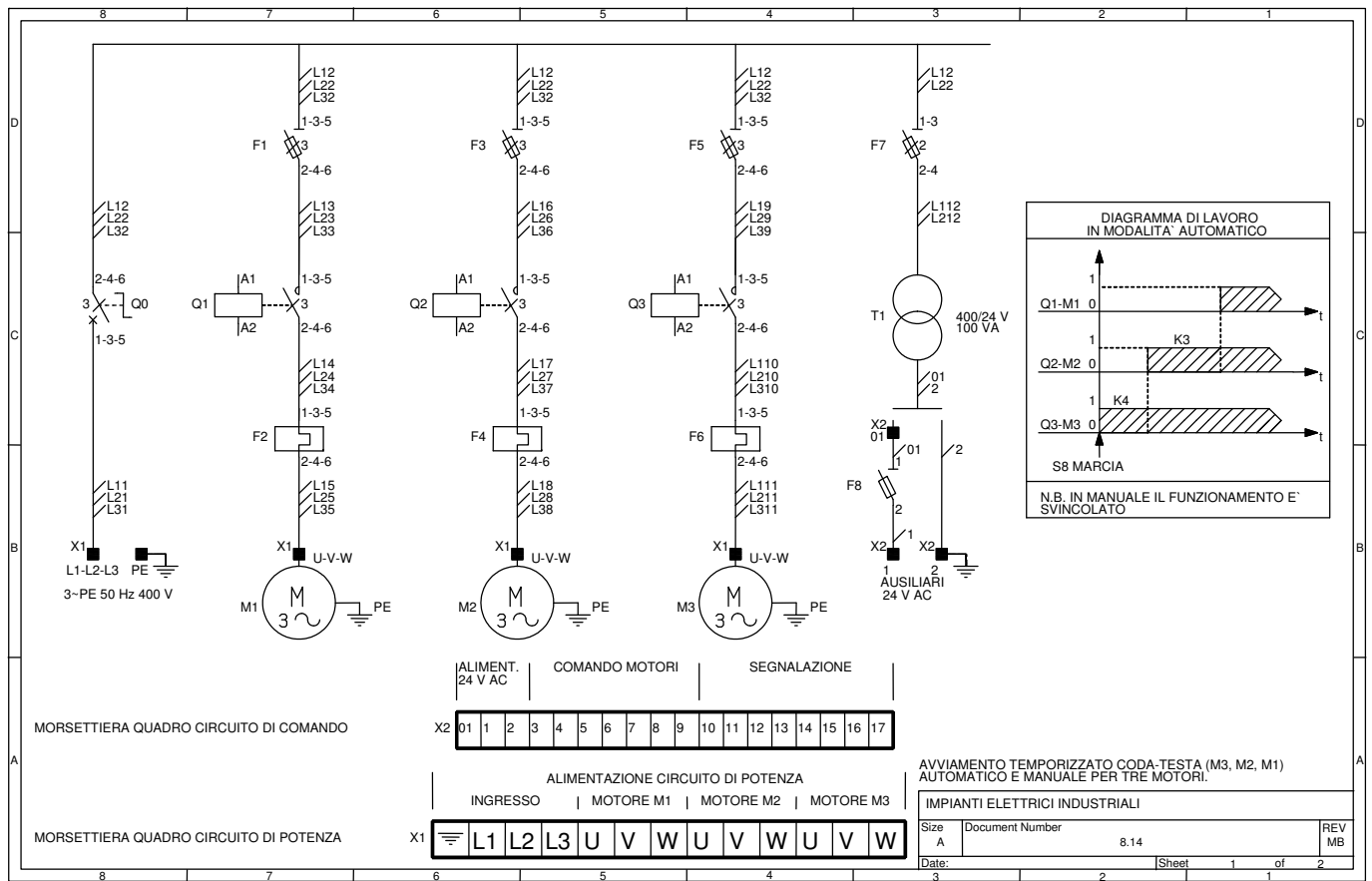
Il funzionamento automatico (selettore S2 aperto) dell'impianto può essere così sintetizzato: premendo il pulsante S8, con l'eccitazione del contattore Q3, è possibile effettuare l'avviamento diretto del motore M3; nello stesso istante, è alimentato anche il temporizzatore K4, il quale, dopo che è trascorso il tempo impostato (per esempio, 3 s), eccita automaticamente il contattore Q2, che avvia il motore M2; in modo analogo a quanto visto precedentemente, è alimentato il temporizzatore K3, che, a sua volta, trascorso il tempo impostato (per esempio, 3 s), eccita il contattore Q1, che avvia il motore M1, concludendo il ciclo.

Il funzionamento manuale (selettore S2 chiuso) dell'impianto è ottenuto, invece, premendo il pulsante S8, che eccita Q3 e avvia il motore M3. È possibile ora, premendo S6, eccitare Q2, avviare M2 e, premendo S4, eccitare Q1 e avviare M1.

Come si può notare dallo schema, l'avviamento dei motori con il ciclo manuale è svincolato e, di conseguenza, è possibile avviare i motori in qualunque sequenza, contrariamente a quanto accade con il ciclo automatico, che prevede una sola sequenza di avviamento da M3 a M1.

Si noti che l'intervento dei relè termici F2, F4 e F6, posti a protezione, rispettivamente, dei motori M1, M2 ed M3, nella modalità di funzionamento automatico, arresta il motore protetto e tutti i motori che precedono il motore così arrestato. Infatti, se per esempio interviene F4, si arrestano il motore M2 e il motore M1, ma non il motore M3; se interviene, invece, F2, si arresta solo il motore M1; infine, se interviene F6, che protegge il motore M3, si arrestano tutti i motori.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1, P2 e P3 segnalano, rispettivamente, il funzionamento dei motori M1, M2 ed M3; P4, P5 e P6 indicano, rispettivamente, l'intervento dei relè termici F2, F4 ed F6; P7 e P8 segnalano, rispettivamente, che l'impianto è in ciclo manuale o automatico.



1) AVVIAMENTO TEMPORIZZATO CODA-TESTA (M3->M2) => SSELECTTORE S2 IN POSIZIONE AUTOMATICO (APERTO).
 2) FUNZIONAMENTO SINGOLO SVINCOLATO MEDIANTE PULSANTI => SELETTTORE S2 IN POSIZIONE MANUALE (CHIUSO).
 3) PER INTERV. DEL RELE' TERMICO ARRESTO DEI MOTORI CHE LO PRECEDONO, MENTRE CONTINUA LA MARCIA DI QUELLI CHE LO SEGUONO.

8.15 Automatismo per l'inserzione di tre unità operative con arresto generale mediante contaimpulsi

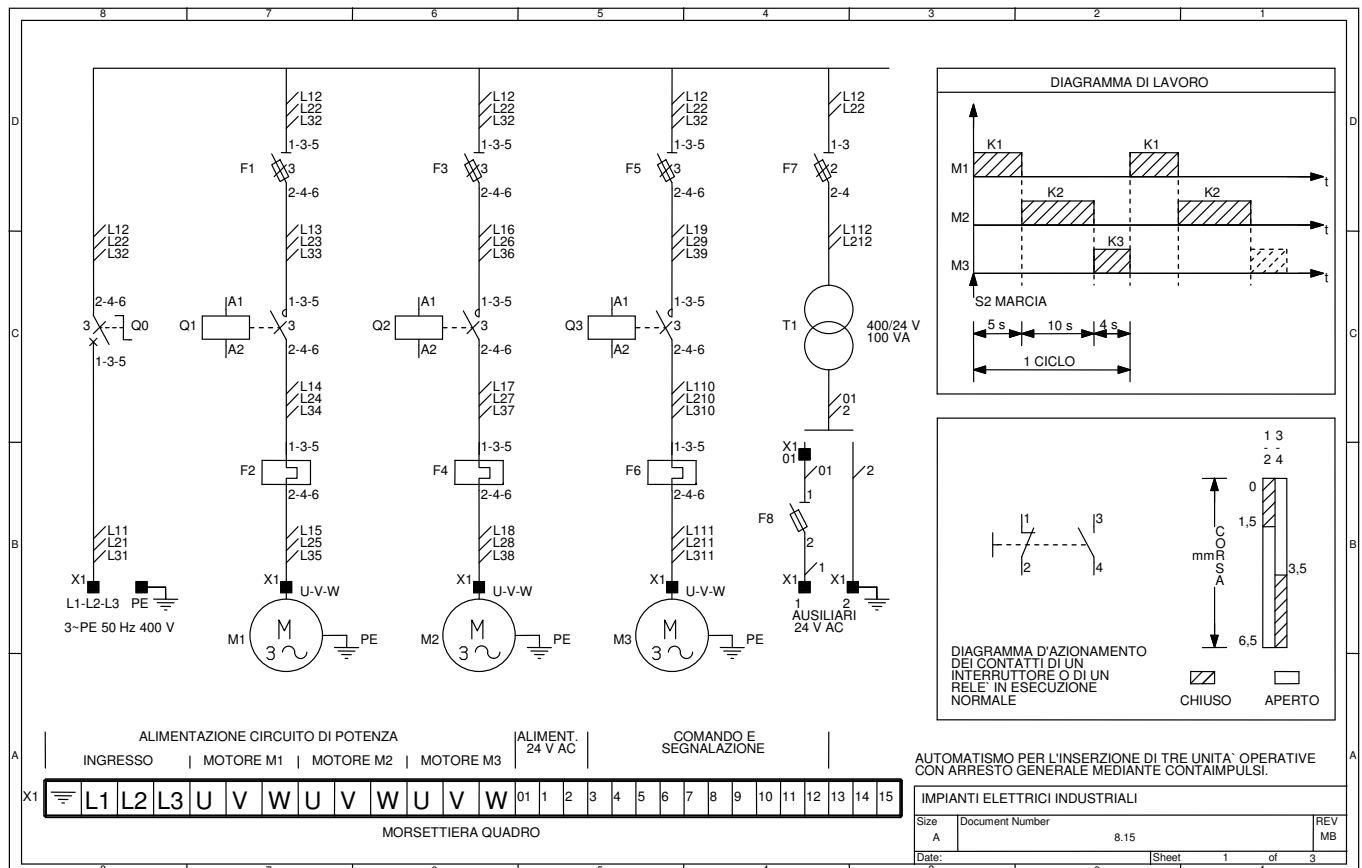
L'impianto presentato in questo paragrafo consente di attivare automaticamente tre unità operative (motori M1, M2, M3), con la possibilità di arresto automatico dopo un certo numero di cicli mediante contaimpulsi.

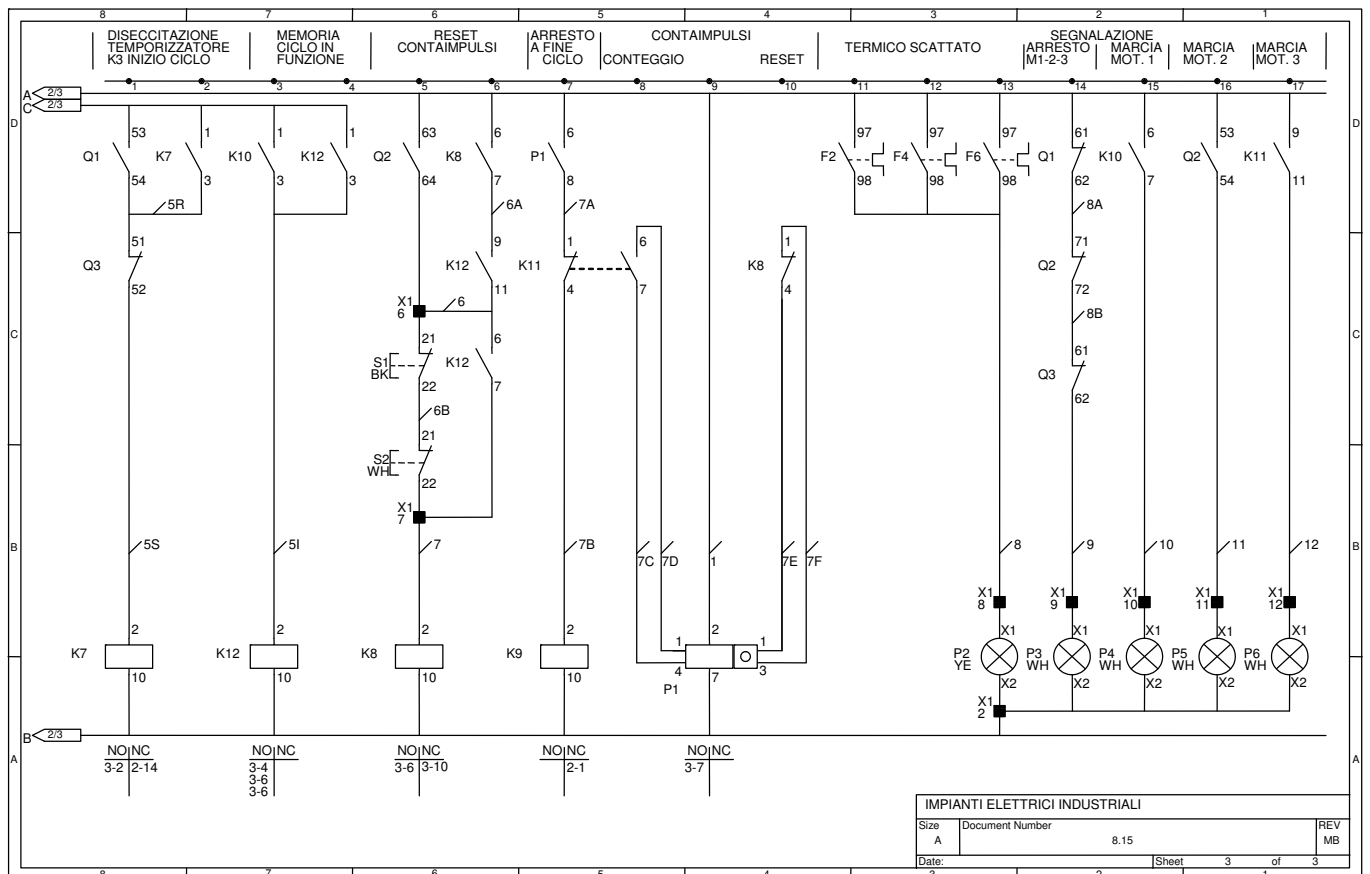
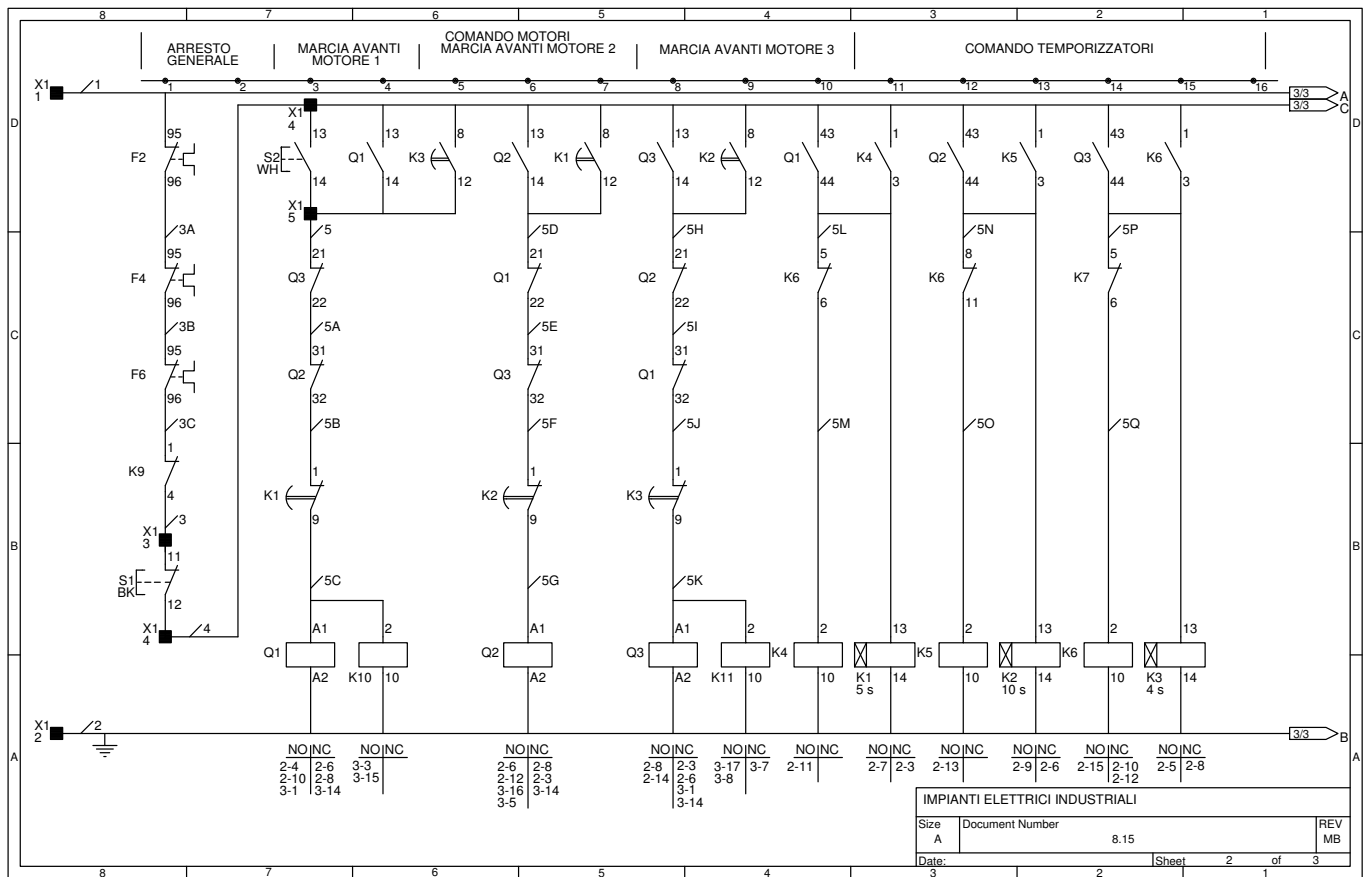
L'impianto prevede l'inserzione di tre motori asincroni trifase M1, M2 ed M3 con avviamento diretto, come presentato nello schema di potenza della prima tavola. Sempre in questa tavola sono presenti il diagramma di lavoro e il diagramma relativo all'azionamento dei contatti di un interruttore o di un relè in esecuzione normale, utili per capire il circuito che consente di arrestare l'impianto esattamente alla fine del ciclo. L'impianto prevede l'uso di due pulsanti con doppi contatti, che consentono la marcia (S2) e l'arresto (S1) del ciclo; l'arresto può avvenire automaticamente alla fine del numero dei cicli impostati nel contaimpulsi P1, oppure per intervento di almeno uno dei relè termici (F2, F4 o F6), posti a protezione, rispettivamente, dei motori M1, M2 ed M3.

Il circuito di comando, presentato nella seconda e terza tavola, permette di attivare le tre unità in modo automatico mediante l'uso dei tre temporizzatori K1 (5 s), K2 (10 s) e K3 (4 s). È bene evidenziare la particolarità della parte di circuito che comanda i temporizzatori K1 e K2: questi ultimi sono alimentati in modo permanente e disattivati al termine della fase di marcia dei tre motori, in modo tale da evitare un loro funzionamento incerto, che potrebbe creare problemi al regolare funzionamento del ciclo. Analogo provvedimento è stato attuato per il circuito che consente l'inizio di un nuovo ciclo (temporizzatore K3 e relè ausiliario K7).

Il contaimpulsi riceve gli impulsi di conteggio dal relè ausiliario K11 (la bobina del relè K11 è in parallelo alla bobina del contattore Q3, che comanda l'ultimo motore del ciclo M3); l'uso combinato di due contatti in esecuzione normale (NO+NC) di questo relè consente, mediante il relè ausiliario K9, l'arresto dell'impianto esattamente alla fine del ciclo. All'ultimo ciclo, il contatto 1-4 di K11 si apre prima che si chiuda il contatto 6-7 dello stesso relè, consentendo di dare l'impulso di conteggio senza disattivare l'impianto con K9. Al termine della fase, che vede attivo il motore M3, si diseccitano Q3 e, in particolare, K11, consentendo l'arresto immediato dell'impianto, mediante il contatto NC 1-4 di K9 al riferimento 1 della seconda tavola. Si noti che il ciclo termina alla fine del tempo impostato nel temporizzatore K3 (per esempio, 4 s) e non quando il contattore Q3 e, quindi, K11 si eccitano (si veda il diagramma di lavoro nella prima tavola). Il contaimpulsi P1 è resettato tutte le volte che il ciclo inizia, premendo il pulsante S2, quando interviene almeno un relè termico (F2, F3, F4) oppure quando, premendo il pulsante di arresto S1, si vuole arrestare il ciclo prima della fine del numero di cicli impostati in P1. Questo risultato è ottenuto utilizzando i doppi contatti di cui sono dotati questi pulsanti.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade di segnalazione: P2 segnala l'intervento dei relè termici F2, F4 ed F6; P3 segnala che tutti i motori sono fermi; P4, P5 e P6 segnalano, rispettivamente, che i motori M1, M2 ed M3 sono in marcia.





8.16 Telecomando di un motore teleinvertito con l'inserzione automatica di un secondo motore funzionante ciclicamente destra-sinistra

Il seguente impianto consente il comando di un motore M1 nei due sensi di rotazione, con l'inserimento automatico di un secondo motore M2, funzionante ciclicamente nei due sensi di marcia.

Nella prima tavola è mostrato lo schema unifilare di potenza relativo ai due teleinvertitori necessari per il comando dei due motori; oltre al circuito di potenza, è possibile consultare il diagramma di lavoro, che mostra graficamente il funzionamento dell'impianto.

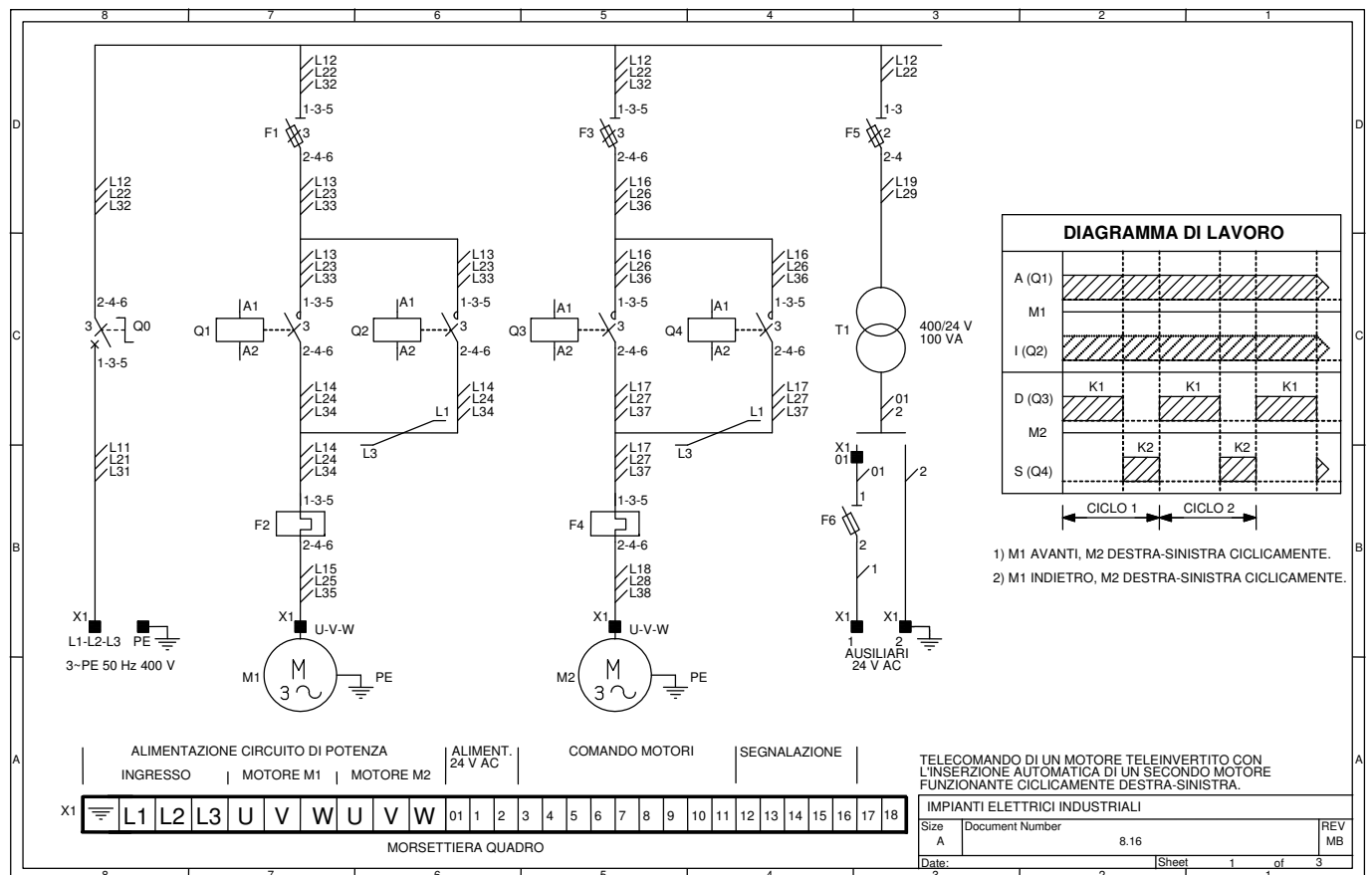
Il funzionamento prevede la possibilità di avviare in un senso di marcia il motore M1 (per esempio, in marcia avanti mediante il contattore Q1) e di avviare automaticamente anche il motore M2.

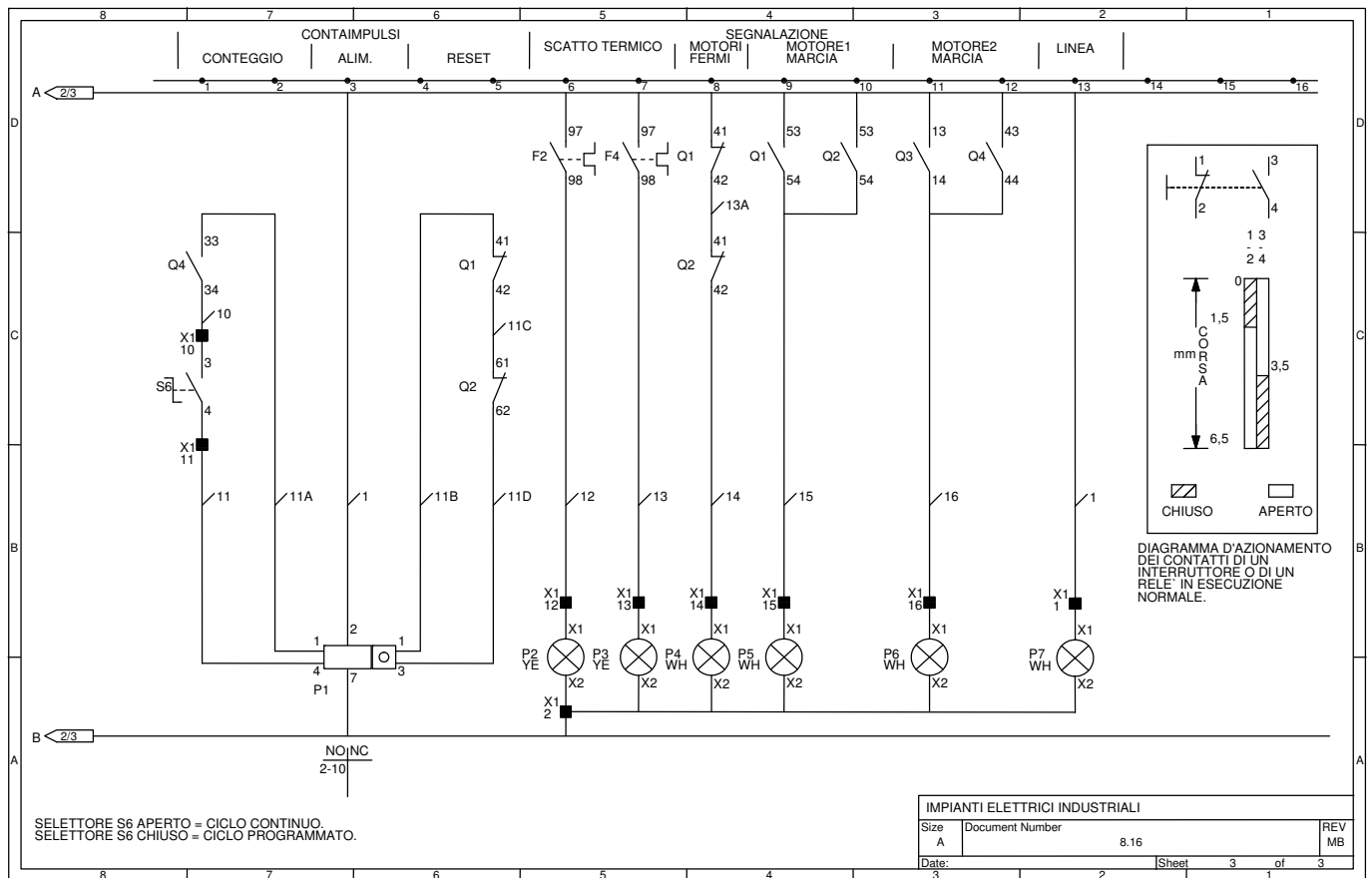
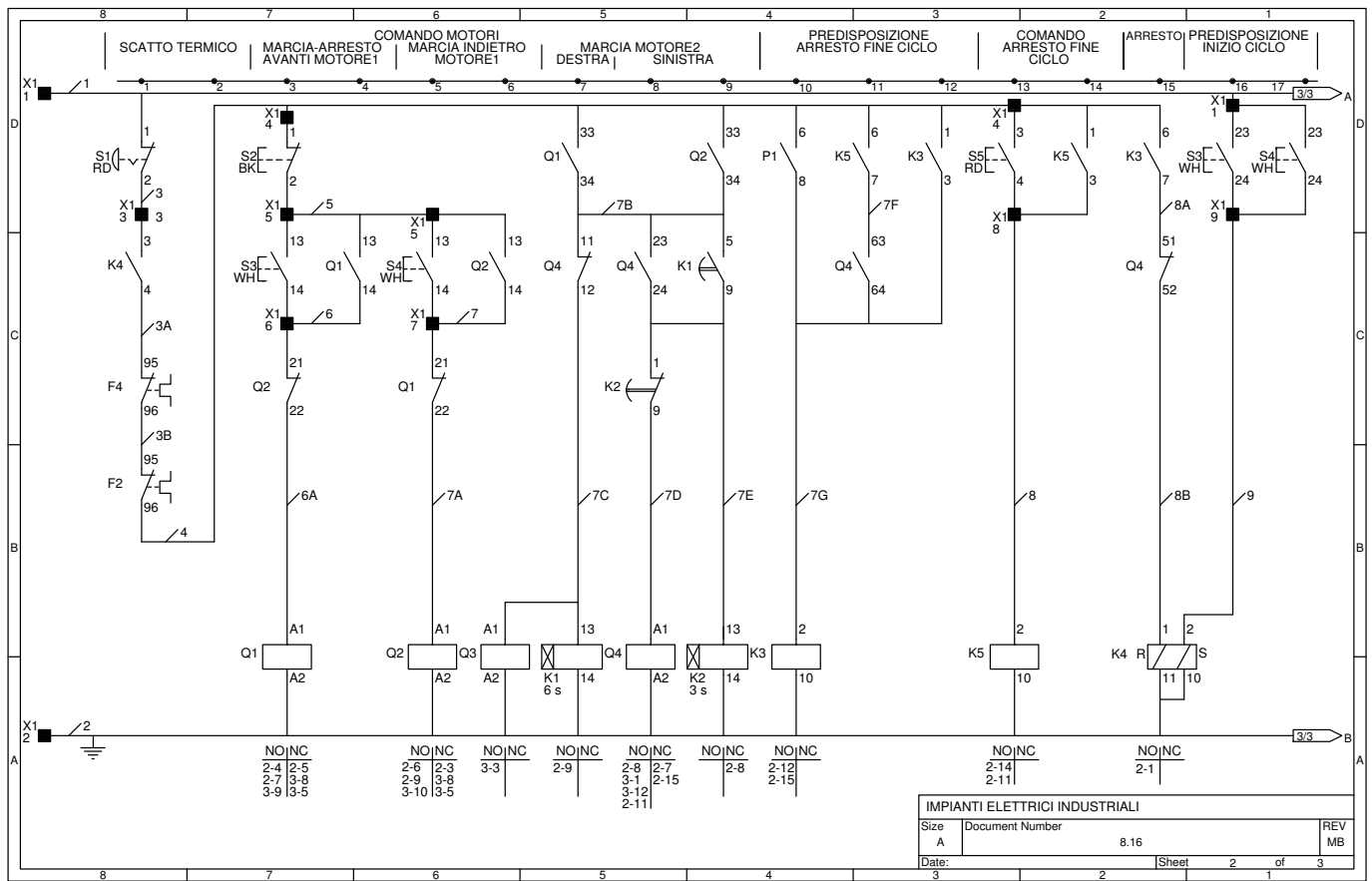
Eccitando alternativamente Q3 e Q4, il motore M2 può ruotare a turno nei due sensi di marcia (avanti-indietro); allo stesso modo, è possibile avviare M1 indietro, mediante il contattore Q2, e automaticamente avviare M2, eccitando, come visto precedentemente, alternativamente Q3 e Q4.

Lo schema funzionale, mostrato nella seconda e terza tavola, presenta i seguenti comandi: il pulsante S3 è in grado di iniziare il ciclo avviando M1 per la marcia avanti; il pulsante S4 è in grado di iniziare il ciclo avviando M1 per la marcia indietro; il pulsante di arresto S2 è in grado, con il pulsante di arresto di emergenza S1, di arrestare il ciclo in qualsiasi istante; il pulsante S5 è in grado di arrestare i motori solo alla fine del ciclo (si veda il diagramma di lavoro). Il funzionamento dei contattori Q3 e Q4, e quindi del motore M2, è determinato dall'uso di due temporizzatori K1 e K2, che, collegati come è mostrato nella seconda tavola, sono in grado di eccitare Q3 per il tempo impostato nel temporizzatore K1 (per esempio, 6 s), mentre Q4 rimane eccitato per il tempo impostato nel temporizzatore K2 (per esempio, 3 s). Nella terza tavola è presente il contaimpulsi (contatore) P1, in grado di contare il numero di cicli che il motore M2 ha effettuato. Raggiunto il valore impostato, il contaimpulsi, chiudendo il suo contatto al riferimento 10 delle seconda tavola, arresta automaticamente l'impianto esattamente alla fine del ciclo.

È bene evidenziare come il contaimpulsi P1 è resettato automaticamente quando i motori sono arrestati; in questo modo lo si rende pronto per un successivo conteggio (riferimento 5 della terza tavola).

Si osservi che i pulsanti S3 e S4 sono dotati di contatti doppi, che consentono, eccitando il relè bistabile K4, di iniziare il ciclo tramite la chiusura del suo contatto NO al riferimento 1 della seconda tavola; è questo contatto che aprendosi determina l'arresto a fine ciclo, quando si preme il pulsante S5 (selettore S6 aperto, ciclo continuo), oppure se il contaimpulsi P1 ha raggiunto il valore di conteggio impostato e se il selettore S6 è chiuso, cioè predisposto per il ciclo programmato.





L'arresto immediato, oltre che con i pulsanti S1 di emergenza e S2 di arresto, può avvenire anche se interviene uno dei due relè termici (F2, F4), posti a protezione, rispettivamente, dei motori M1 ed M2. Il circuito di segnalazione presenta le seguenti lampade di segnalazione: P2 e P3 indicano, rispettivamente, l'intervento dei

relè termici F2 e F4; P4 segnala che i motori sono fermi; P5 indica che il motore M1 è in marcia; P6 segnala che il motore M2 è in marcia; P7 segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati.

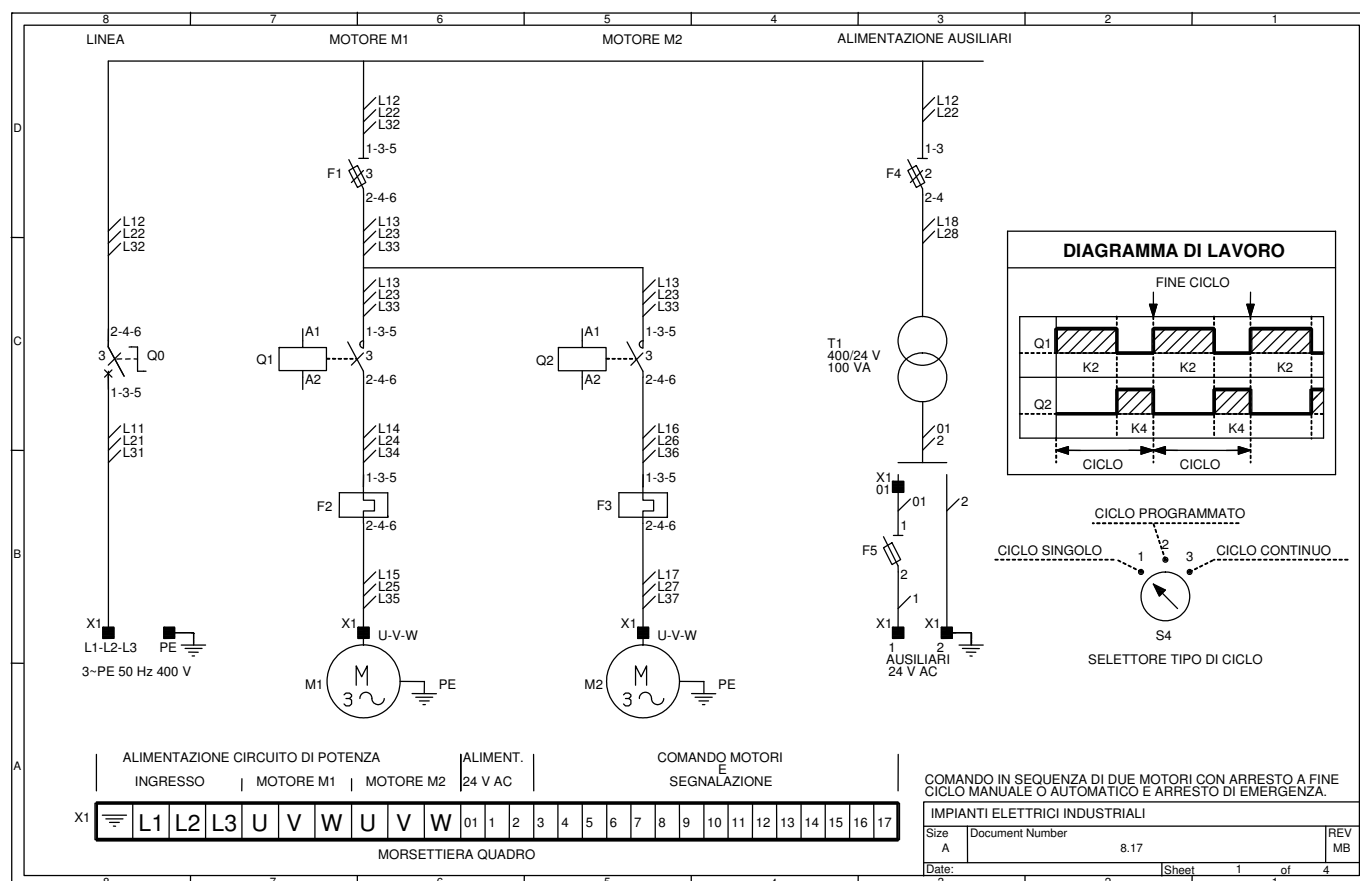
8.17 Comando in sequenza di due motori con arresto a fine ciclo manuale o automatico e arresto di emergenza

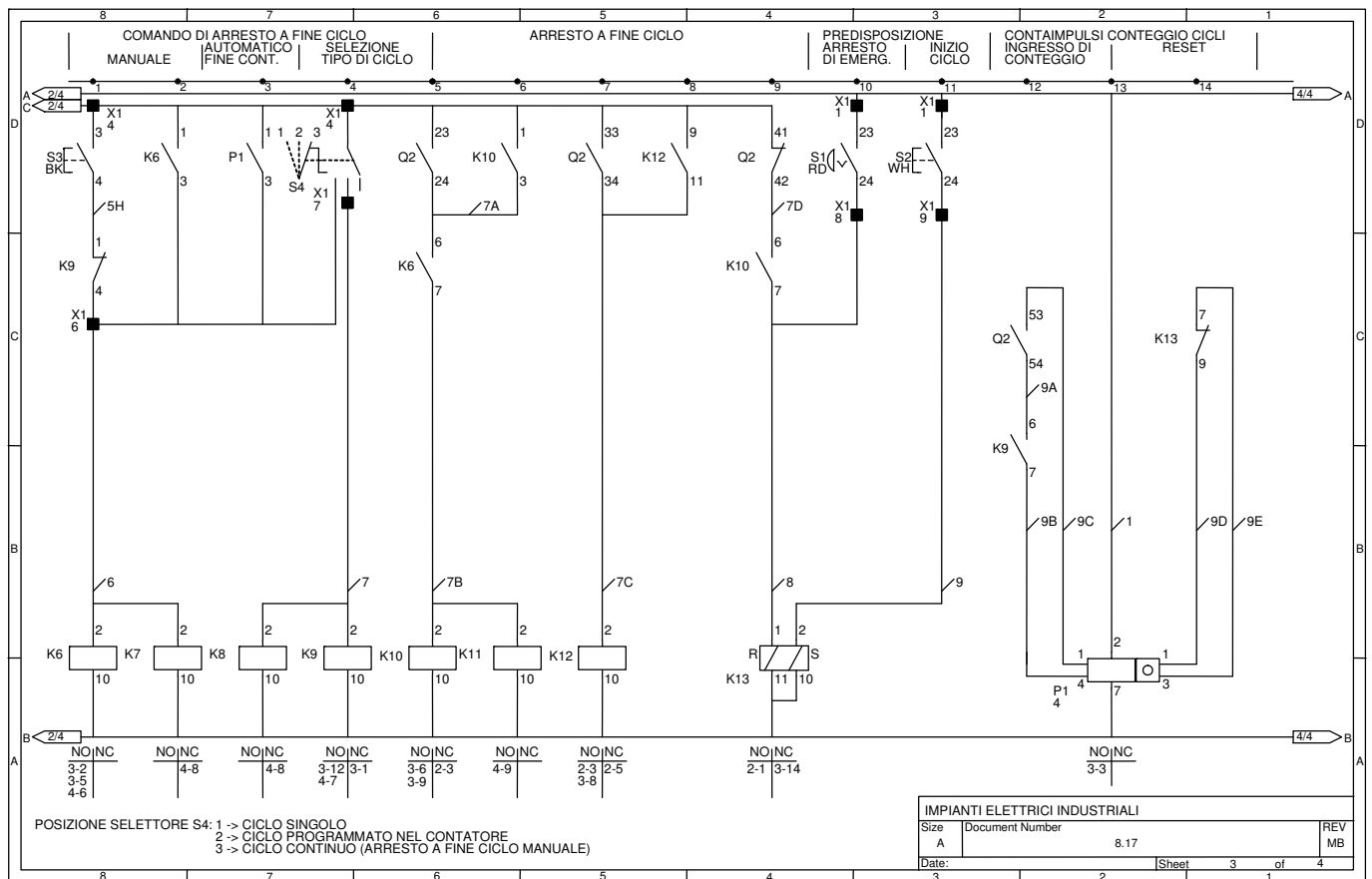
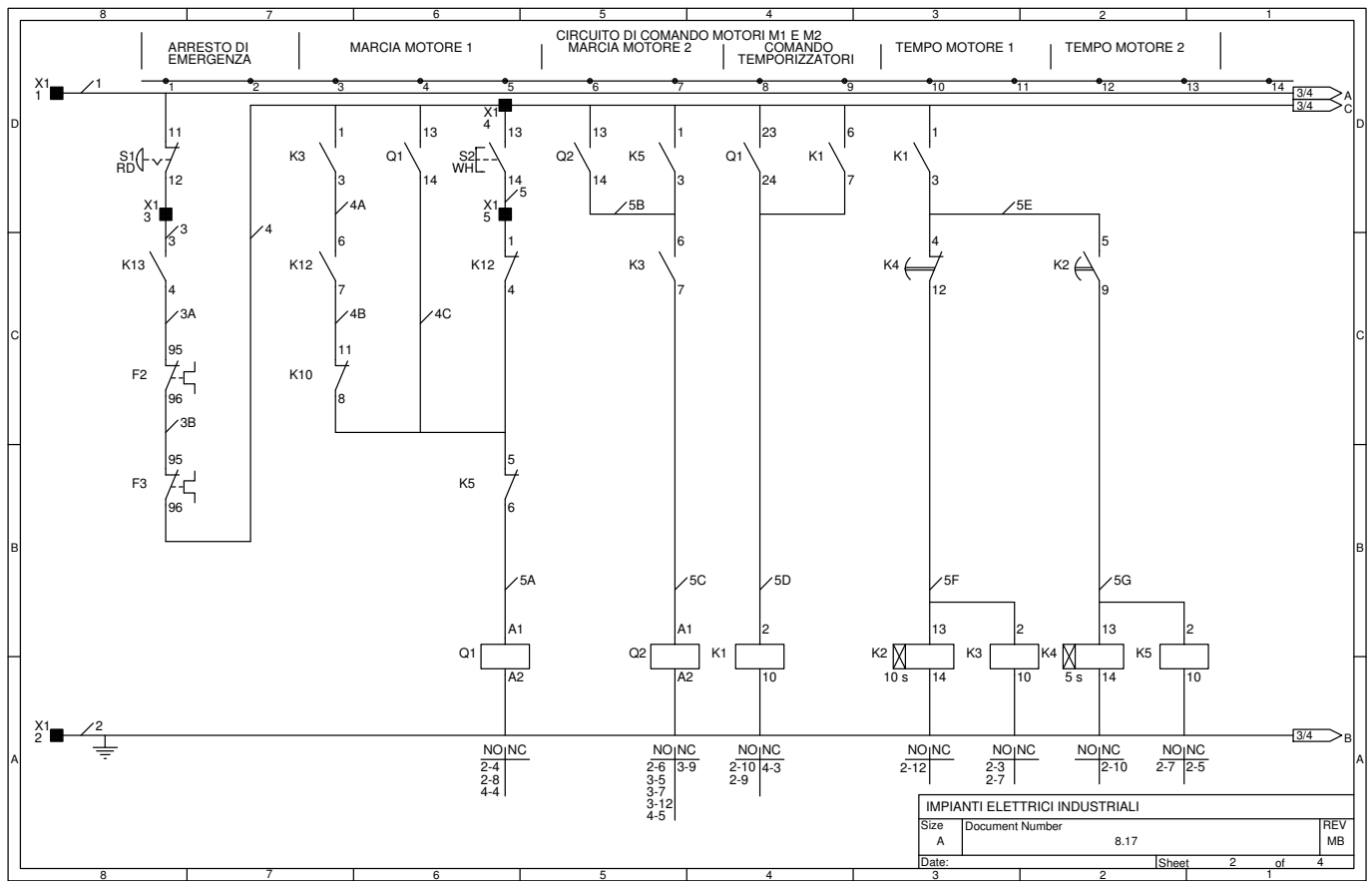
L'impianto mostrato in questo paragrafo consente di effettuare il comando in sequenza di due motori asincroni trifase uguali, con la possibilità di effettuare l'arresto a fine ciclo manualmente o automaticamente mediante contaimpulsi e arresto di emergenza. La prima tavola mostra il circuito di potenza unifilare relativo ai motori M1 e M2, nonché il diagramma di lavoro che mostra graficamente l'andamento del ciclo, ponendo in risalto, in particolare, il punto di fine ciclo. Sempre nella prima tavola sono mostrate le funzioni svolte dal selettore a tre posizioni S4, che permette, se posto nella posizione 1, di effettuare un solo ciclo, se posto nella posizione 2, di effettuare un numero di cicli programmato (cioè impostato nel contaimpulsi P1) e, infine, se posto nella posizione 3, di effettuare il ciclo continuo. Sarà possibile effettuare l'arresto a fine ciclo in modo manuale mediante pulsante (S3).

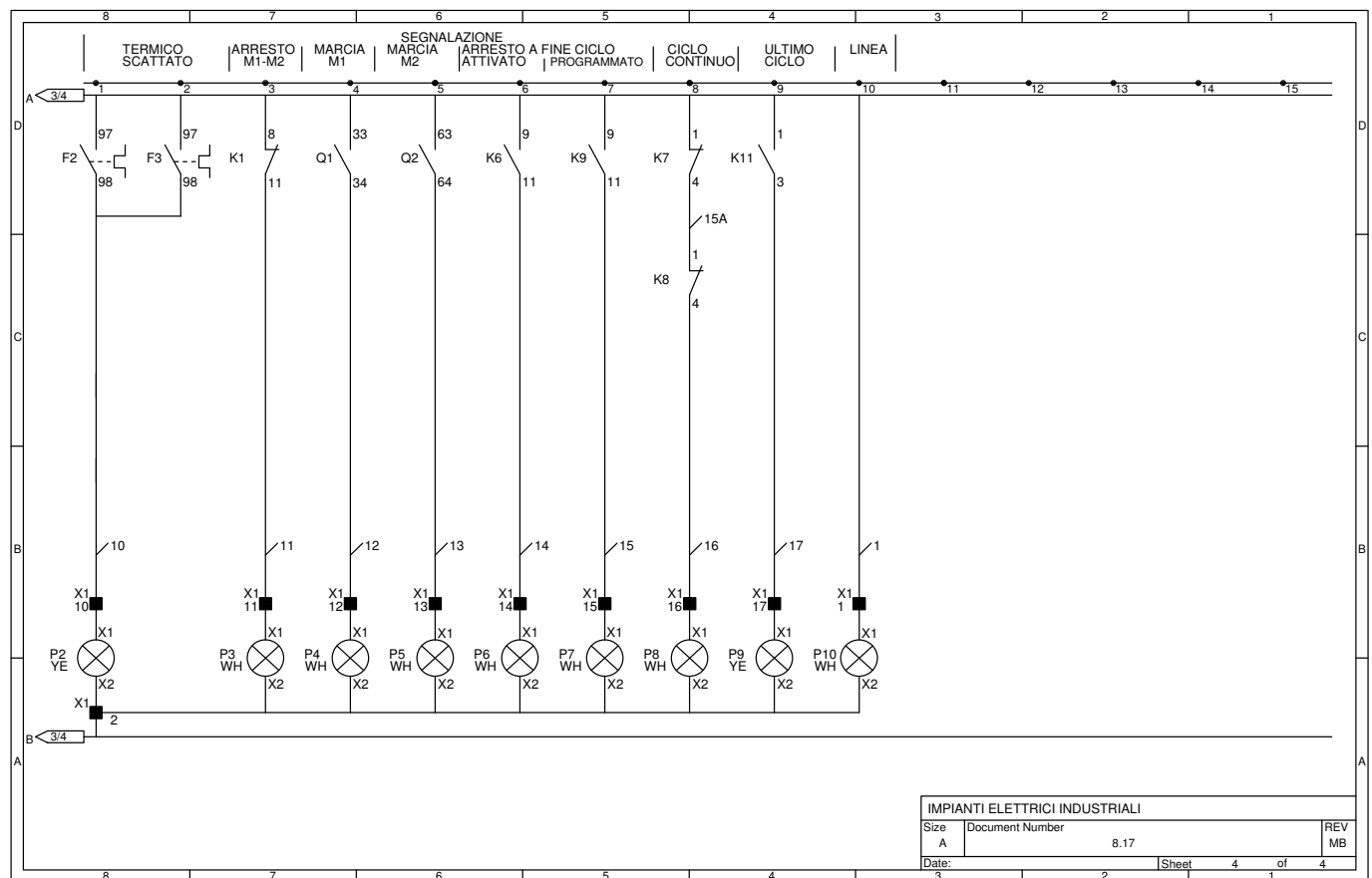
La seconda e la terza tavola mostrano il circuito di comando, mentre la quarta tavola rappresenta il circuito di segnalazione. L'impianto prevede i seguenti comandi: il pulsante S2 consente la marcia del motore M1 e, quindi, l'inizio del ciclo; il pulsante S3 abilita l'arresto a fine ciclo; il pulsante S1 è usato per l'arresto immediato in caso di emergenza; il selettore S4 consente, con le sue tre posizioni, di scegliere, come detto prima, il tipo di ciclo che si vuole effettuare. Si noti che i pulsanti S1 e S2 hanno due contatti ciascuno: i primi servono, rispettivamente, per arrestare e avviare l'impianto, come spiegato precedentemente, gli altri due servono, rispettivamente, per diseccitare e eccitare il relè bistabile K13, che permette, con il suo contatto al riferimento 1 della seconda tavola, di arrestare l'impianto a fine ciclo. Se si sceglie il ciclo programmato, il pulsante S3 di arresto a fine ciclo è disabilitato, rendendo possibile arrestare l'impianto solo con il pulsante di emergenza S1. Il ciclo programmato prevede l'uso di un contaimpulsi P1 (per esempio, impostato per svolgere 10 cicli), che riceve gli impulsi di conteggio dal contattore Q2 e dal relè K9, mentre il reset è effettuato automaticamente a conteggio raggiunto.

Il selettore S4 posto nella posizione 1 (ciclo singolo) determina anche il reset del contatore (contaimpulsi).

Il funzionamento ciclico dei due motori è basato sull'uso di due temporizzatori K2 e K4. Infatti, il contattore Q1 rimane eccitato per un tempo pari a quello impostato in K2 (per esempio, 10 s), mentre il contattore Q2 rimane eccitato per il tempo impostato nel temporizzatore K4 (per esempio, 5 s).







L'arresto immediato dell'impianto, oltre che con il pulsante di emergenza S1, può avvenire anche se interviene uno solo dei due relè termici F2 e F3, posti a protezione dei motori M1 e M2 contro eventuali sovraccarichi.

In questi due casi, è opportuno resettare il contaimpulsi mediante l'apposito pulsante posto sull'apparecchiatura stessa, per evitare di effettuare un ciclo programmato con il contaimpulsi che ha ancora memorizzato il valore raggiunto nel ciclo precedente e che è stato interrotto anzitempo.

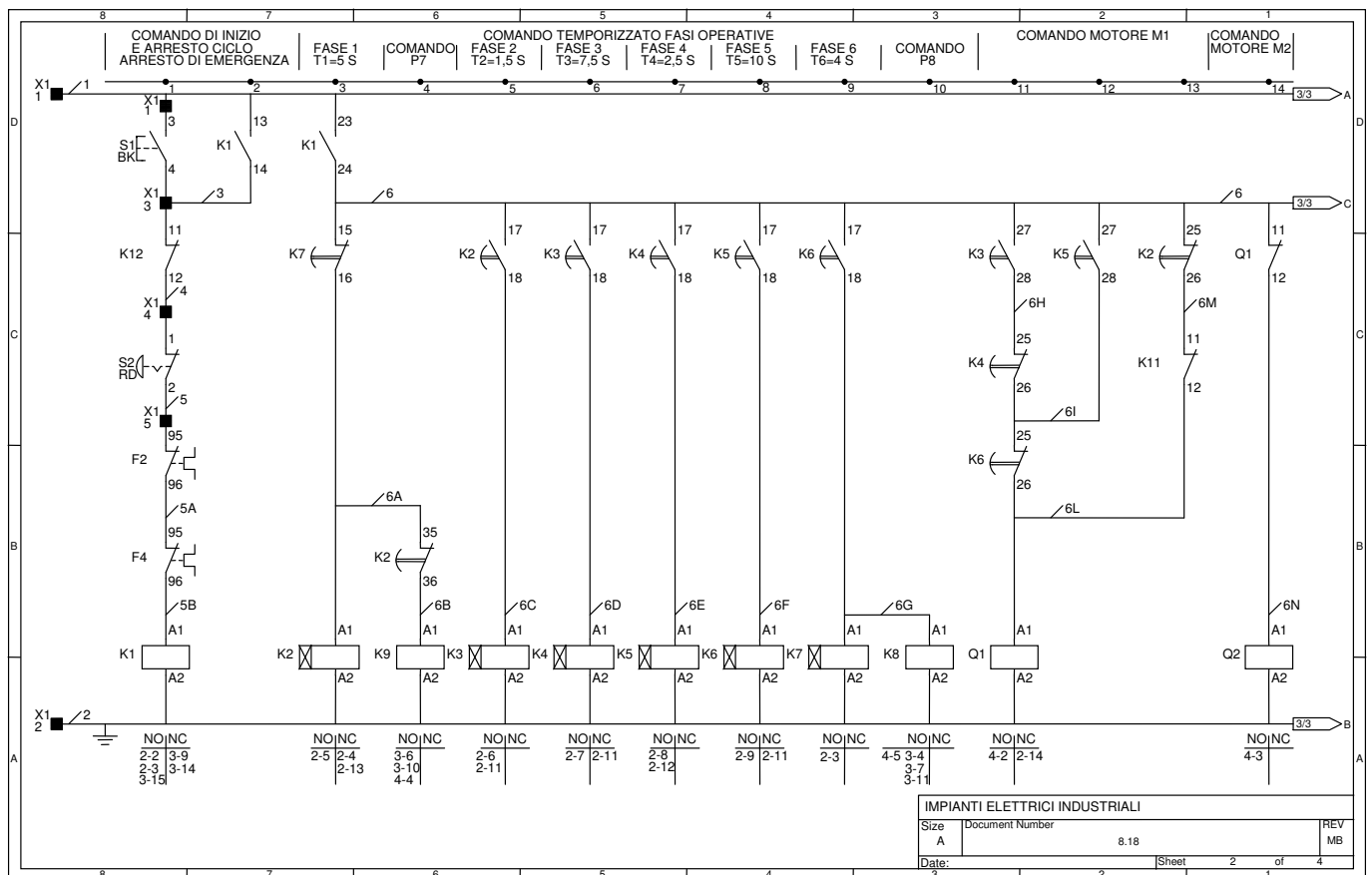
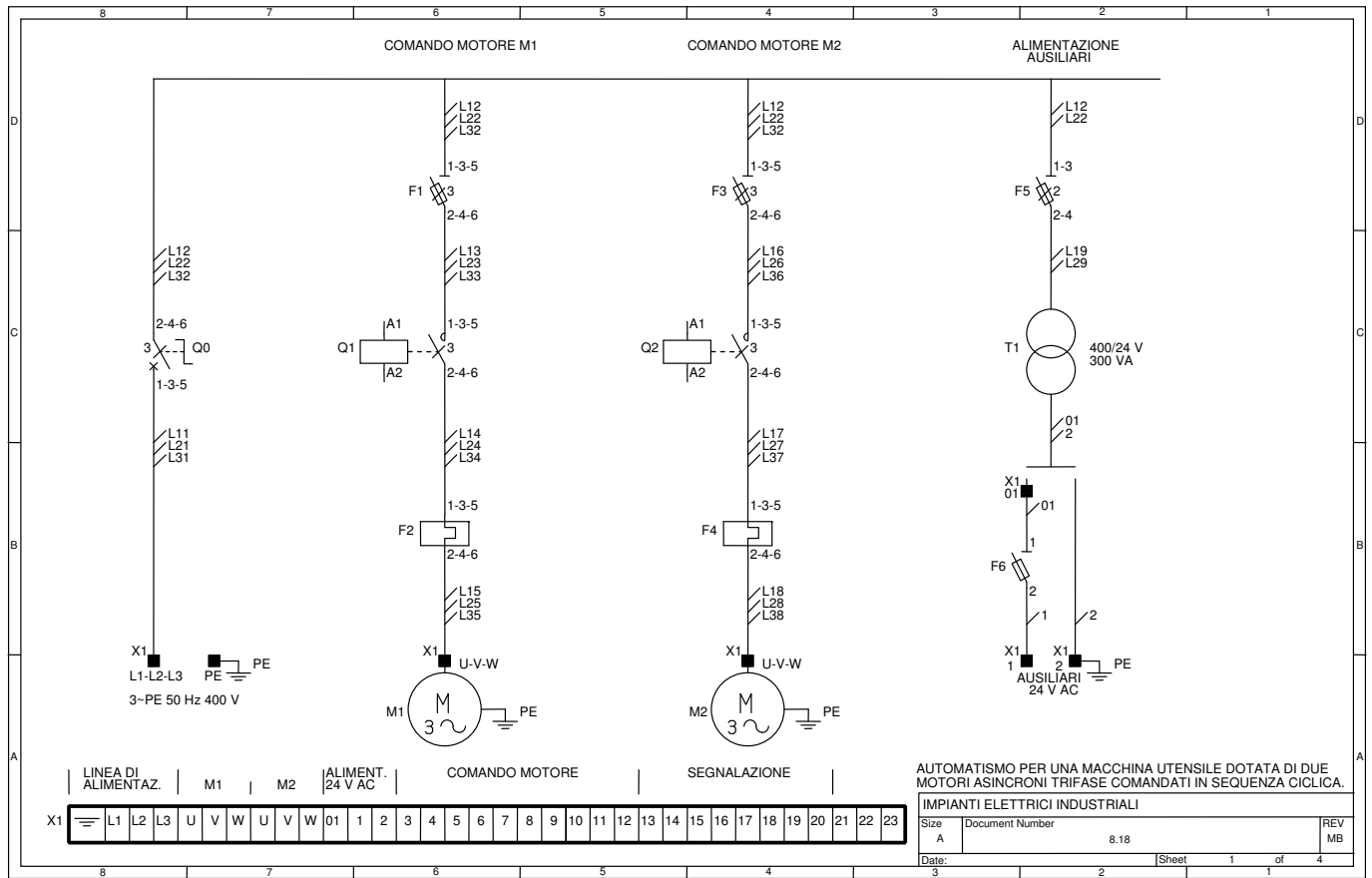
Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade di segnalazione: P2 indica l'intervento di un relè termico; P3 segnala che i motori M1 e M2 sono fermi; P4 segnala che il motore M1 è in marcia; P5 indica che il motore M2 è in marcia; P6 indica che è stato premuto il pulsante S3, o che è stato raggiunto il valore impostato nel contaimpulsi, oppure, se, mediante il selettore S4, è stato scelto il ciclo singolo, segnala che l'impianto si arresterà alla fine del ciclo che l'impianto sta effettuando; P7 segnala che è stato scelto il ciclo programmato e che, quindi, l'impianto si fermerà solo automaticamente quando il contaimpulsi avrà raggiunto il valore impostato (si noti che, quando si è arrivati all'ultimo ciclo, si accenderà anche la lampada di segnalazione H5); P8 segnala che è stato scelto il ciclo continuo; P9 indica che l'impianto sta eseguendo l'ultimo ciclo; P10, infine, segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati.

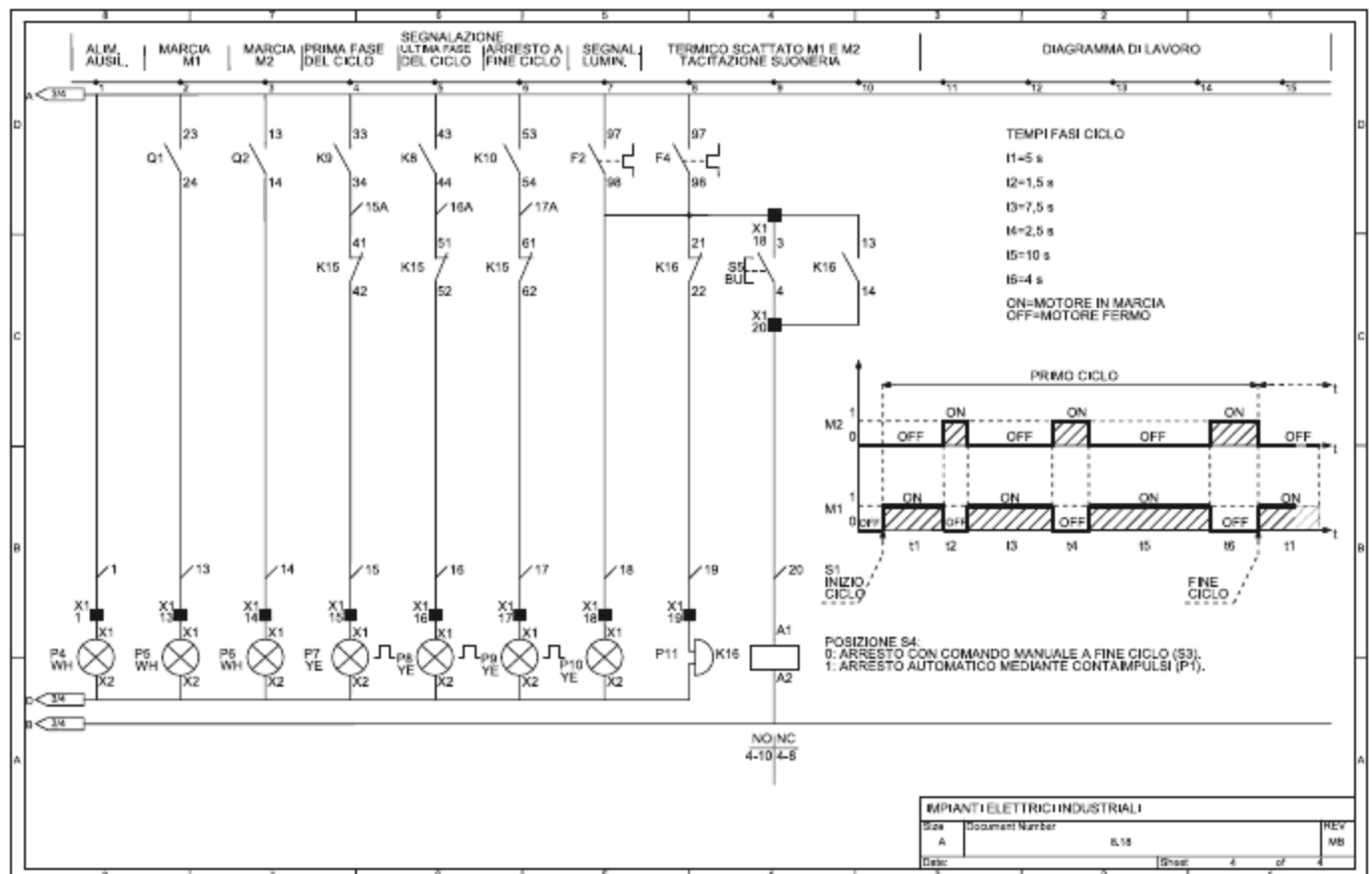
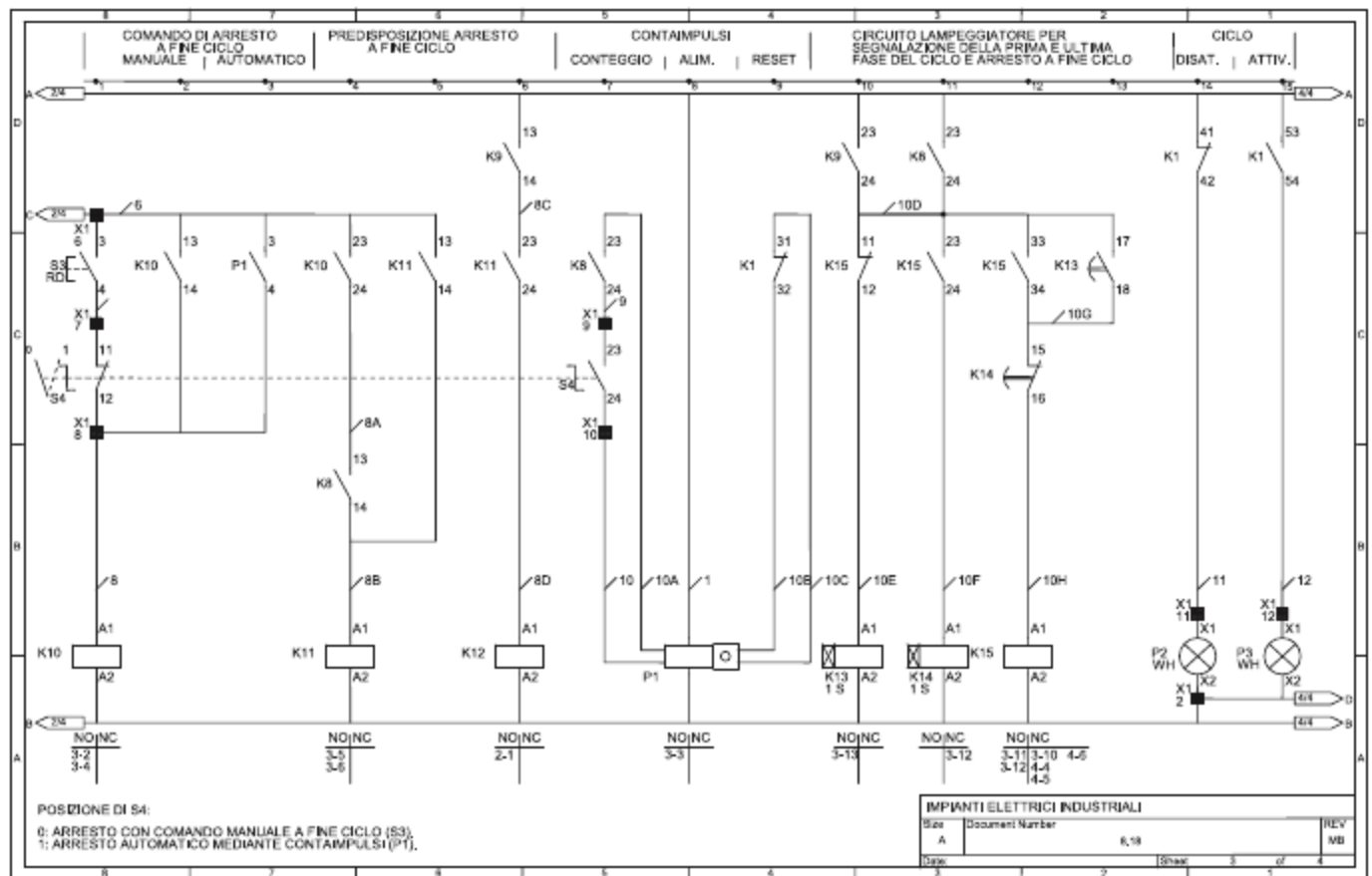
8.18 Automatismo per una macchina utensile dotata di due motori asincroni trifase comandati in sequenza ciclica

In questo paragrafo è mostrato il circuito di comando, per una macchina utensile automatica, che consente di alimentare due motori asincroni trifase secondo il seguente ciclo funzionale:

- tramite il pulsante S1, il ciclo si avvia e il motore M1 si pone in marcia per un tempo t_1 pari a 5 s;
- successivamente, il motore M1 si arresta per un tempo t_2 pari a 1,5 s, quindi si riavvia e rimane in marcia per un tempo t_3 pari a 7,5 s;
- il motore M1, a questo punto, si arresta per un tempo t_4 pari a 2,5 s e, successivamente, si riavvia e rimane in marcia per un tempo t_5 pari a 10 s;
- trascorso il tempo t_5 , il motore M1 rimane fermo per un tempo t_6 pari a 4 s, trascorsi i quali il motore M1 dovrà iniziare un nuovo ciclo;
- il ciclo di comando è concepito affinché il motore M2 sia fermo quando il motore M1 è in marcia; viceversa, quando il motore M2 è in marcia, il motore M1 è fermo, come è mostrato nel diagramma di lavoro riportato nella quarta tavola.

Il circuito di comando è dotato di un pulsante di arresto di emergenza S2 in grado di arrestare il ciclo in qualsiasi istante; ad analogo risultato si perviene con l'intervento di anche uno solo dei relè termici F2 e F4, posti a protezione, rispettivamente, dei motori M1 e M2.





Completano il circuito un pulsante S3 di arresto a fine ciclo, in grado di arrestare l'impianto solo al termine dell'ultima fase del ciclo, e un contatore P1, in grado di arrestare l'impianto automaticamente dopo un certo numero di ciclo completi (per esempio, 3).

L'impianto è dotato, inoltre, di un selettore S4 a due posizioni: se è in posizione 0, esso consente il ciclo continuo e l'arresto a fine ciclo mediante il pulsante S3, mentre, se è in posizione 1, abilita il conteggio dei cicli, determinando, così, l'arresto automatico dell'impianto dopo il numero di cicli impostato nel contatore P1.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade di segnalazione: P2 indica quando il ciclo è disattivato; P3 segnala che il ciclo è attivato; P4 indica la presenza dell'alimentazione nei circuiti ausiliari; P5 segnala che il motore M1 è in marcia; P6 segnala che il motore M2 è in marcia; P7 lampeggiante indica che la macchina sta eseguendo la prima fase del ciclo; P8 lampeggiante segnala che la macchina sta eseguendo l'ultima fase del ciclo; P9 lampeggiante segnala che è stato azionato il pulsante di arresto a fine ciclo.

Il circuito di segnalazione prevede, inoltre, una segnalazione P10 luminosa e una P11 acustica per segnalare l'intervento di almeno uno dei relè termici (F2, F4) posti a protezione dei motori; con il pulsante S5 è possibile tacitare la segnalazione acustica.

8.19 Automatismo per un montacarichi portavivande per un ristorante

Di seguito è riportato lo schema elettrico relativo all'automazione di un montacarichi portavivande da utilizzare, per esempio, in un ristorante.

Lo schema elettrico di potenza, riportato nella prima tavola, prevede l'uso di un motore asincrono trifase M1, protetto dai sovraccarichi mediante il relè termico F2 e dai cortocircuiti dai fusibili F1.

Il motore è comandato mediante un teleinvertitore (Q1 e Q2), in grado di muovere il montacarichi nei due sensi (salita e discesa).

L'impianto prevede due pulsantiere di comando e relative segnalazioni, l'una posta nella cucina e l'altra al primo piano, nella sala da pranzo, come mostrato nella figura riportata nella tavola 1.

Ogni posto di comando è in grado di effettuare le seguenti funzioni.

- 1) Inviare il montacarichi nell'altro locale. Il pulsante S3 consente di inviarlo al locale cucina, mentre il pulsante S4 di inviarlo al primo piano.
- 2) Richiedere l'invio del montacarichi. Il pulsante S5 permette di richiederlo nel locale cucina, mentre il pulsante S6 di richiederlo al primo piano.
- 3) Arrestare immediatamente, in caso di emergenza, il montacarichi, mediante il pulsante di emergenza S2 posto nel locale cucina e mediante un analogo pulsante S1 posto al primo piano.
- 4) Segnalare la richiesta di invio luminosa (P1 e P3) e acustica (P2 e P4) del montacarichi da parte della postazione dell'altro locale; in particolare, P1 e P2 segnalano la richiesta di invio in cucina, mentre P3 e P4 la richiesta di invio al primo piano.
- 5) Segnalare la presenza del montacarichi mediante la lampada di segnalazione P7, quando è nel locale cucina, e mediante la lampada P8, quando è al primo piano.
- 6) Segnalare la presenza dell'alimentazione elettrica mediante le lampade P10 e P9, poste, rispettivamente, in cucina e al primo piano.
- 7) Segnalare l'intervento del relè termico F2, posto a protezione del motore M1, rispettivamente mediante le lampade P11 nel locale cucina e P12 al primo piano.

Il movimento del montacarichi, sia di salita sia di discesa, è vincolato dal fatto che le saracinesche di carico/scarico poste nella cucina e al primo piano siano entrambe chiuse, condizioni queste verificate rispettivamente dall'azionamento dei finecorsa B2 e B1.

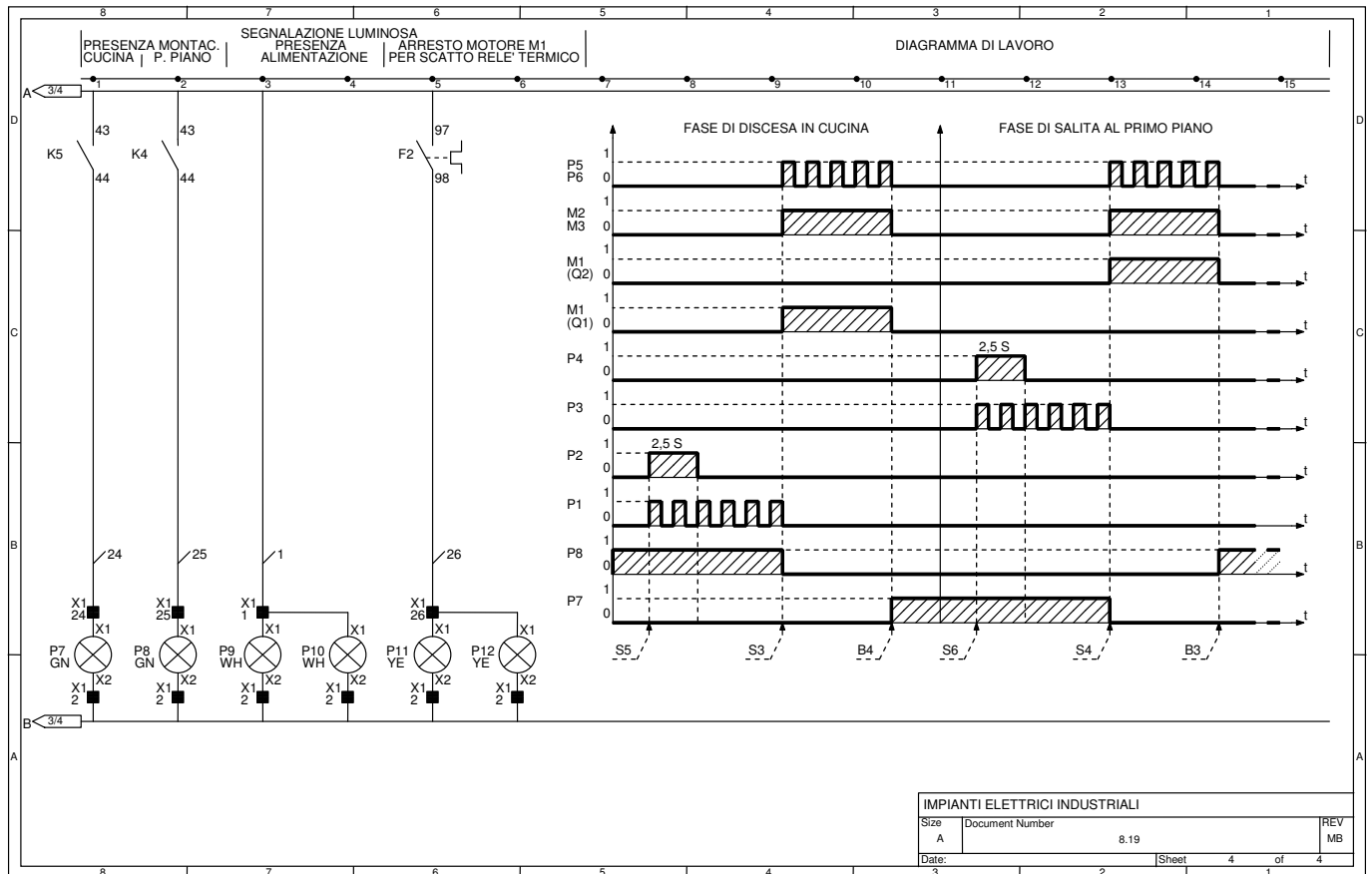
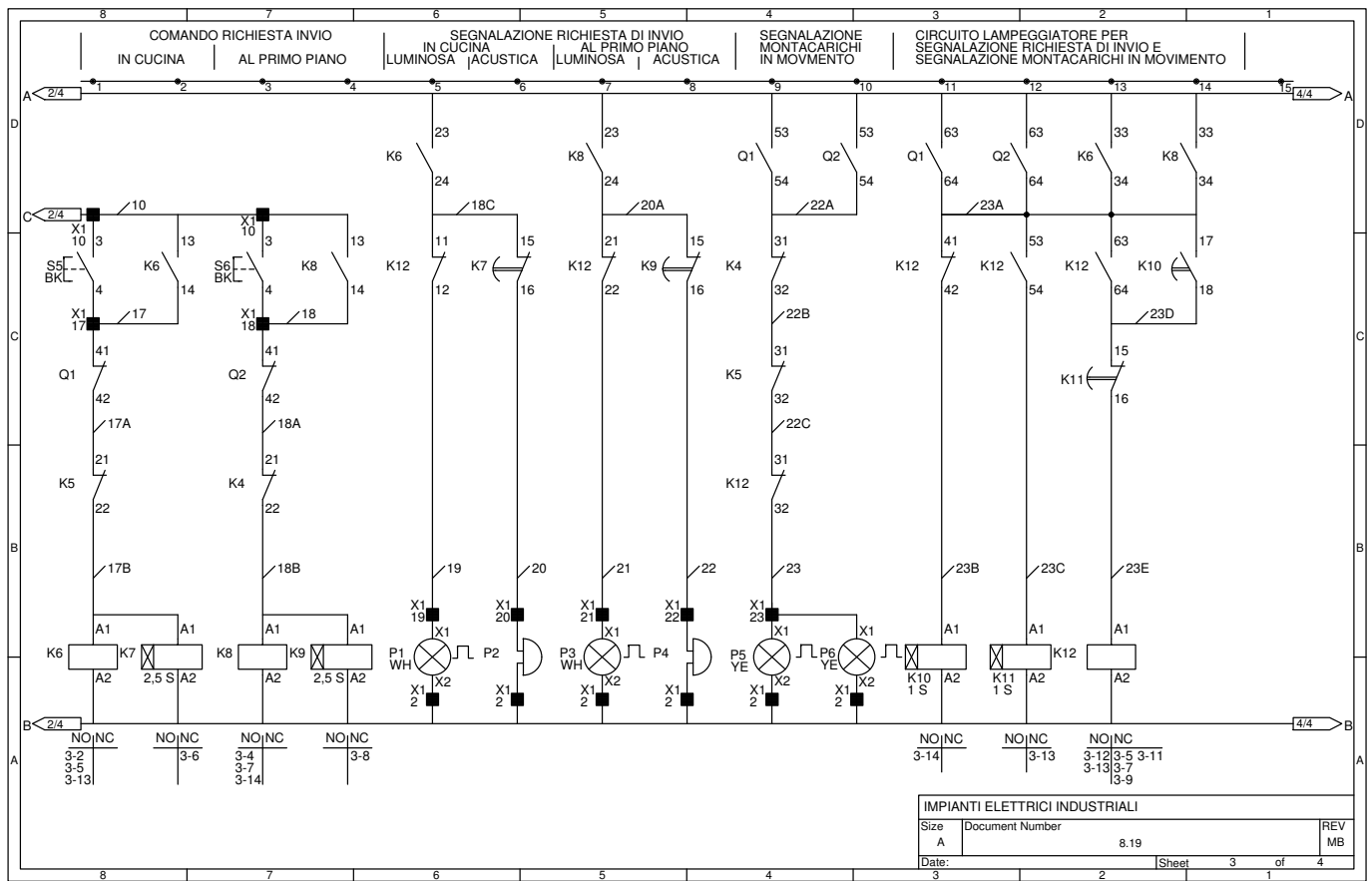
Un selettore a chiave S7 a tre posizioni, normalmente utilizzato in caso di manutenzione, consente di riportare il montacarichi nel locale cucina o al piano superiore dopo un arresto a causa dell'azionamento di un pulsante di emergenza (S1 o S2) o per l'intervento del relè termico F2.

L'impianto è predisposto affinché la richiesta di invio (S5 o S6) sia accettata solo se il montacarichi non è in movimento; inoltre, la segnalazione di richiesta luminosa (P1 e P3) si spegne quando è effettuato l'invio nell'altra posizione, mentre quella acustica (P2 e P4), che serve a richiamare l'attenzione dell'operatore, si disattiva automaticamente dopo 2,5 s.

Una segnalazione luminosa lampeggiante gialla, che indica che il montacarichi è in movimento, si accende sia durante la fase di salita sia in quella di discesa; in particolare, P5 è posta nel locale cucina, mentre P6 è posta al piano superiore.

L'apertura e la chiusura delle saracinesche sono vincolate dalla presenza del montacarichi e devono essere effettuate in modo manuale.

Due elettromagneti M2 e M3 bloccano l'apertura delle saracinesche, per motivi di sicurezza, durante la fase di salita e di discesa del montacarichi.



8.20 Impianto elettrico per un ascensore a tre piani

È proposto ora lo schema elettrico relativo ad un impianto per un ascensore a tre piani.

Gli impianti per la realizzazione di ascensori per il trasporto di persone sono soggetti a norme particolari e di varia complessità in relazione al numero dei piani serviti, alla capienza della cabina, alla velocità di traslazione e al tipo di automazione utilizzata (portine automatiche, memorizzazione dell'itinerario, comunicazioni citofoniche, ecc.). L'esempio proposto rappresenta una soluzione tra le più semplici e diffuse.

Nella prima tavola è proposto il circuito di potenza, che prevede un motore M1, dotato di un freno con sblocco elettrico M2, comandato da un teleinvertitore di marcia che consente di spostare la cabina ai vari piani.

Sempre nella prima tavola sono rappresentati i due alimentatori che trasformano la corrente alternata alla tensione di 400 V in corrente continua alla tensione di 110 V e 24 V, tensioni necessarie, rispettivamente, per i circuiti di comando, segnalazione e allarme.

Nel caso del circuito funzionante a 24 V, è presente anche una batteria tampone G1, in grado di alimentare i circuiti di illuminazione cabina e di allarme in assenza dell'alimentazione da parte della rete.

Completano la prima tavola una tabella riassuntiva relativa alle principali apparecchiature usate nell'impianto e, in particolare, nella pulsantiera interna alla cabina, una tabella che mostra il funzionamento dei deviatori di piano e un disegno complessivo dell'ascensore con la disposizione delle apparecchiature.

Nella seconda, terza e quarta tavola è proposto il circuito di comando, funzionante a 110 V, mentre nella quinta è rappresentato il circuito di allarme e di illuminazione della cabina funzionante a 24 V.

Il funzionamento dell'ascensore è vincolato dalle seguenti condizioni:

- 1) la chiamata dall'esterno della cabina deve poter essere effettuata solamente quando la cabina è vuota; di conseguenza, è presente un interruttore di posizione B7, il quale, sotto il peso delle persone presenti nella cabina, toglie la possibilità di chiamata esterna dai piani, attivando, invece, i circuiti della pulsantiera interna per il comando di destinazione-piano della cabina;
- 2) la cabina non si deve muovere se tutte le porte interne e le porte ai piani non sono regolarmente chiuse; devono in sostanza essere attivati il finecorsa B4 per le porte interne e i finecorsa B1, B2, B3 per le porte ai piani;
- 3) la cabina si deve arrestare immediatamente se durante la corsa si aprono le portine interne; in questo caso, si apre il finecorsa B4;
- 4) deve essere sempre possibile arrestare la corsa dell'ascensore dall'interno, premendo il pulsante di arresto S2 posto nella pulsantiera interna alla cabina;
- 5) le porte non devono potersi aprire automaticamente ai piani se non è presente la cabina; si utilizzano, perciò, delle particolari serrature con blocco elettrico azionato da una slitta retrattile, montata sulla cabina e azionata dall'elettromagnete M3. Alla sua diseccitazione (che avviene automaticamente con la cabina ferma ai piani) la slitta è spinta nella posizione di riposo, provocando, così, l'apertura della serratura e togliendo il consenso al movimento della cabina (B8, B9, B10). La slitta è installata in modo che la cabina si fermi esattamente al livello del piano che si è scelto;
- 6) se per un malfunzionamento dell'impianto la cabina supera il livello del piano più alto, oppure si porta al di sotto di quello più basso, deve essere assicurato l'arresto del motore M1; a questo provvedono, rispettivamente, i contatti di extracorsa B6 e B5, i quali tolgono l'alimentazione alla bobina dei contattori di comando del motore (Q2, Q3, Q4);
- 7) se per un malfunzionamento dell'impianto la cabina raggiunge una velocità eccessiva, deve essere interrotta l'alimentazione del motore M1, permettendo di attivare immediatamente il freno; per questo motivo è presente il contatto B17 del dispositivo denominato paracadute, che si apre in caso di eccessiva velocità determinando la diseccitazione dei contattori Q2, Q3 e Q4;
- 8) il circuito di comando deve evitare che la cabina possa ripartire nella direzione dalla quale nel frattempo è pervenuta una chiamata, prima di aver raggiunto la sua destinazione; per questo motivo, deve essere presente un relè temporizzatore (K3) che impedisca ogni nuova chiamata per alcuni secondi (per esempio, 10 s), permettendo così agli utenti presenti nella cabina la regolare uscita dalla stessa; in questo modo, si evita anche che le persone, eventualmente in attesa al piano, si vedano scappare la cabina appena giunta perché chiamata da un altro piano;
- 9) il funzionamento automatico dell'ascensore è reso tale dall'uso di particolari deviatori che, al passaggio della cabina per ogni piano, provvedono a deviare l'eventuale impulso del pulsante di chiamata al piano al contatto di discesa o di salita, secondo che la cabina si trovi, rispettivamente, ai piani superiori o inferiori. Questo dispositivo è costituito da speciali deviatori B11, B12 e B13, montati in corrispondenza di ogni piano e azionati da una slitta sagomata fissata alla cabina. Al passaggio per ogni piano, la slitta impegna la leva di azionamento dei contatti, abbandonandola nella richiesta nuova posizione. I deviatori dei due piani estremi (per esempio, primo e terzo) assumono solo due posizioni (aperto o chiuso), mentre quelli dei piani intermedi (per esempio, secondo) ne assumono tre, di cui quella centrale (di riposo) è assunta quando la cabina è ferma a quel piano;

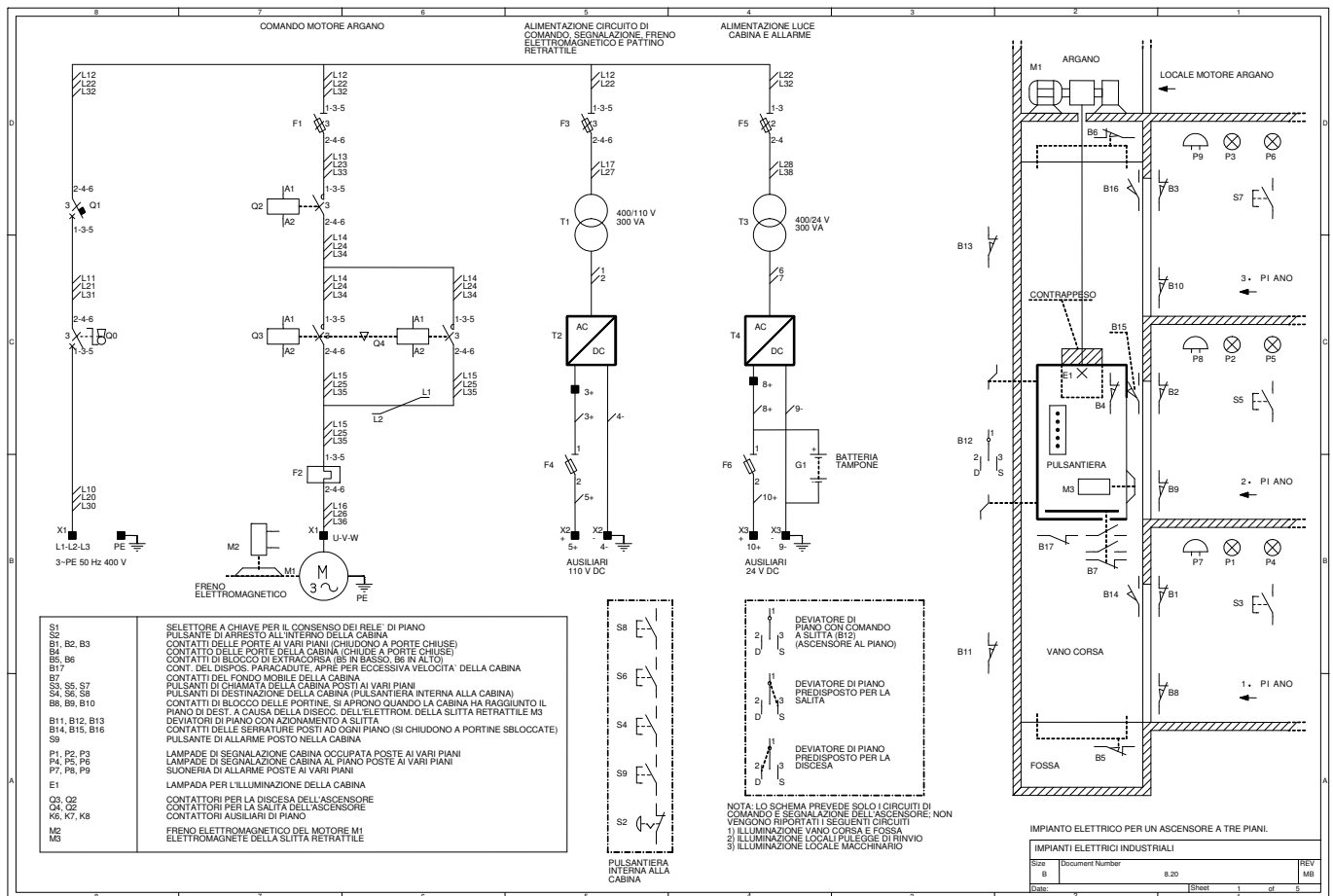
- 10) la cabina deve essere illuminata mediante il contatto del fondo mobile della cabina B7, eventualmente con lo spegnimento ritardato mediante temporizzatore (K3);
- 11) la pulsantiera interna alla cabina può avere un pulsante di allarme S9 che aziona tre suonerie P7, P8, P9, poste, rispettivamente, al primo, al secondo e al terzo piano. L'impianto può essere dotato, inoltre, di impianto citofonico per eventuali comunicazioni con la portineria (il circuito citofonico non è stato rappresentato nello schema);
- 12) l'impianto deve prevedere un circuito di segnalazione, che indichi quando la cabina è occupata (lampade P1, P2 e P3 poste ad ogni piano accanto ai pulsanti di chiamata ai piani S3, S5, S7). L'impianto proposto prevede anche la segnalazione di cabina al piano primo, secondo, terzo, rispettivamente con le lampade di segnalazione P4, P5 e P6.

Utilizzando i disegni presentati nella prima tavola e gli schemi delle tavole seguenti si vuole ora descrivere il funzionamento dell'ascensore a tre piani. La descrizione proposta è riferita alla manovra di discesa al primo piano con l'ascensore fermo al secondo (come nel disegno presentato nella prima tavola); le altre manovre hanno comunque un funzionamento analogo. Occorre innanzi tutto chiudere l'interruttore automatico generale Q1 e l'interruttore a chiave Q0, alimentando così i circuiti ausiliari e di comando. Non essendo presente alcuna persona nella cabina, il contatto del fondo mobile B7 attiva i circuiti di chiamata dei pulsanti esterni S3, S5 ed S7 situati ai vari piani.

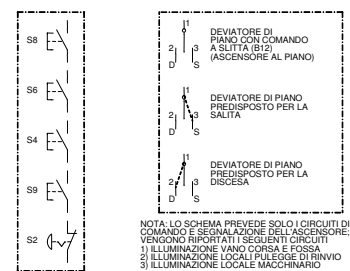
Premendo, per esempio, il pulsante S3 (primo piano), con tutti i consensi chiusi all'azionamento dei relè di piano (S1, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B17, S2, Q3, Q4, K3), si eccita il relè di piano K6, il quale provvede ad alimentare l'elettromagnete M3 della slitta retrattile, che determina la chiusura della serratura del secondo piano e la chiusura del rispettivo contatto di controllo B9. Si eccita, così, la bobina del contattore Q3 che, autoalimentandosi, consente il comando del motore M1 e la discesa della cabina al primo piano.

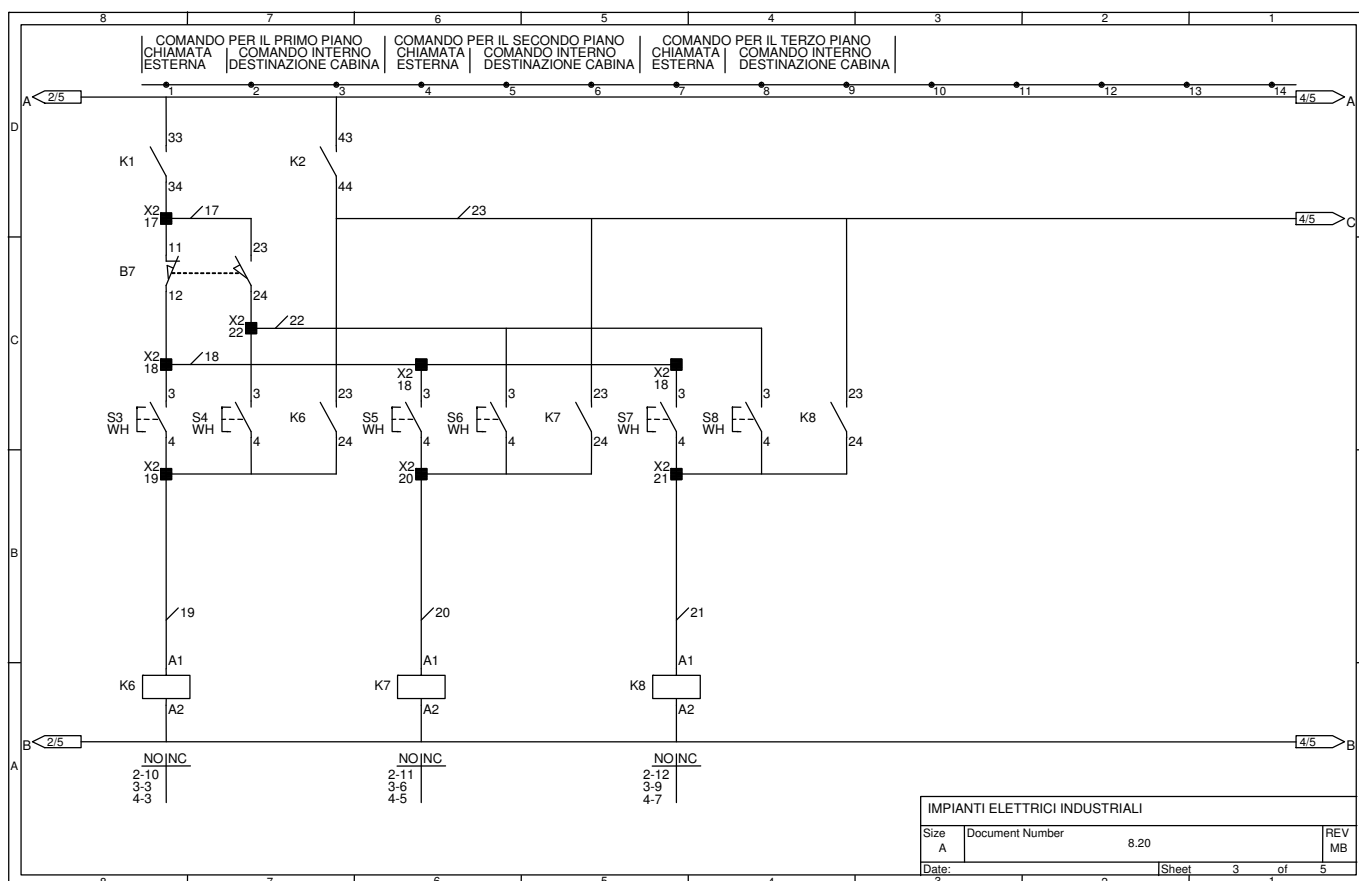
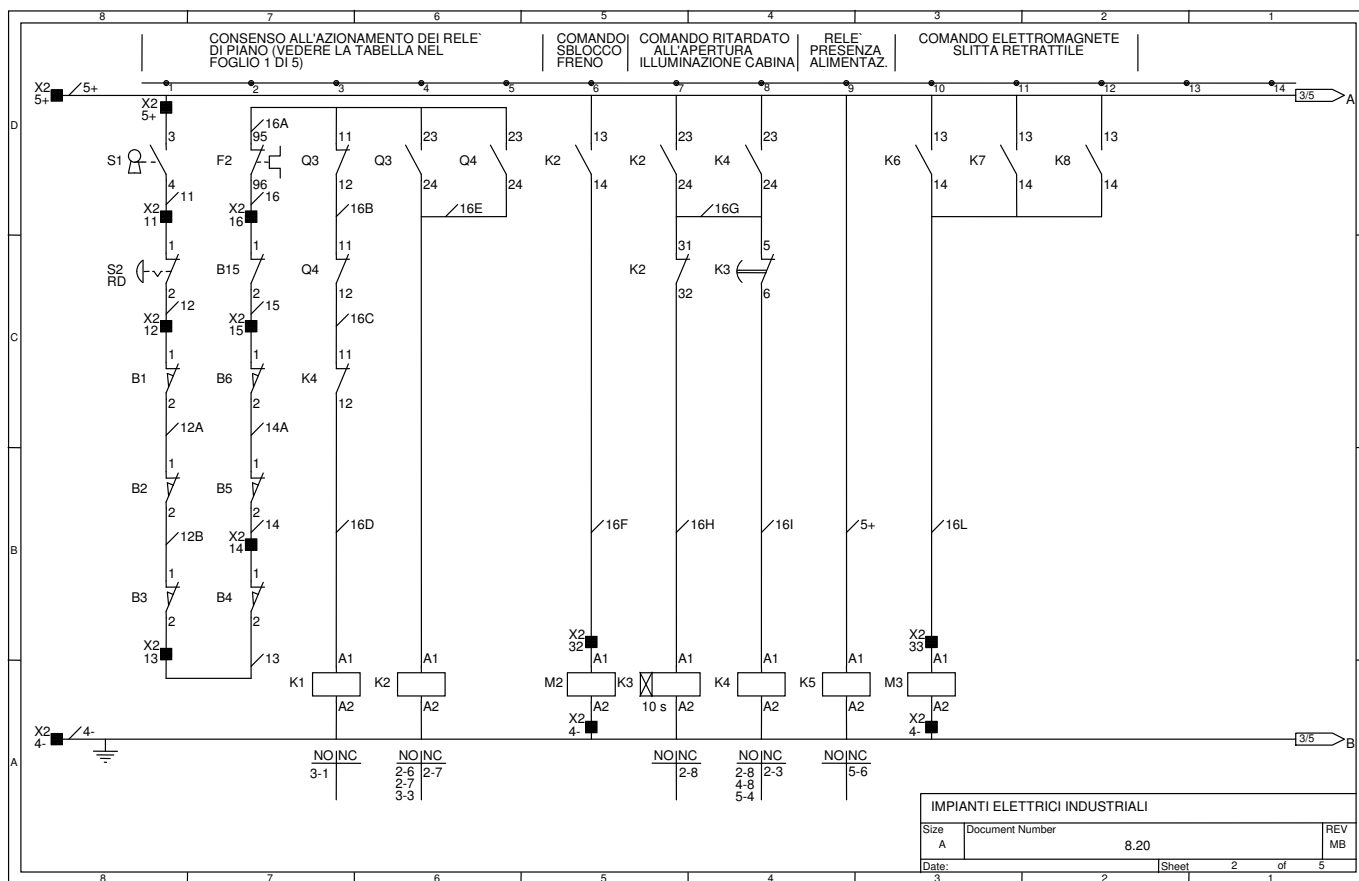
Contemporaneamente, si hanno l'interruzione dei circuiti di comando del contattore di salita Q4, l'alimentazione dell'elettromagnete M2 di sblocco del freno e l'eccitazione del temporizzatore K3, che, con il relè ausiliario K4, toglie il consenso ad ogni altra chiamata.

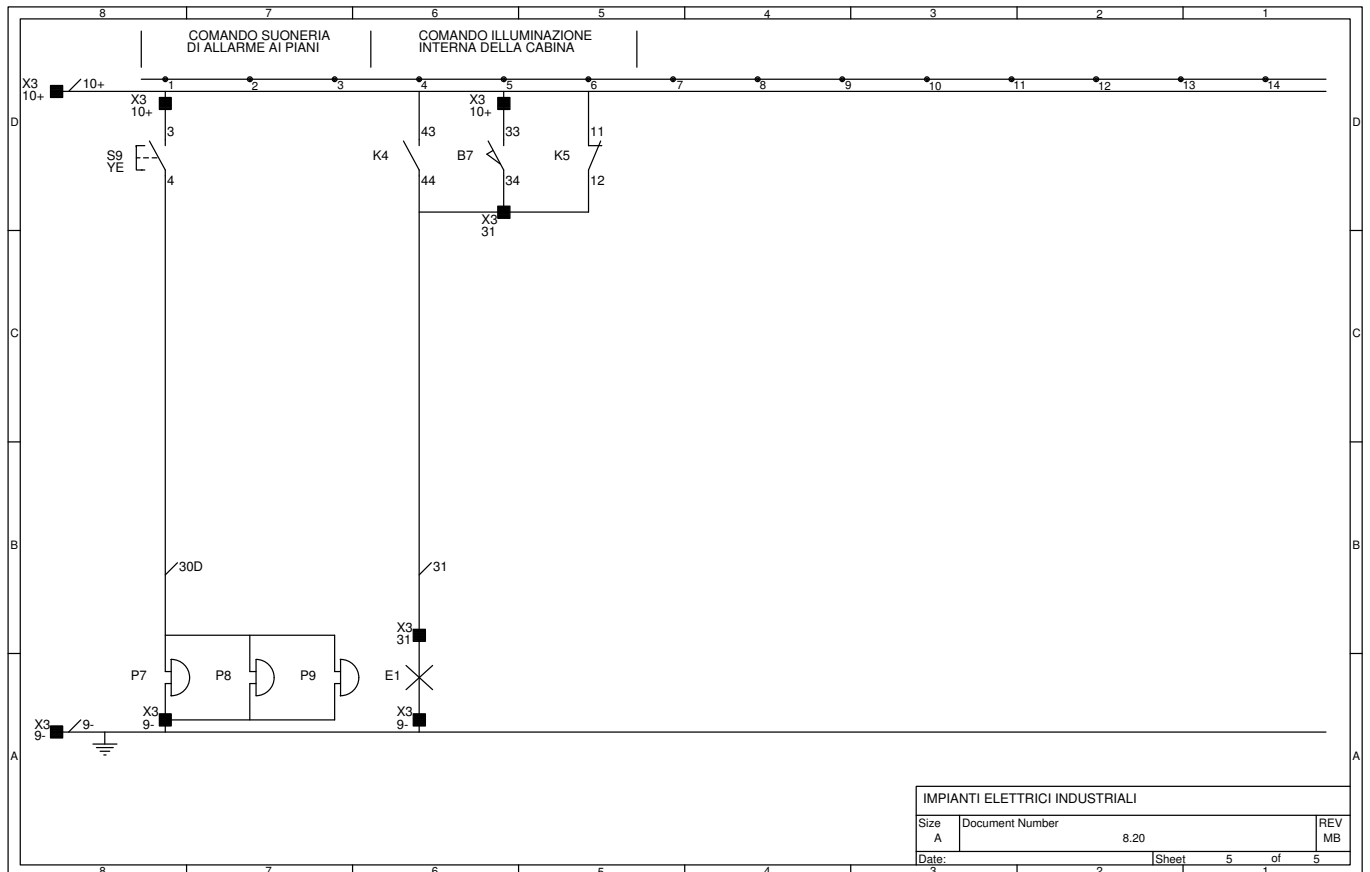
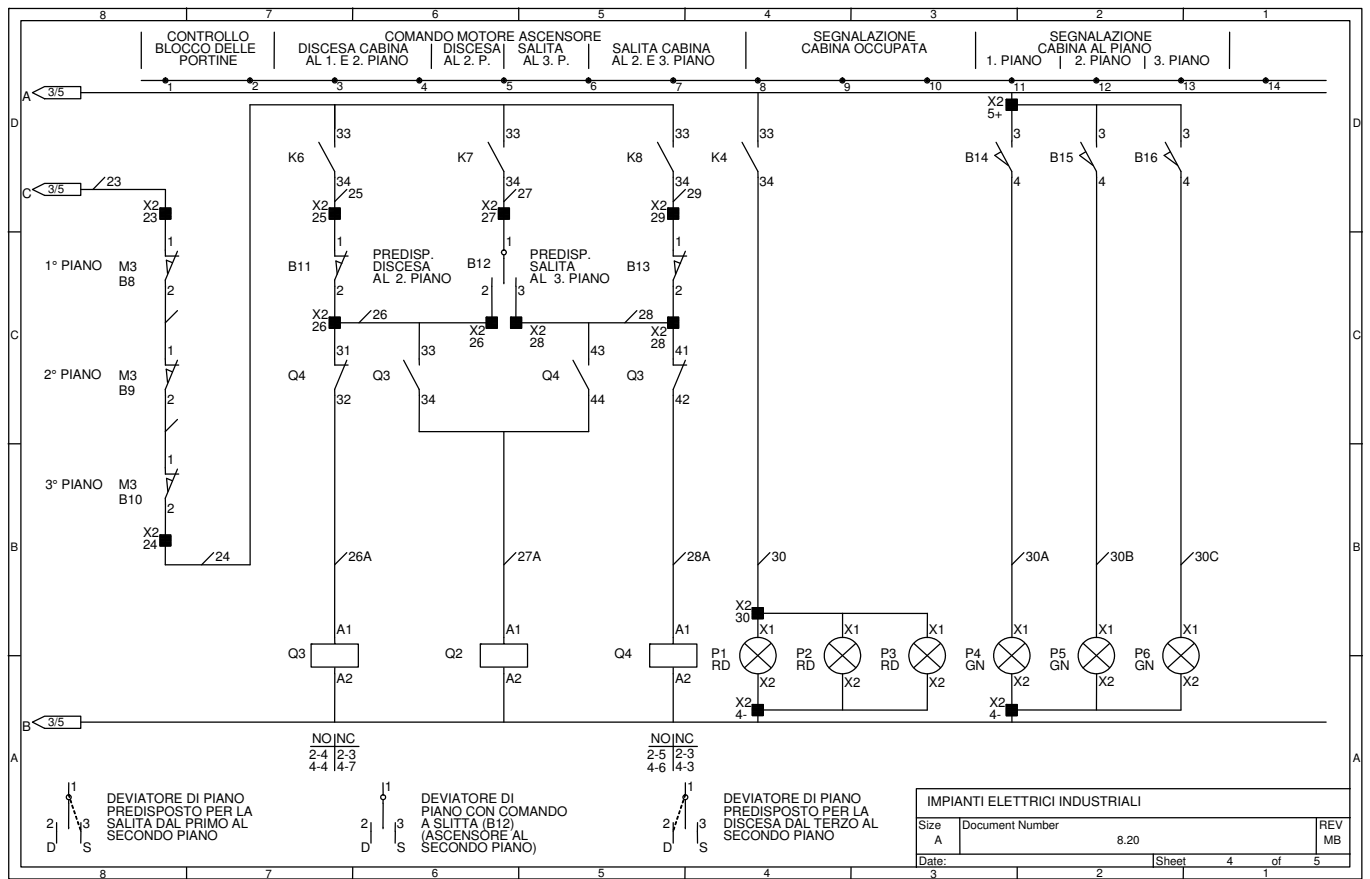
Il motore M1 inizia così la discesa: si chiude innanzi tutto il contatto B9, quindi, con l'arrivo al piano di destinazione, si ha l'apertura di B11 con la conseguente diseccitazione del contattore di discesa Q3 e l'arresto del motore, la diseccitazione del relè di piano K6, del temporizzatore K3 e del relè K4, la diseccitazione dell'elettromagnete M2 del freno e, infine, il blocco del motore M1.



S1	SELETTORE A CHIAVE PER IL CONSENSO DEI RELÈ DI PIANO
B1, B2, B3	PULSANTI DI ARRESTO ALL'INTERNO DELLA CABINA
S4, S5, S6, S7	CONTATTI DELLE PORTE DELLA CABINA (CHIUDE A PORTE CHIUSE)
B5, B6	CONTATTI DI BLOCCO DI EXTRACORSA (B5 IN BASSO, B6 IN ALTO)
B7	CONT. DEL DISPOS. PARACADUTE, APRE PER ECCESSIVA VELOCITA' DELLA CABINA
S3, S5, S7	CONTATTI DEL FONDO MOBILE DELLA CABINA
S4, S6, S8	PULSANTI DI DESTINAZIONE DELLA CABINA (PULSANTIERA INTERNA ALLA CABINA)
B8, B9, B10	CONTATTI DI BLOCCO DELLE PORTINE. SI APRONO QUANDO LA CABINA HA RAGGIUNTO IL PIANO DI DEST. A CAUSA DELLA DISECC. DELL'ELETTRIM. DELLA SLITTA RETRATTILE M3
B11, B12, B13	DEVIATORI DI PIANO CON AZIONAMENTO A SLITTA
B14, B15, B16	CONTATTI DELLE SERRATURE POSTI AD OGNI PIANO (SI CHIUDONO A PORTE SBLOCCATE)
S9	PULSANTE DI ALLARME POSTO NELLA CABINA
P1, P2, P3	LAMPADINE DI SEGNALE CABINA OCCUPATA POSTE AI VARI PIANI
P4, P5, P6	LAMPADINE DI SEGNALE CABINA AI VARI PIANI
P7, P8, P9	SUONERIA DI ALLARME POSTE AI VARI PIANI
E1	LAMPADA PER L'ILLUMINAZIONE DELLA CABINA
Q3, Q2	CONTATTORI PER LA DISCESA DELL'ASCENSORE
Q4, Q2	CONTATTORI PER LA SALITA DELL'ASCENSORE
K6, K7, K8	CONTATTORI AUSILIARI DI PIANO
M2	FRENO ELETTRIMAGNETICO DEL MOTORE M1
M3	ELETTRIMAGNETE DELLA SLITTA RETRATTILE







La diseccitazione del relè di piano determina anche la diseccitazione di M3 e, quindi, lo sblocco della serratura della porta del primo piano, che può così aprirsi. Dopo il tempo impostato in K3, si richiude il contatto di K4 al riferimento 3 della seconda tavola, che predispose nuovamente i circuiti di comando per una nuova operazione.

Qualora il piano di partenza fosse stato il terzo, durante il movimento della cabina si sarebbe determinato, al passaggio per il secondo piano, lo spostamento di B12 nella posizione di destra (predisposizione per il comando "salita"). Se il piano di partenza fosse stato, invece, il primo, al passaggio per il secondo piano, lo spostamento di B12 sarebbe stato sulla sinistra (predisposizione per la "discesa"), come per altro è mostrato anche nella tabella riportata nella prima tavola.

8.21 Impianto di apertura e chiusura per un cancello elettrico con fotocellule di sicurezza

L'impianto che segue permette l'apertura e la chiusura di un cancello elettrico scorrevole mediante l'uso di un motore asincrono trifase (M1), comandato da un teleinvertitore, come rappresentato nello schema di potenza presentato nella tavola numero 1, che presenta il disegno di un cancello scorrevole con le seguenti particolarità:

- un selettore a chiave S4 per l'apertura e la chiusura manuale del cancello;
- due fotocellule di sicurezza a sbarramento B1 e B2 (interruttori fotoelettrici a sbarramento) in grado di rilevare la presenza di oggetti o persone sul percorso del cancello. La prima fotocellula è posta in basso ed è in grado di rilevare oggetti non troppo alti, mentre la seconda (opzionale) è posta più in alto ed è in grado di rilevare oggetti più alti non rilevabili da B1 (normalmente è presente un dispositivo di protezione pneumatico sul bordo di chiusura del cancello, che attiva un contatto elettrico qualora vi sia uno schiacciamento da parte di persone o cose durante la fase di chiusura);
- un cancello di tipo scorrevole, in grado di muoversi su una rotaia;
- un lampeggiatore con sirena P4 in grado di segnalare che il cancello è in movimento e, quindi, è un potenziale pericolo per persone e cose;
- il gruppo con il motore M1, dotato di riduttore per muovere la cremagliera fissata al cancello;
- le alette per l'azionamento dei finecorsa B3 e B4, in grado di rilevare rispettivamente quando il cancello è aperto e chiuso.

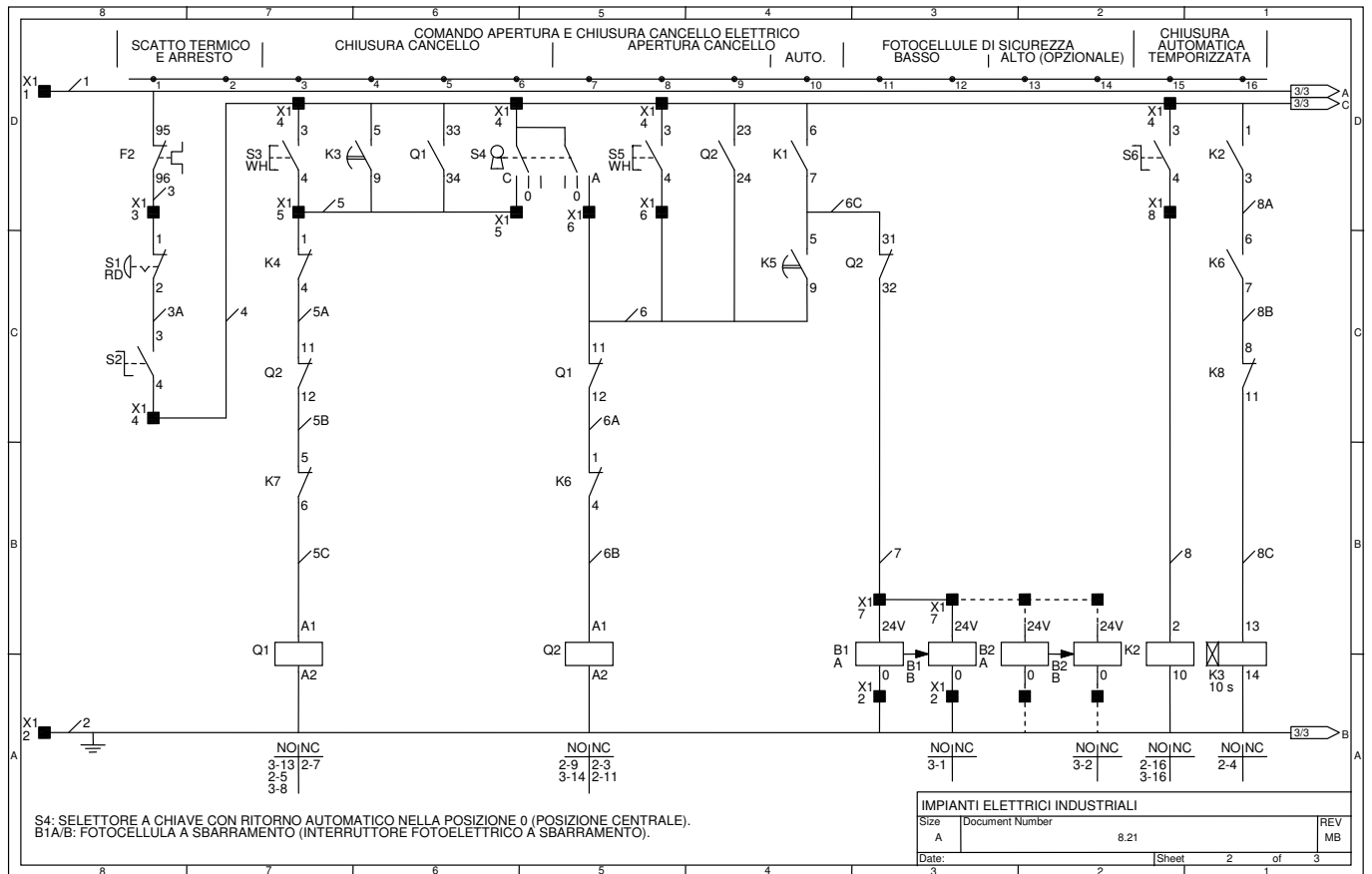
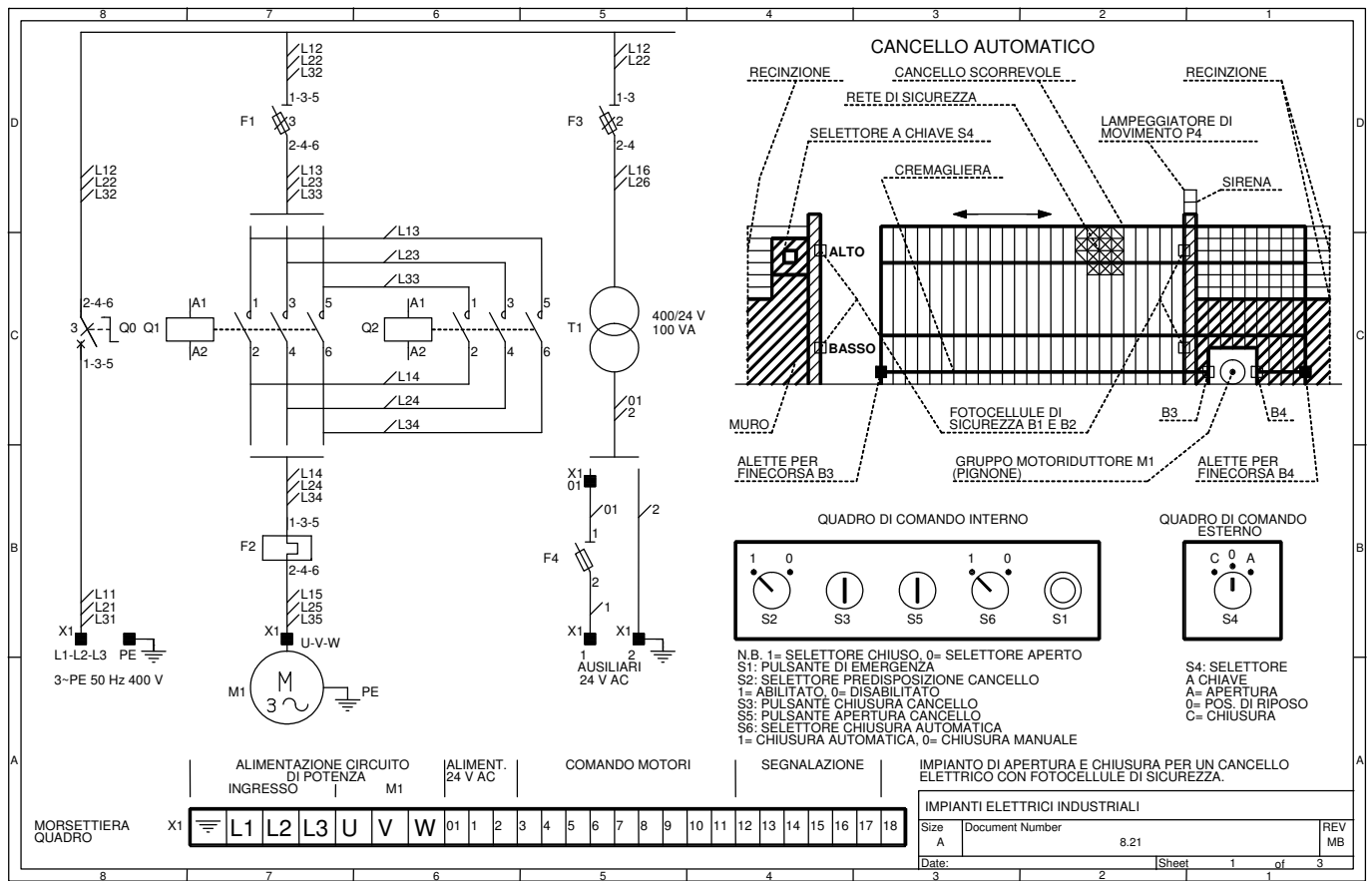
Sempre nella prima tavola è presente il quadro di comando interno, con tutte le apparecchiature di comando previste (per esempio, abitazione del custode) e il pannellino presente all'esterno relativo al selettore a chiave S4.

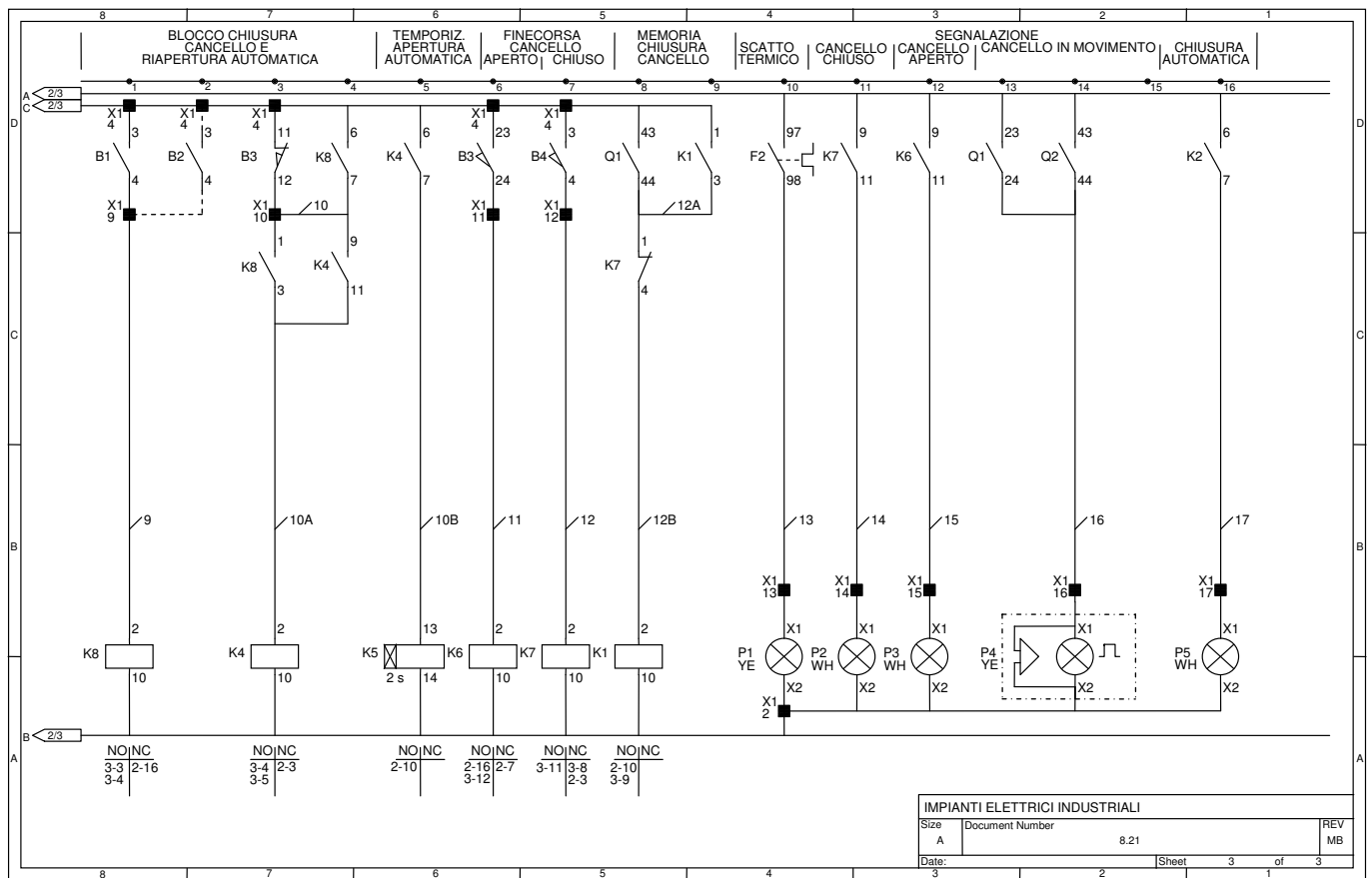
Il circuito funzionale presente nella seconda e terza tavola prevede i seguenti comandi:

- il selettore S2 in grado di abilitare il funzionamento del circuito di comando;
- il pulsante di emergenza con sblocco a rotazione S1, in grado di arrestare il motore M1 e, quindi, il cancello in qualsiasi istante;
- il pulsante S3 per la chiusura manuale del cancello dal posto interno;
- il pulsante S5 per l'apertura manuale del cancello dal posto interno;
- il selettore a chiave S4 a tre posizioni con ritorno automatico nella posizione centrale di riposo, che consente l'apertura e la chiusura manuale del cancello dal posto esterno;
- il selettore S6 in grado di abilitare la chiusura automatica del cancello dopo 10 s dall'apertura.

L'impianto prevede, per la protezione del motore M1 dai sovraccarichi, il relè termico F2, in grado di diseccitare i contattori Q1 e Q2 di comando del motore. Il funzionamento dell'impianto prevede, in pratica, l'uso di un teleinvertitore in grado di comandare il motore M1 nei due sensi di marcia, in modo da aprire e chiudere il cancello. Il comando manuale, come è già stato detto, può essere effettuato mediante i pulsanti S3 e S4, oppure mediante il selettore a chiave S4. I due contattori, come è possibile osservare nello schema della tavola 2, sono fra loro interbloccati mediante contatti elettrici posti in serie alle bobine dei contattori. Chiudendo il selettore S6, è possibile, dopo che il cancello si è aperto, richiuderlo automaticamente dopo un tempo impostato nel temporizzatore K3 pari, per esempio, a 10 s. La situazione di cancello chiuso è individuata dalla chiusura del finecorsa B4, mentre la condizione di apertura è segnalata dal finecorsa B3. Le fotocellule B1 e, eventualmente, B2 consentono l'arresto immediato di sicurezza del cancello, qualora sia presente un oggetto o una persona sul suo percorso. Dopo un tempo impostato nel temporizzatore K5 (per esempio, 2 s), è comandata l'apertura automatica del cancello, che può essere richiuso, se il suo percorso è libero da ostacoli, manualmente con il pulsante S3 o con il selettore a chiave S4 o, infine, automaticamente se il selettore S6 è chiuso.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade di segnalazione: P1 segnala l'intervento del relè termico F2; P2 segnala nel posto interno che il cancello è chiuso; P3 indica viceversa che il cancello è aperto; P4 (segnalazione acustico-luminosa lampeggiante) segnala il cancello è in movimento; P5 segnala l'attivazione della chiusura automatica.





8.22 Quadro di comando per la foratura in serie di blocchi costituiti da sandwich di acciaio, alluminio, acciaio

L'impianto che segue consente di automatizzare un trapano a colonna per la foratura di un sandwich di acciaio, alluminio, acciaio.

Il comando automatico avviene mediante l'uso di finecorsa e di un telecommutatore di polarità, che provvedono ad ottimizzare il procedimento di lavorazione, sia dal punto di vista della velocità di taglio, sia sotto il profilo dei tempi morti.

Il ciclo può essere realizzato in semiautomatico, nel qual caso occorre utilizzare un trapano con avanzamento automatico e ritorno manuale.

Nella prima tavola sono riportati il disegno del trapano, con le indicazioni delle parti più importanti, e una tabella, che indica lo schema di collegamento di un motore a poli commutabili tipo Dahlander con la linea di alimentazione (stesso verso di rotazione) sia per la marcia lenta sia per quella veloce.

Lo schema di potenza presente nella seconda tavola prevede il circuito di alimentazione per il motore principale M1 del trapano, nonché l'elettropompa M2 per il fluido refrigerante necessario durante la lavorazione per raffreddare l'utensile.

È bene notare il particolare collegamento dei contattori Q1, Q2, Q3, necessario per i motori tipo Dahlander, per ottenere le due velocità richieste dall'impianto; l'eccitazione di Q2 consente di attivare la marcia lenta, mentre Q1 e Q3 la marcia veloce.

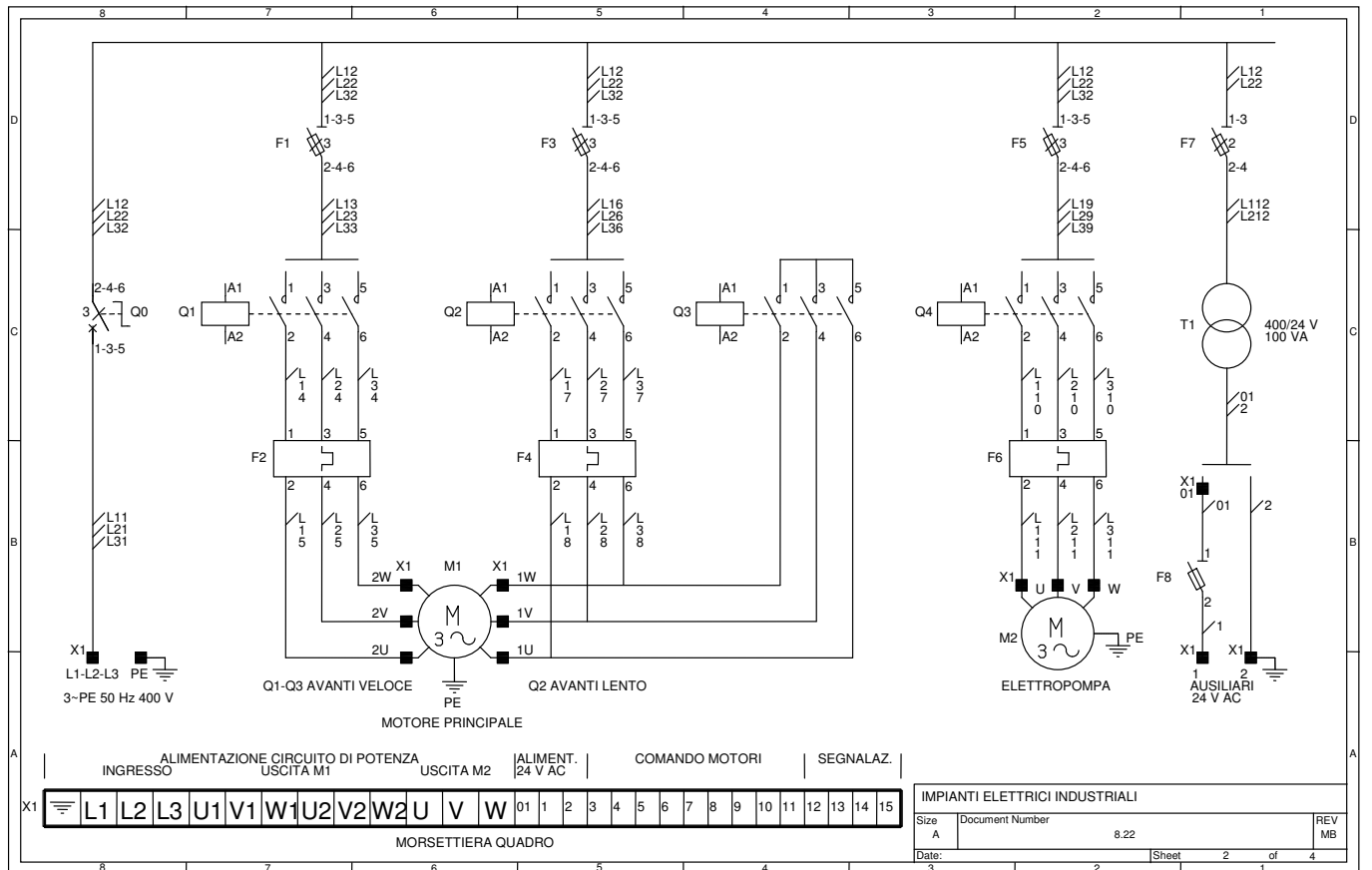
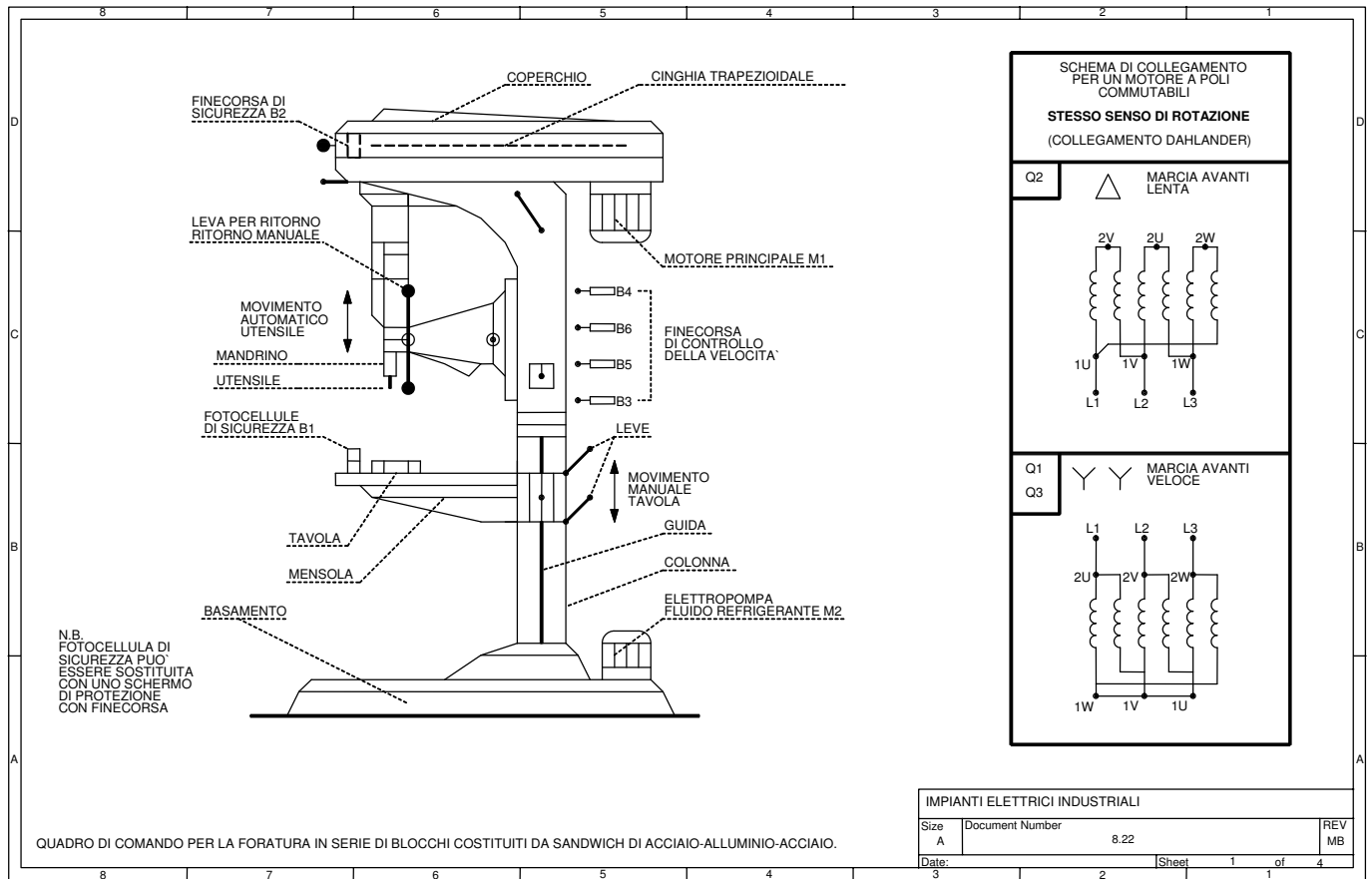
Lo schema funzionale delle tavole 3 e 4 è relativo al circuito di comando dei motori M1 e M2; in particolare, nella tavola 4, trova posto anche il diagramma di lavoro che rappresenta graficamente il ciclo di lavorazione.

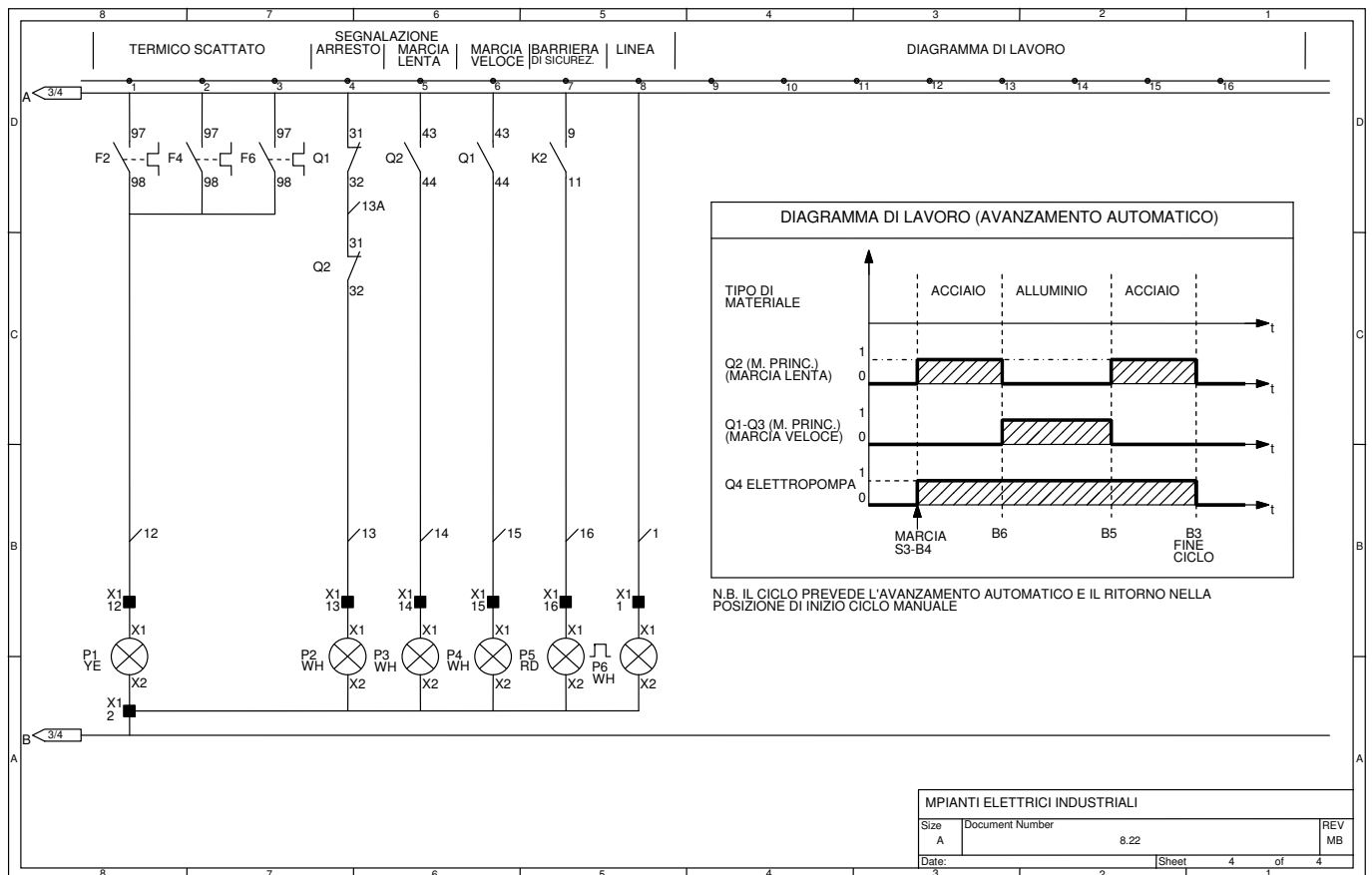
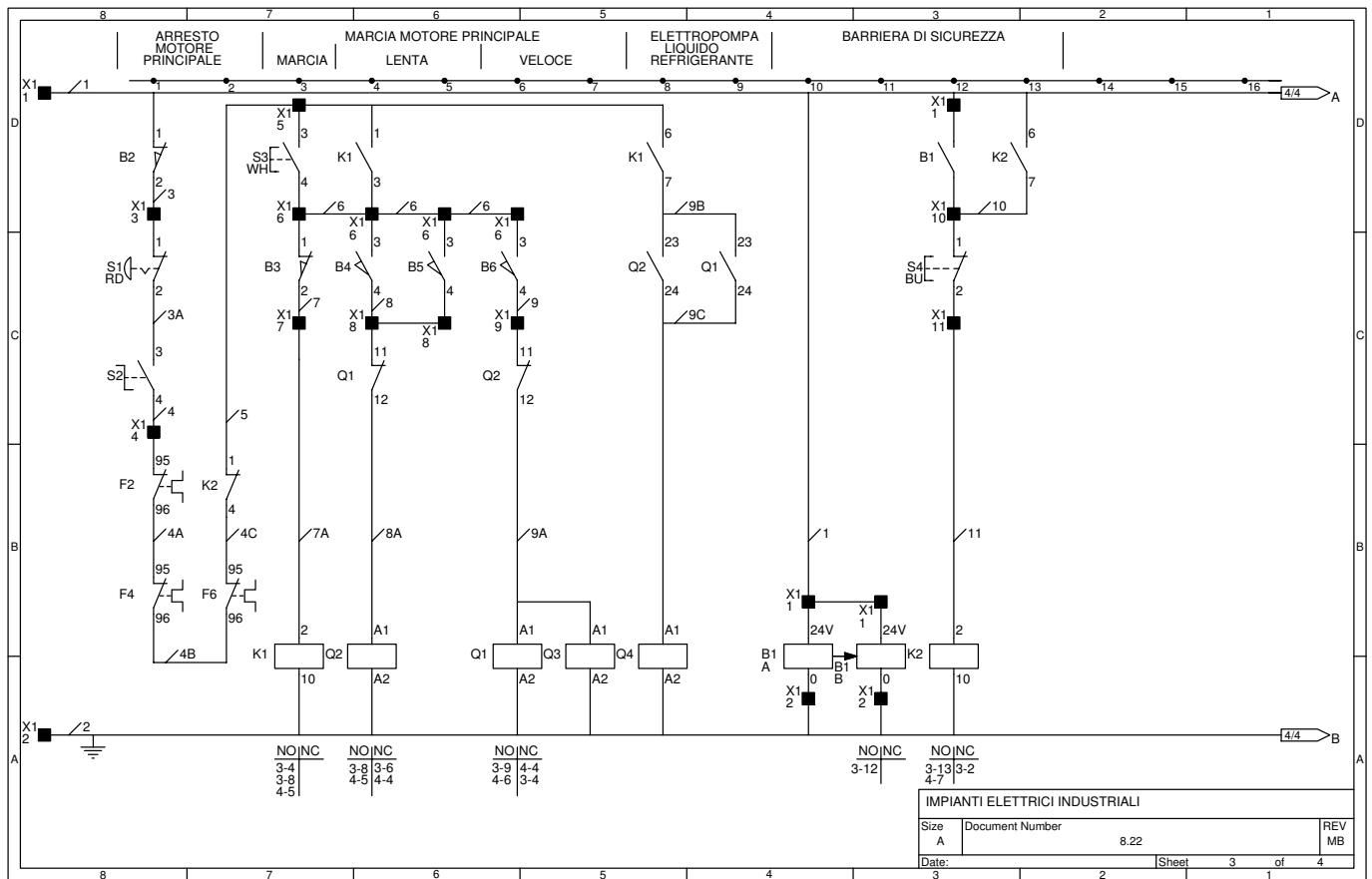
Il circuito di comando è in grado di funzionare solo se il finecorsa di sicurezza B2 non è azionato, cioè con il coperchio che chiude le pulegge e la cinghia che trasmette il moto dal motore M1 all'utensile.

Per avviare il ciclo, è necessario chiudere il selettore S2 e premere il pulsante S3 di marcia.

A questo punto, parte il motore M1 (marcia lenta) e, contemporaneamente, si attiva anche l'elettropompa M2; azionando la leva di abbassamento del mandrino, l'utensile potrà iniziare la foratura.

La marcia dell'utensile, mediante un'apposita camme, attiva in sequenza gli interruttori di posizione B6 e B5, fino ad arrivare al finecorsa B3, che arresta il ciclo.





Come si può osservare dal diagramma di lavoro, l'azionamento degli interruttori di posizione determina l'attivazione dei contattori necessari per la marcia del motore M1. In particolare, il finecorsa B4 determina, attivando il contattore Q2, la velocità iniziale lenta, necessaria per la lavorazione dell'acciaio; B6 attiva Q1 e Q3 per la marcia veloce necessaria per forare l'alluminio; B5 attiva, invece, Q2, che riporterà la marcia lenta per forare l'acciaio; il finecorsa B3 arresterà, infine, automaticamente il ciclo.

A questo punto è necessario riportare manualmente il trapano nella posizione di riposo.

Se il trapano fosse dotato di un meccanismo di avanzamento automatico, si potrebbe ottenere un ciclo semiautomatico con solo il ritorno manuale. Qualora il trapano fosse dotato, invece, anche di ritorno automatico, il ciclo sarebbe automatico. In entrambi i casi, è comunque necessario caricare manualmente il sandwich per una successiva lavorazione.

L'arresto manuale dei motori M1 e M2 può avvenire in qualsiasi istante, premendo il pulsante di arresto di emergenza S1, oppure automaticamente, se interviene anche uno solo dei relè termici F2 e F4, posti a protezione di M1. Se interviene il relè termico F6, si arresta, invece, solo l'elettropompa M2.

L'automatismo è dotato, inoltre, di una fotocellula di sicurezza B1, in grado di arrestare l'impianto qualora un corpo estraneo entri nel suo raggio di azione.

Se questo dovesse accadere, dopo averlo eliminato, per poter riavviare un nuovo ciclo, sarebbe necessario agire sul pulsante di ripristino S4, prima di premere il pulsante di marcia S3.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 indica l'intervento anche di un solo relè termico; P2 segnala l'arresto del motore principale M1; P3 segnala la marcia lenta del motore M1; P4 segnala la marcia veloce del motore M1; P5 indica l'intervento della barriera di sicurezza; P6 indica la presenza dell'alimentazione ai circuiti ausiliari.

8.23 Telecomando di una gru a torre o a ponte

Nelle seguenti tavole sono mostrati i circuiti di potenza e di comando per una gru a torre o a ponte.

Osservando il circuito di potenza, si può vedere che il complesso è costituito da quattro motori asincroni trifase:

- motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo autofrenante M1, con possibilità di inversione del senso di rotazione per lo spostamento del carrello vicino-lontano nel caso della gru a torre e nel caso della gru a ponte, utilizzato per il moto di traslazione del ponte;
- motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo autofrenante M2, con possibilità di inversione del senso di rotazione per la torre (sinistra-destra) oppure per la traslazione del carrello nella gru a ponte;
- motore asincrono a rotore avvolto M3, con possibilità di inversione del senso di marcia e resistenze di avviamento per la movimentazione del paranco (carico) in salita e in discesa in entrambi i tipi di gru;
- nel caso di gru a torre, si può trovare anche un motore asincrono trifase a gabbia di scoiattolo M4, con la possibilità di invertire il senso di rotazione e di traslare la gru a torre (avanti-indietro).

Ogni motore asincrono a gabbia richiede due contattori per realizzare l'inversione del senso di rotazione. Inoltre, il motore ad anelli richiede dei contattori per l'esclusione delle resistenze rotoriche R1A, R2A ed R3A, che possono essere anche in numero diverso da quello indicato nello schema di potenza secondo le necessità.

Ogni motore è protetto contro i sovraccarichi da un relè termico e dai cortocircuiti da una terna di fusibili.

Gli elettromagneti M5, M6 ed M7, rispettivamente per i motori M1, M2 ed M3, consentono, quando il motore è alimentato, di sbloccare automaticamente il rotore; viceversa, al mancare dell'alimentazione, bloccano i motori nella posizione che hanno raggiunto.

Di particolare importanza è il motore autofrenante per il sollevamento del paranco, in quanto, al mancare dell'alimentazione, l'assenza del freno potrebbe causare seri pericoli per le merci sollevate e, in particolare, per il personale addetto.

Il circuito di potenza prevede un interruttore generale a chiave Q0 in grado di alimentare anche i circuiti ausiliari.

La chiusura del selettore a chiave S0 e l'azionamento del pulsante di predisposizione S3 nel circuito ausiliario della terza tavola permettono di dare il consenso generale al circuito di comando, nonché di abilitare l'alimentazione del circuito di potenza mediante il contattore Q1.

Per togliere la predisposizione, si può premere il pulsante S2 di arresto, oppure il pulsante di emergenza S1, ottenendo come risultato l'arresto di ogni movimento.

Il comando dei vari movimenti della gru è effettuato da terra mediante una pulsantiera sospesa comandata dall'operatore.

Per quanto riguarda la salita e la discesa del paranco, i vari comandi sono in sequenza, regolati dai vari temporizzatori (K3, K4 e K5) indicati nello schema funzionale presentato nella quarta tavola.

A differenza degli schemi visti sino ad ora si può notare che, nello schema funzionale, i comandi di ciascun motore sono privi dei contatti di autoritenuta.

Di conseguenza, l'operatore, per dare i vari comandi, deve tenere premuto il pulsante corrispondente per tutto il tempo necessario a completare il movimento.

Per esempio, se si vuole sollevare il paranco, è necessario premere il pulsante S9, alimentando la bobina di Q6 di salita. Contemporaneamente, il motore M3 si sblocca (è alimentato l'elettromagnete di sblocco freno M7) e si avvia ruotando, con tutte le resistenze rotoriche inserite.

Solo se il pulsante S9 rimane premuto, i contattori di rotore cortocircuiteranno gradualmente le resistenze rotoriche sotto il controllo dei temporizzatori.

Per arrestare la salita del paranco, è sufficiente rilasciare il pulsante S9 e, immediatamente, il motore si arresta (aiutato in questo anche dall'attivazione del freno M7).

In modo analogo funzionano anche gli altri comandi.

In particolare, i pulsanti S5 e S4 consentono di comandare il motore M1 per spostare il carrello vicino e lontano; S7 e S6 consentono di comandare il motore M2 per la rotazione della torre o, nel caso della gru a ponte, la traslazione del carrello; S11 e S10 consentono, nel caso si tratti di una gru a torre, di traslare l'intera gru avanti o indietro mediante il motore M4; S9 e S8, infine, consentono di avviare il motore M3, in modo da poter far salire o scendere il paranco e, quindi, il carico.

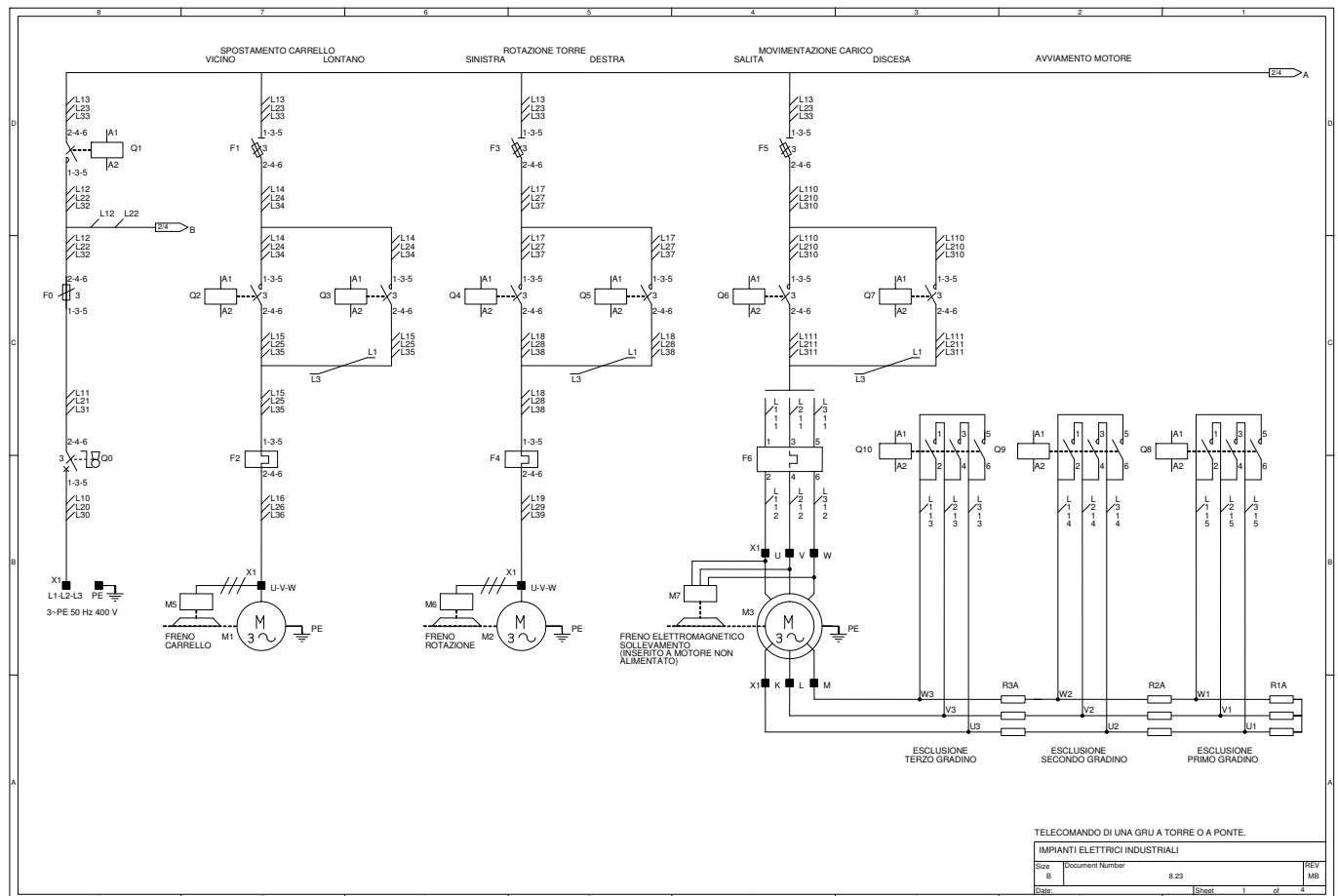
I movimenti sia della gru a torre sia di quella a ponte sono controllati mediante dei finecorsa (si veda la tabella presente nella seconda tavola), che permettono di arrestare i motori prima che questi possano superare i limiti (per esempio, meccanici) imposti nelle due macchine.

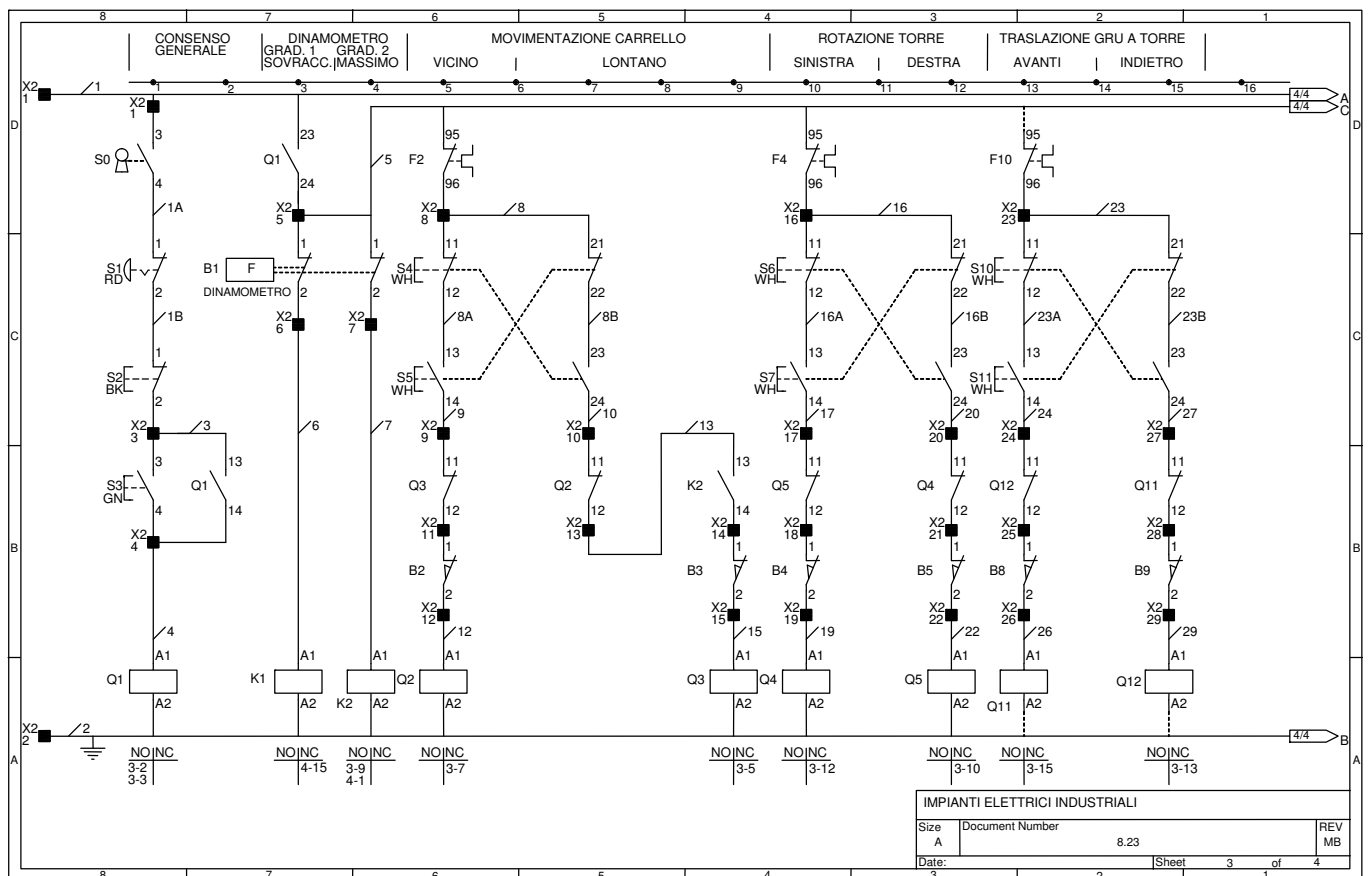
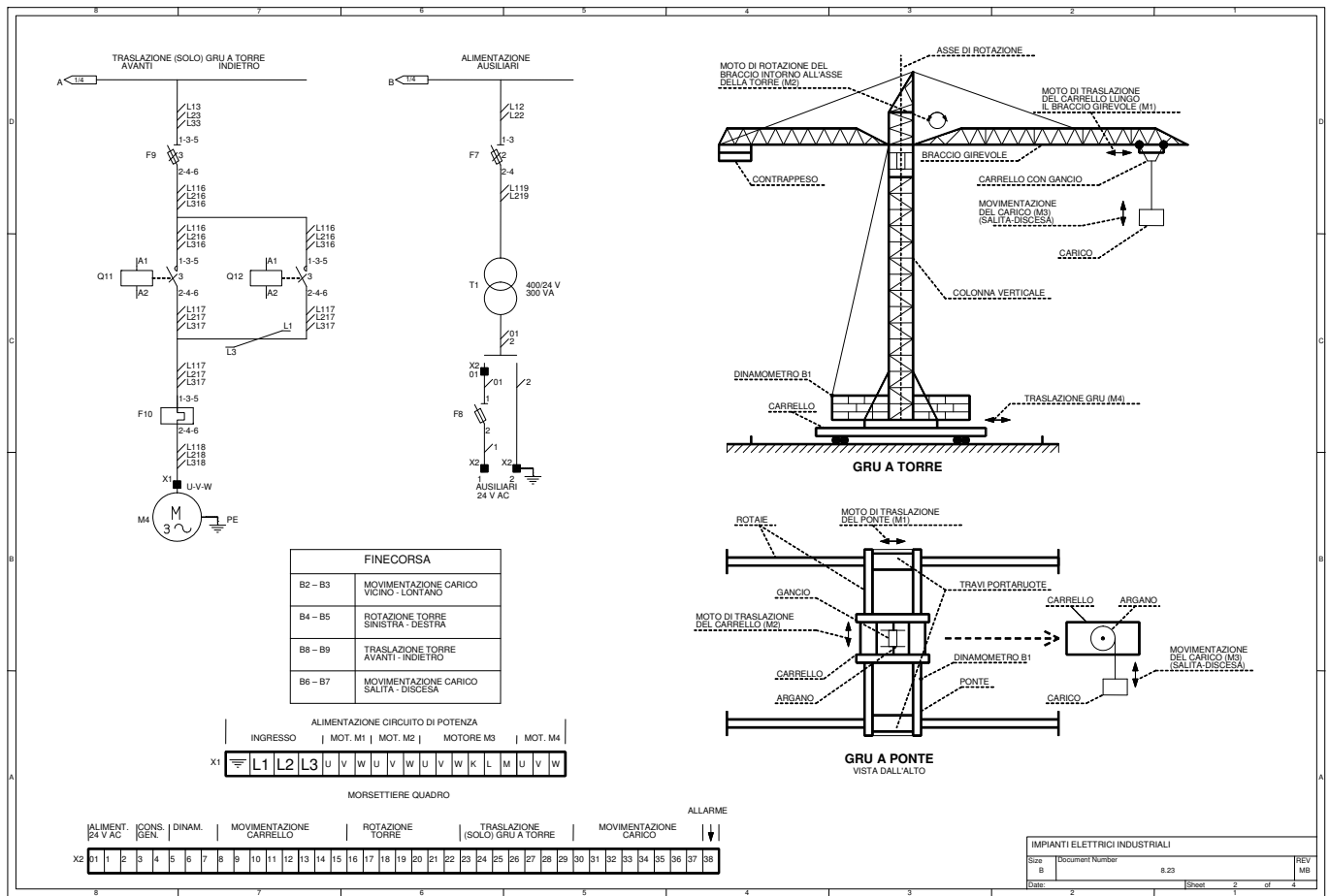
Nello schema funzionale, presente nella terza tavola al riferimento 3, è possibile trovare un dinamometro B1, che consente di attivare un allarme acustico P1 nel caso il carico sia eccessivo.

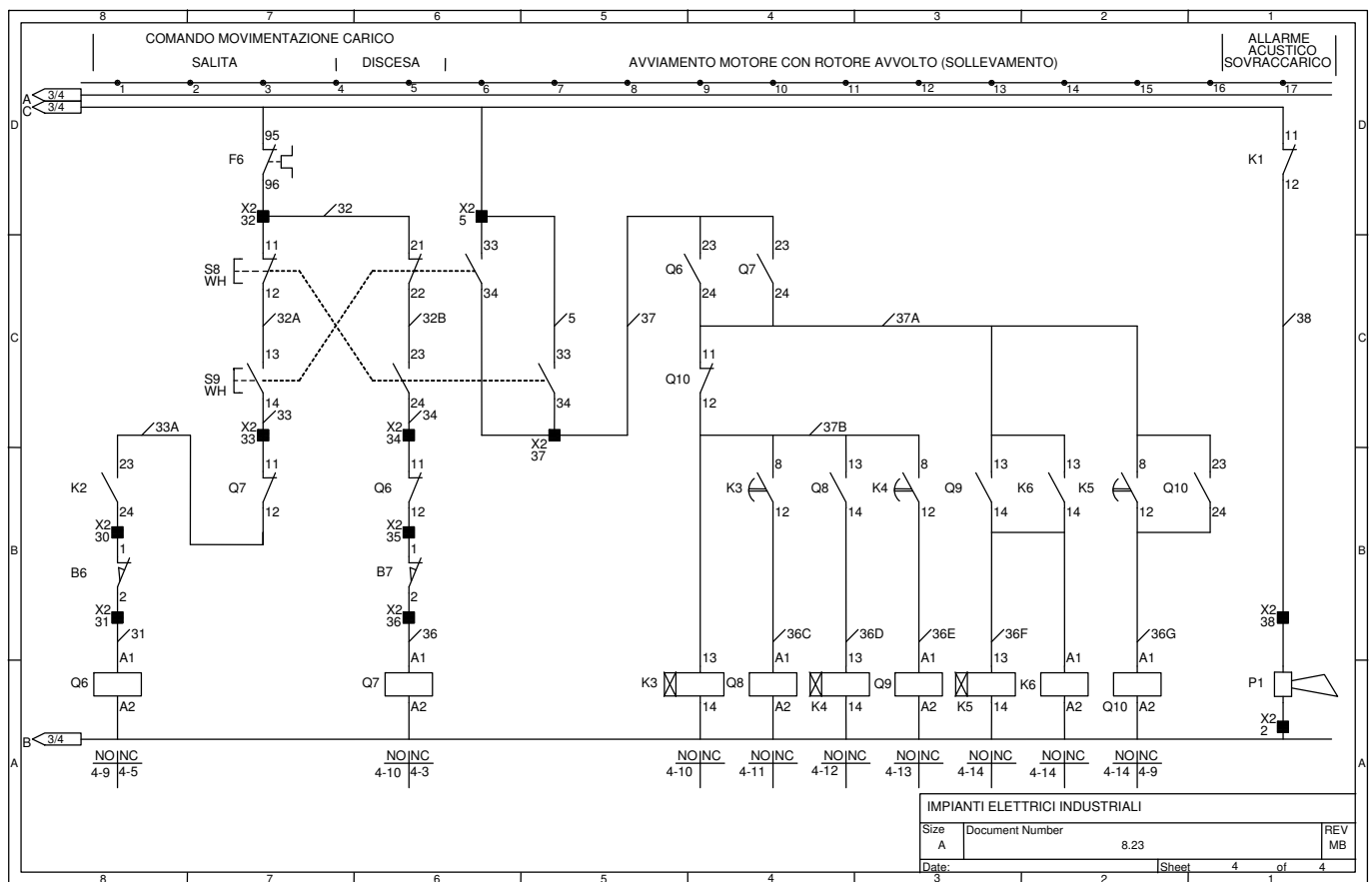
Qualora, nonostante il segnale acustico, l'operatore prosegua nella manovra, un secondo contatto provvede a disattivare il motore M3 che solleva il carico.

È interessante notare che il dinamometro interviene disattivando il motore M1 mentre porta lontano dalla torre il carico; inoltre, disattiva M3 quando esso è comandato per effettuare la salita del carico.

Il circuito per l'avviamento del motore asincrono trifase con rotore avvolto M3 riprende lo schema visto precedentemente, al quale si rimanda per ulteriori dettagli.







8.24 Stazione di pompaggio

L'impianto è costituito da un serbatoio 1 (monte) contenente acqua che deve essere pompata nel serbatoio 2 (valle) mediante due pompe P1 e P2.

Ciascuna pompa è azionata da un motore trifase (rispettivamente M1 e M2), come rappresentato nello schema di potenza della tavola numero 1; un serbatoio anti colpo di ariete, con relativo compressore C mosso dal motore asincrono trifase M3, completa l'impianto.

Nella tavola numero 2 è mostrato il diagramma di lavoro che rappresenta graficamente le fasi operative in cui si può trovare l'impianto, facendo l'ipotesi che la portata nella tubazione di riempimento del serbatoio 1 sia inferiore alla portata registrata nella tubazione di scarico.

L'operatore dispone dei seguenti comandi: un sezionatore generale Q0; un pulsante di consenso e di predisposizione avvio impianto S3; un pulsante di arresto generale S2 e uno di emergenza S1; un commutatore per scegliere il comando manuale (fase di manutenzione, i pressostati che controllano il livello non sono attivi) o automatico (fase di normale funzionamento) delle pompe S4; quattro pulsanti per il comando manuale delle pompe usati solamente per le operazioni di manutenzione elettrica e meccanica (S5 arresto pompa 1, S6 marcia pompa 1, S8 arresto pompa 2, S9 marcia pompa 2); un commutatore S7 per la permutazione delle pompe 1 e 2; un pulsante di tacitazione tromba S10 per intervento termico o superamento livello massimo superato; una valvola manuale A per il prelievo dell'acqua dal serbatoio 2 (a valle).

L'impianto prevede, inoltre, le seguenti segnalazioni: P1 segnala che l'impianto è alimentato; P4 segnala la mancanza di acqua nel serbatoio 1; P2 e P3 segnalano l'inserimento, rispettivamente, delle pompe 1 e 2; P5 segnala il funzionamento del compressore; P8 luminosa e P9 sonora segnalano che il relè termico è scattato; P6 luminosa e P9 sonora avvisano del superamento del livello massimo; P7 segnala che le condizioni di inizio ciclo sono state verificate.

Nell'impianto si possono individuare le seguenti apparecchiature di comando e controllo (pressostati e temporizzatori).

Il pressostato B2 controlla il livello del serbatoio 1, il cui contatto si chiude con l'alta pressione alla soglia superiore regolabile (livello acqua alto ovvero presenza acqua nel serbatoio 1) e si apre con la bassa pressione alla soglia inferiore (livello basso).

È bene sottolineare che la presenza dell'acqua nel serbatoio 1 di prelievo (a monte) è condizione per il regolare funzionamento dell'impianto.

Il funzionamento di B2 e di tutti i pressostati utilizzati nell'impianto è descritto nella tavola numero 2.

Il temporizzatore K4 ostacola l'arresto delle pompe che provocano, durante il loro funzionamento, delle turbolenze nel serbatoio di prelievo, causando l'intervento intempestivo del pressostato di minimo livello B2.

I pressostati B3 e B4 sono regolati (soglia superiore regolabile) a valori di pressione differente; ciascuno di essi controlla un livello nel serbatoio 2.

Nella loro gamma di regolazione il loro contatto si chiude in bassa pressione, ovvero alla soglia inferiore (livello basso), e si apre in alta pressione, ovvero alla soglia superiore regolabile (livello alto).

Se il contatto di B3 è chiuso quando quello di B4 è aperto, una sola pompa si avvia.

Se i contatti dei pressostati B3 e B4 sono chiusi, le due pompe funzionano contemporaneamente.

Quando la pressione misurata da B4 raggiunge la soglia superiore regolabile (alta pressione), il suo contatto provoca l'arresto di una pompa.

Se l'impianto è avviato quando il livello nel serbatoio è basso e le due pompe devono funzionare simultaneamente, il temporizzatore K6 ritarda l'avviamento della seconda pompa (avviamento in cascata).

Il pressostato B5 controlla, invece, la pressione dell'aria nel serbatoio anti colpo di ariete. Il compressore (motore M3) è attivato automaticamente all'avvio dell'impianto (pulsante S3) e blocca il funzionamento delle pompe quando è in servizio. La sua attivazione/disattivazione avviene in modo automatico mediante il pressostato B5. Un interruttore di prossimità capacitivo B6 verifica la presenza di acqua nel serbatoio anti colpo di ariete e non permette l'avvio del motore M3 del compressore in assenza di acqua (es. nel caso ci siano perdite di acqua oppure una rottura nelle tubazioni).

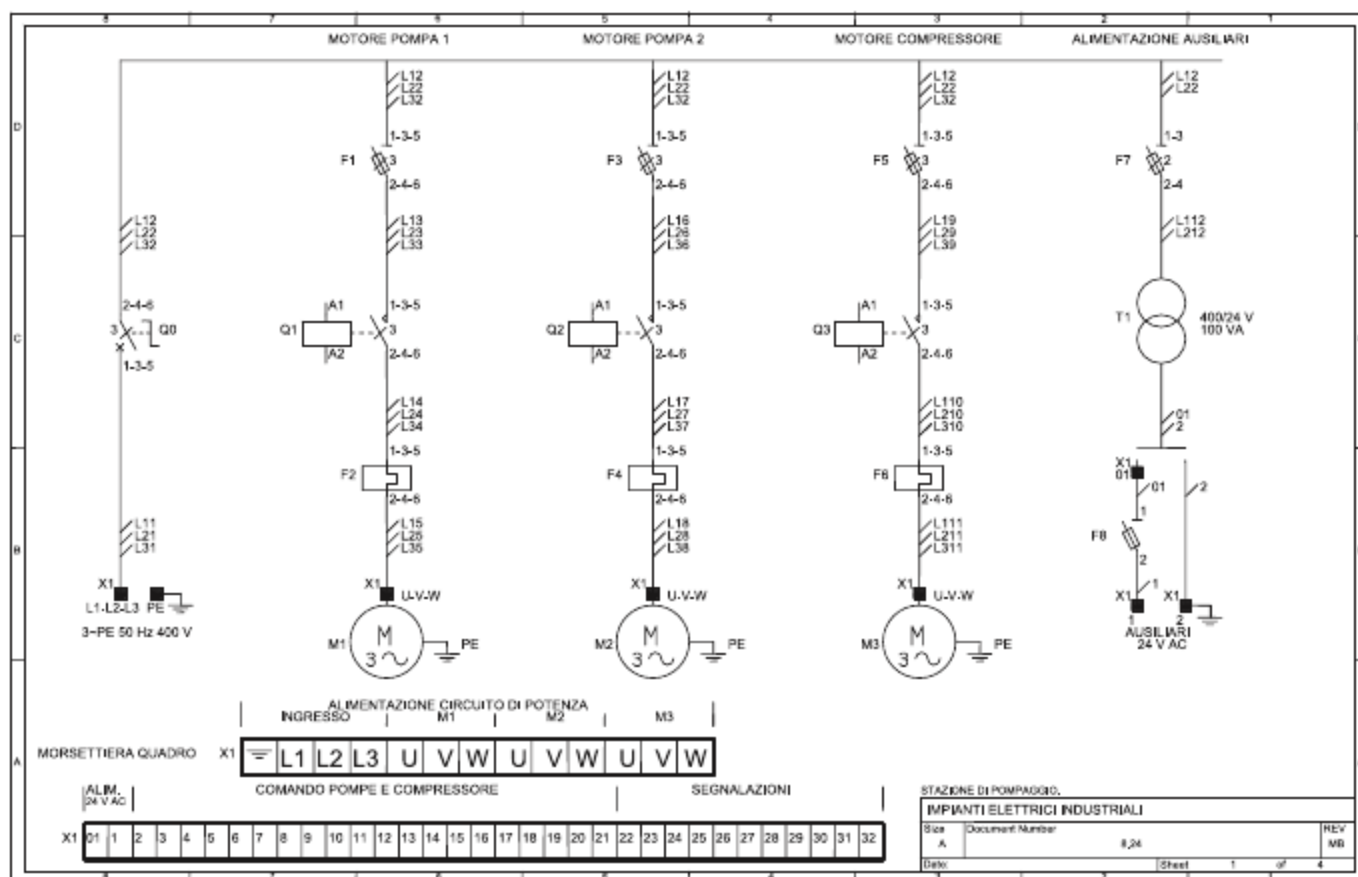
La presenza di un pressostato di sicurezza B1 garantisce, inoltre, l'arresto delle pompe, in modalità sia manuale sia automatica, qualora, per un guasto all'impianto, fosse superato il livello massimo nel serbatoio 2.

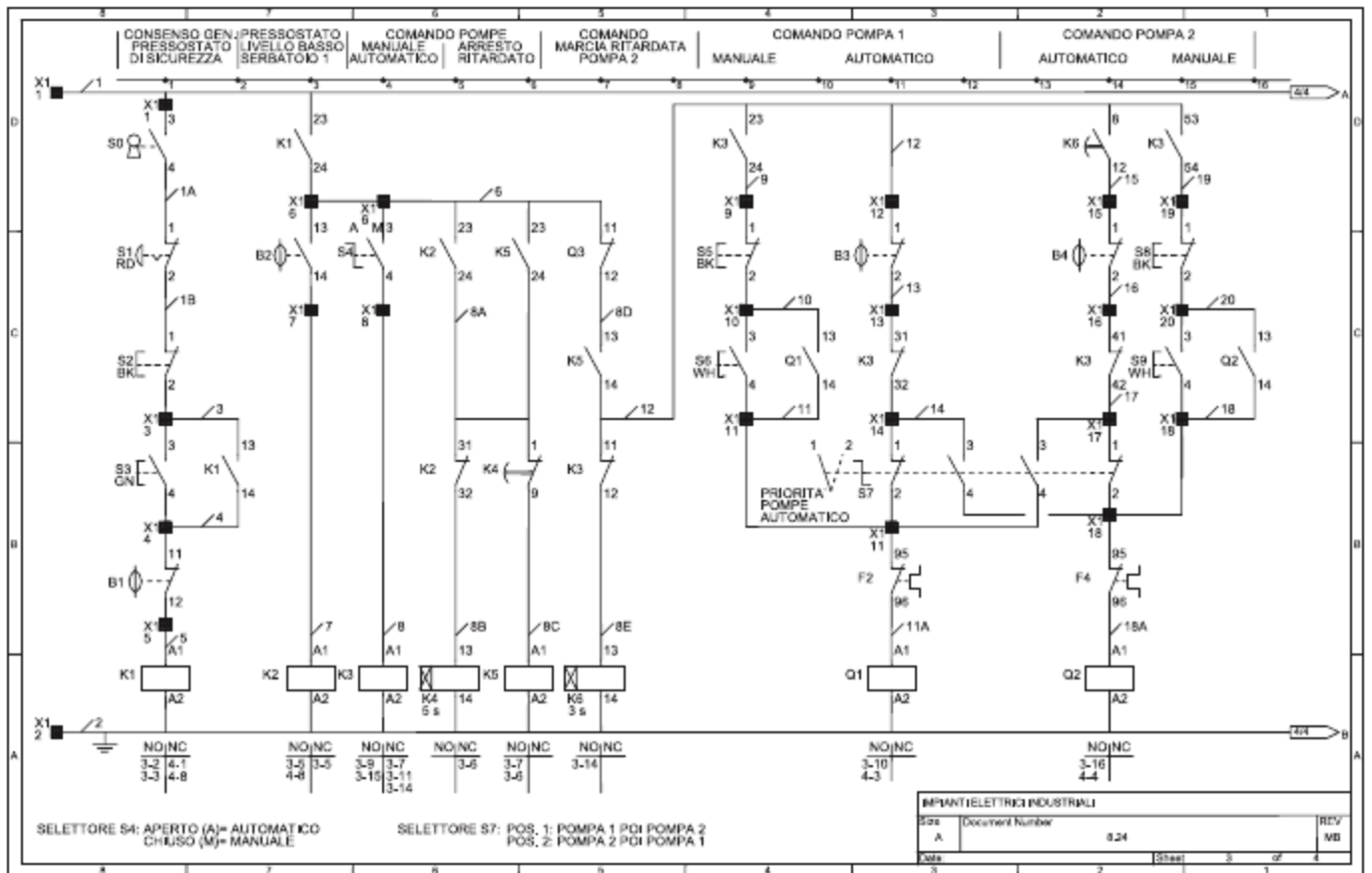
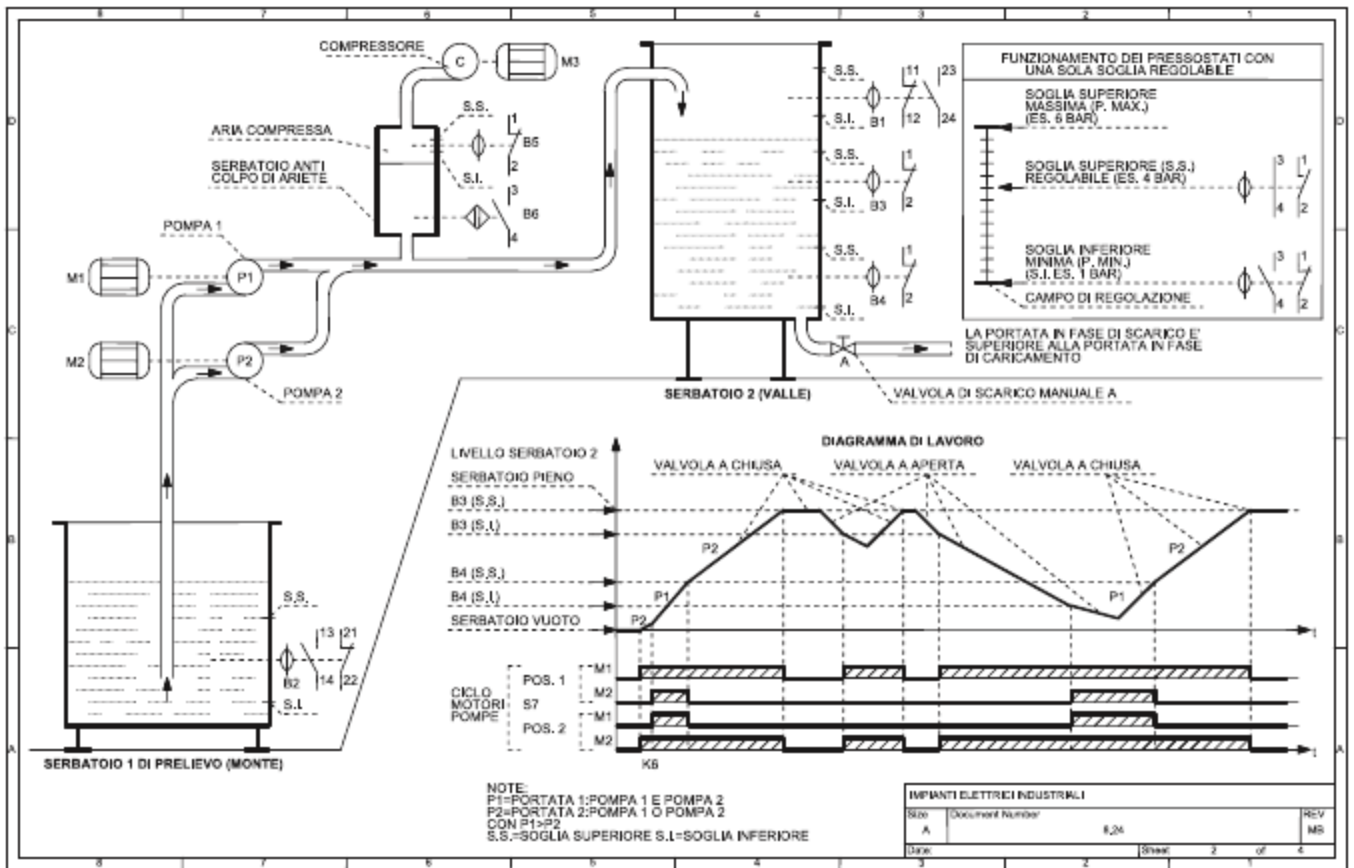
È il commutatore S7 usato per dare la priorità alla pompa 1 o alla pompa 2, al fine di ripartire i tempi di funzionamento e garantire un'usura uniforme alle pompe.

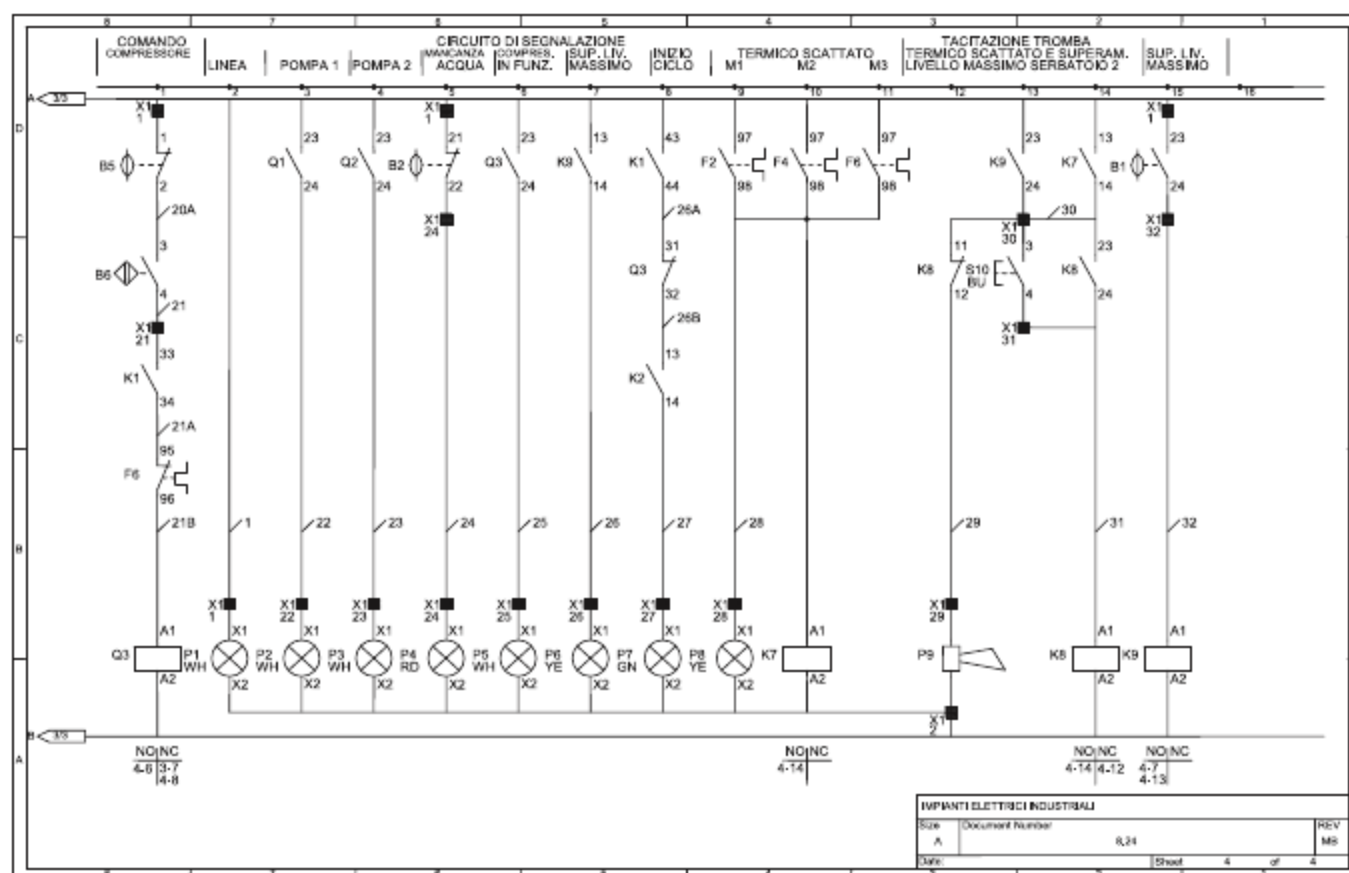
In effetti, di solito, il livello nel serbatoio non è al punto più basso e, di conseguenza, il pressostato B3 comanda l'avvio della pompa prescelta.

Se non ci fosse la possibilità di permutazione, la stessa pompa sarebbe troppo spesso in funzione.

Modificando l'impianto, i pressostati che controllano i livelli di acqua nei serbatoi, possono essere sostituiti da sensori di livello (per esempio, capacitivi, ultrasonici).







8.25 Automatismo per un impianto di sollevamento acque irrigue, con funzionamento programmato da orologio e secondo la richiesta dell'utente (nel CD-ROM allegato)

8.26 Avanzamento automatico per macchina utensile (nel CD-ROM allegato)

8.27 Impianto per l'azionamento di una macchina utensile per lavorazioni in serie di foratura e di fresatura con trasferimento lineare a scatto del pezzo (nel CD-ROM allegato)

8.28 Impianto per il comando di una macchina essiccatrice

Il seguente impianto permette il comando di una macchina in grado di essiccare dei pezzi provenienti da un magazzino. La prima tavola mostra lo schema elettrico di potenza, il circuito elettropneumatico, il diagramma di lavoro della macchina, il disegno della macchina nelle sue caratteristiche essenziali. Lo schema relativo ai collegamenti del termoregolatore e della morsettiera del quadro elettrico completa la tavola.

Il circuito di potenza prevede tre motori M1, M2 ed M3, comandati mediante un avviamento diretto e un gruppo di elementi riscaldanti E1, alimentati con un'inserzione prima a stella (preriscaldamento) e poi a triangolo (riscaldamento).

A questo proposito, è bene sottolineare che l'alimentazione degli elementi riscaldanti avviene in modo analogo a quanto succede in un avviamento stella-triangolo per un motore asincrono trifase.

Si noti, in questo caso, l'assenza del relè termico, che non è necessario in quanto il carico è puramente resistivo.

Il circuito elettropneumatico prevede due cilindri a doppio effetto, comandati da due elettrovalvole 1V1 e 2V1 del tipo 5/2 monostabili con riposizionamento a molla, comandate rispettivamente dagli elettromagneti M4 e M5.

L'alimentazione delle bobine delle elettrovalvole, in pratica, determina la corsa positiva del rispettivo cilindro. Togliendo l'alimentazione, l'elettrovalvola si riposiziona, invece, nella condizione di riposo, determinando, di conseguenza, la corsa negativa del cilindro, che ritorna anch'esso nella posizione di riposo. I cilindri pneumatici sono utilizzati per il comando del portello di ingresso (cilindro 1A) e del portello di uscita (cilindro 2A).

Il circuito ausiliario prevede i seguenti comandi: il selettore S1 per l'alimentazione dei circuiti ausiliari; il pulsante di emergenza S2, che può arrestare l'impianto in qualsiasi istante; il pulsante S3 di arresto a fine ciclo (si veda il diagramma di lavoro); il pulsante S4 di inizio ciclo; il pulsante S5 di tacitazione tromba nel caso intervenga almeno uno dei relè termici posti a protezione dei motori; il pulsante S6 per la disattivazione dell'arresto a fine ciclo.

Il funzionamento dell'impianto è regolato dalla presenza delle fotocellule (interruttori fotoelettrici) B1, B2, B3 e B4 che possono essere del tipo a riflessione con catarifrangente oppure, come mostrato nello schema elettrico, del tipo a sbarramento.

Esse consentono di rilevare la presenza del pezzo sul nastro trasportatore alimentatore (B1), all'ingresso del forno (B2), all'interno del forno (B3) e sullo scivolo che porta il pezzo essiccato in un contenitore (B4).

Un'altra apparecchiatura che caratterizza questo impianto è il termoregolatore B5: esso permette di mantenere nel forno la temperatura necessaria per il processo di essiccazione, in quanto rileva, mediante un sensore (termoresistenza Pt100), la temperatura del forno, attivando e disattivando automaticamente le resistenze a seconda delle necessità e abilitando, inoltre, il comando della ventola.

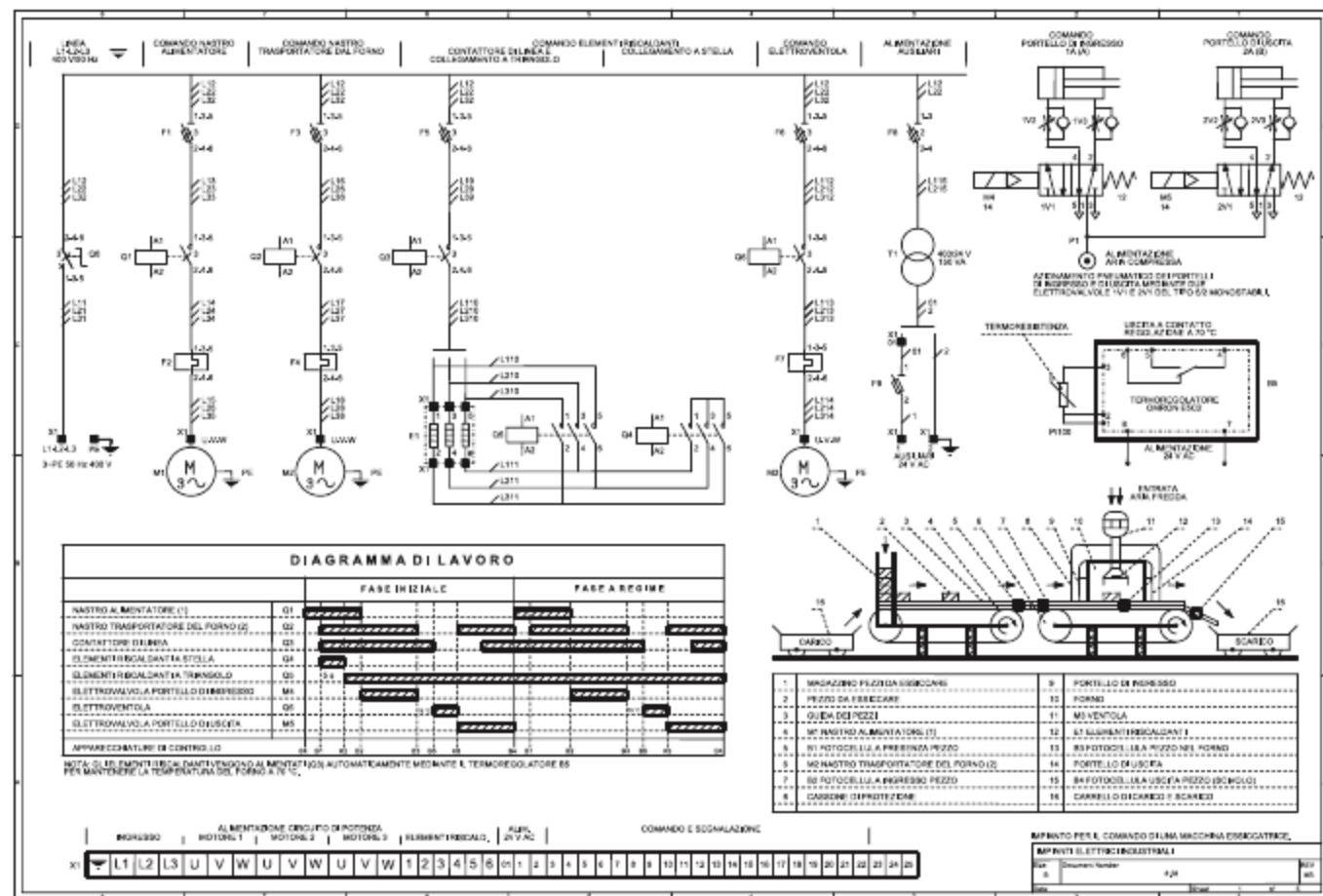
Il funzionamento dell'impianto prevede **una fase iniziale e una fase a regime**. Quest'ultima si distingue dalla prima semplicemente per il fatto che le resistenze sono collegate permanentemente a triangolo (si veda il diagramma di lavoro). Nella fase iniziale, dopo aver premuto il pulsante di inizio ciclo S4, è posto in marcia il motore M1 che aziona il nastro trasportatore alimentatore (1), il quale trasporta un pezzo dal magazzino fino al raggiungimento della fotocellula B1, che attiva il motore M2 del nastro trasportatore dal forno (2).

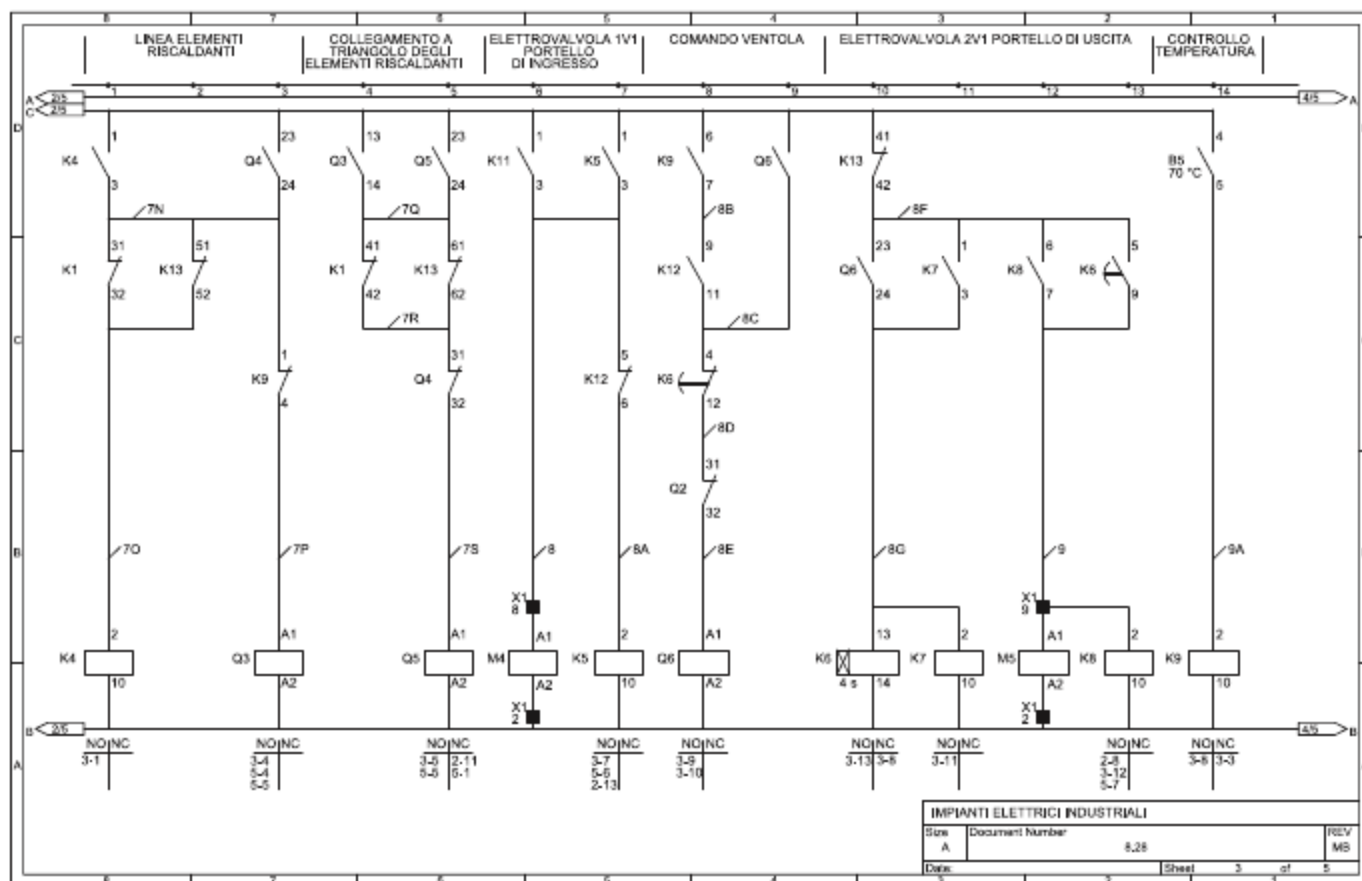
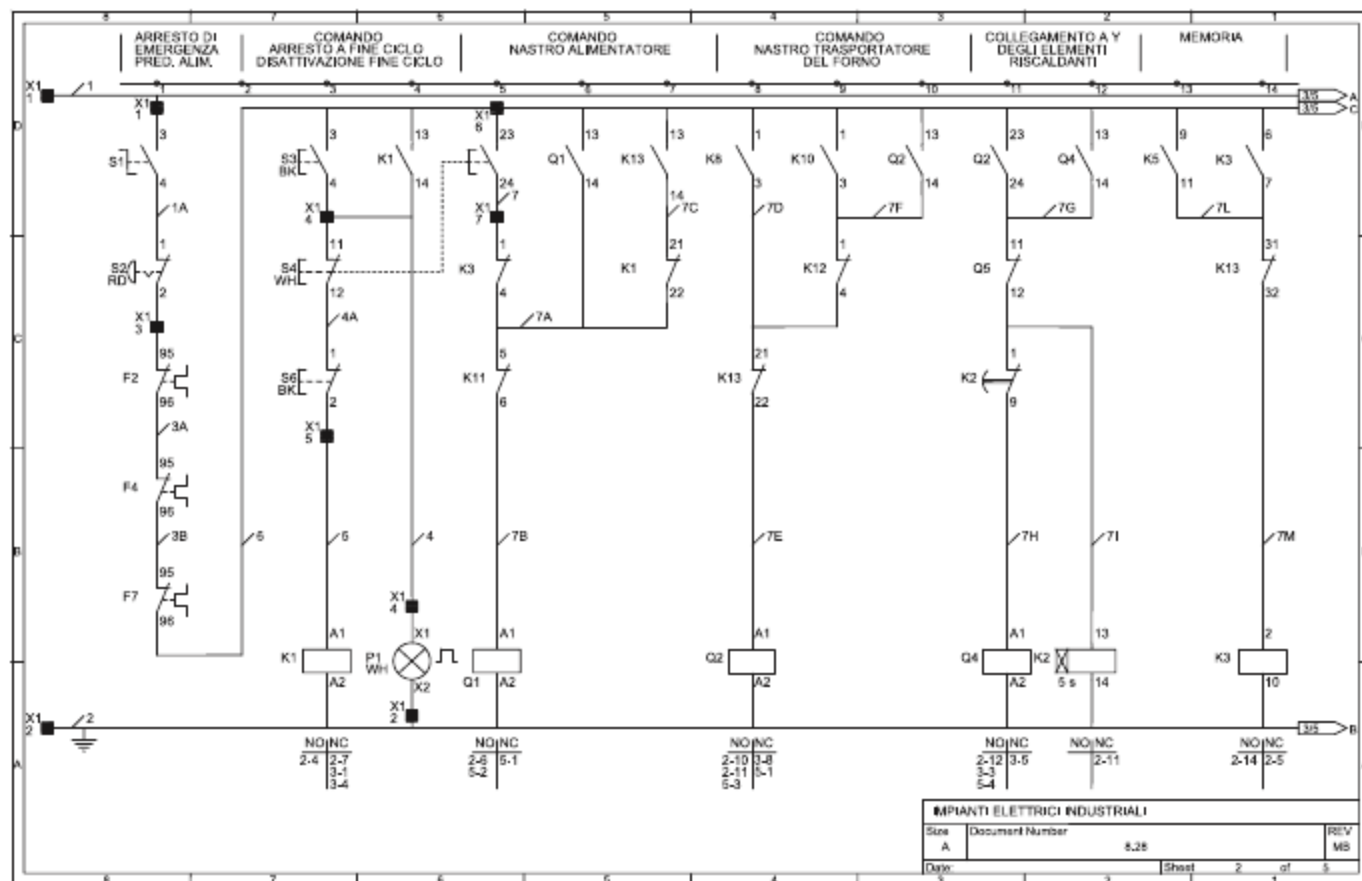
Contemporaneamente e solo per la fase iniziale, sono alimentate le resistenze collegate a stella (Q3 e 4) e, dopo il tempo impostato nel temporizzatore K2 (5 s), il collegamento passa a triangolo (Q3 e Q5).

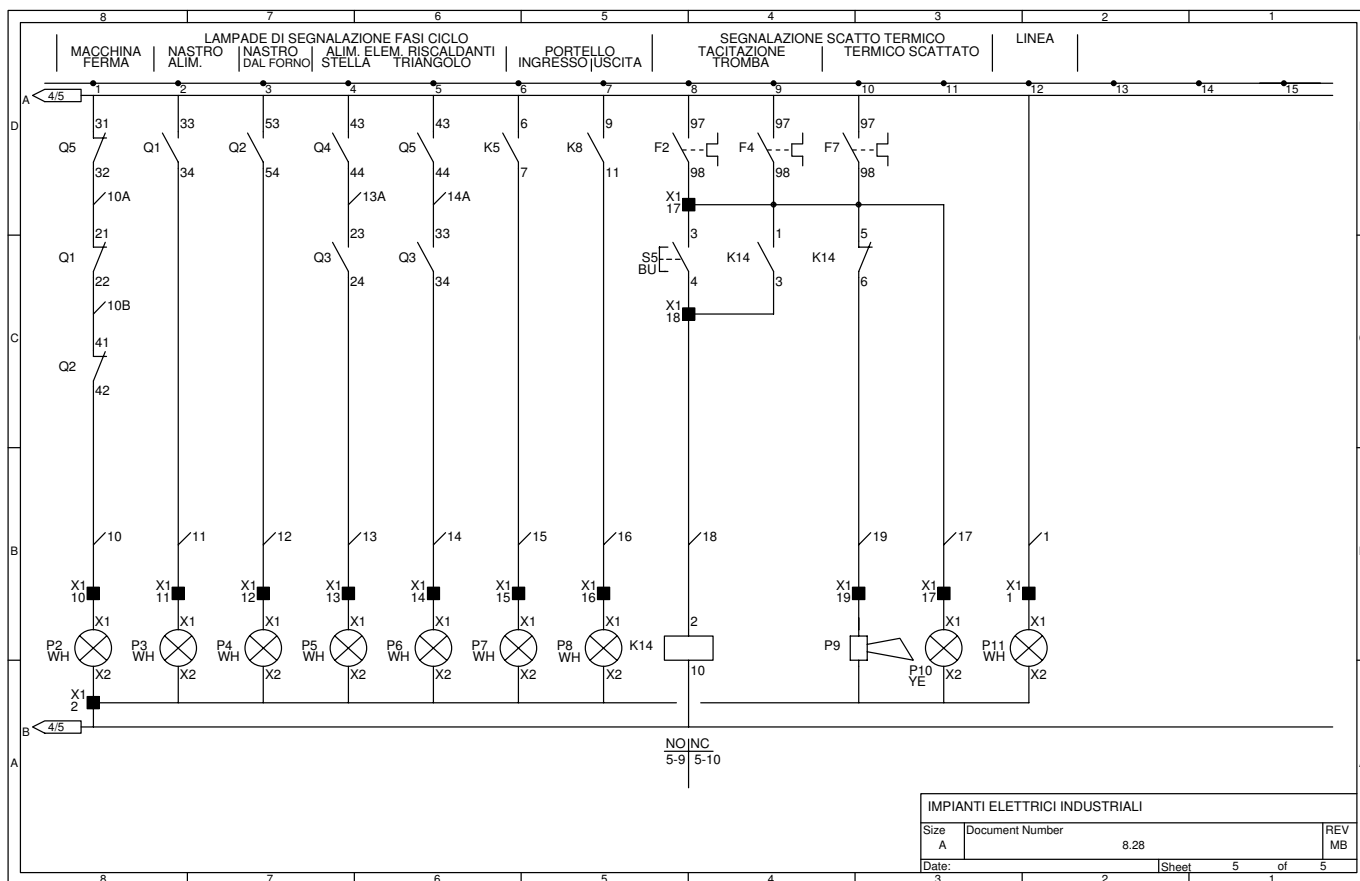
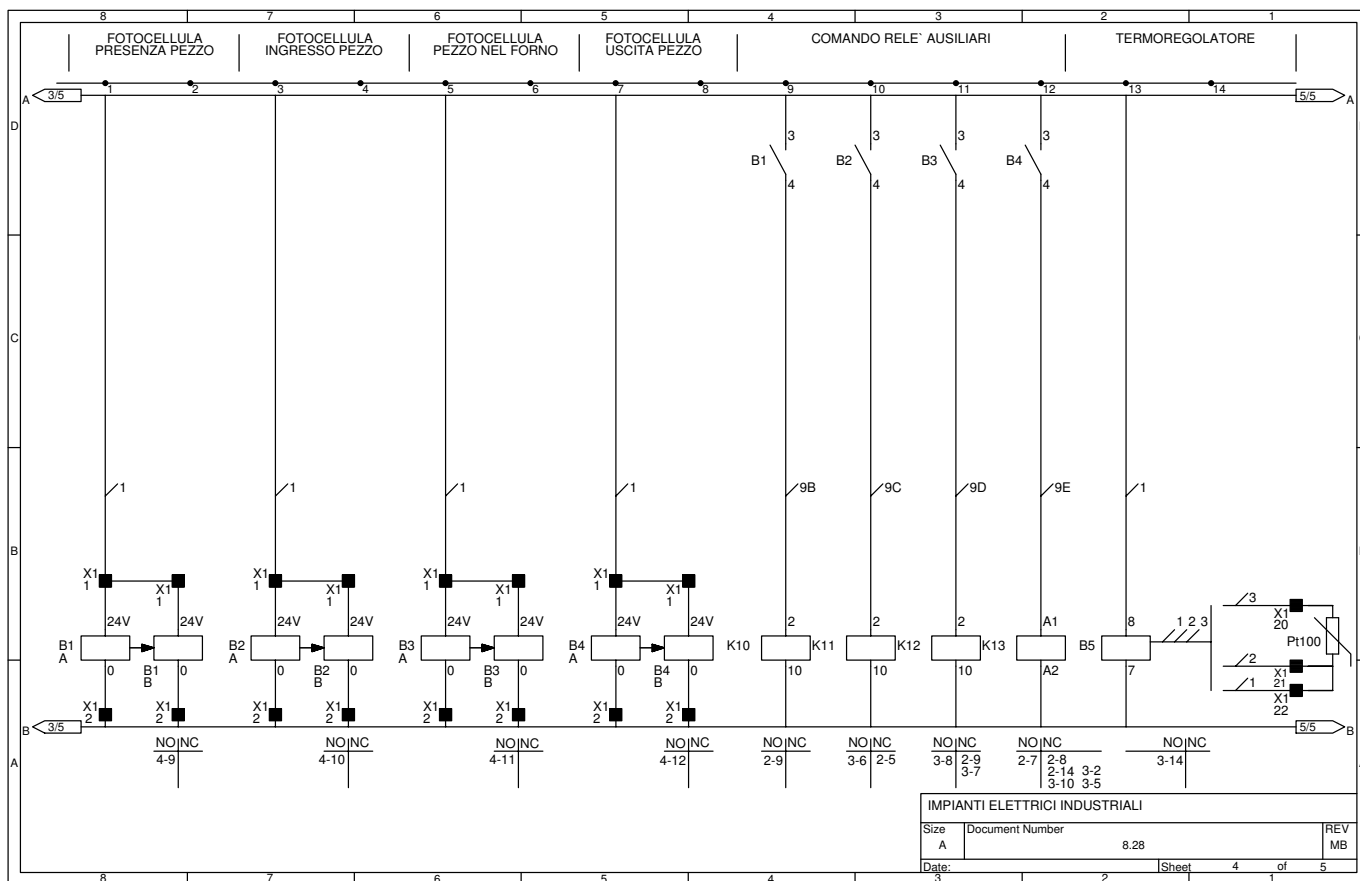
Nel frattempo, il pezzo ha raggiunto la fotocellula B2 posta sul nastro trasportatore 2, che determina l'arresto del nastro trasportatore 1 e l'attivazione dell'elettrovalvola 1V1 (elettromagnete M4).

Quest'ultima, per mezzo del cilindro 1A (A), apre il portello di ingresso, consentendo al pezzo di entrare nel forno (corsa positiva del cilindro 1A). Una volta entrato nel forno, il pezzo raggiunge la fotocellula B3 (pezzo in posizione) che arresta il nastro trasportatore 2 e disattiva l'elettrovalvola 1V1 (elettromagnete M4). Quest'ultima, a sua volta, comanda la corsa negativa del cilindro A.

Si richiude così il forno e la fotocellula B3 attiva la ventola per il tempo impostato nel temporizzatore K6 (4 s), a condizione che la temperatura nel forno sia di 70 °C (temperatura controllata mediante il termoregolatore B5).







Dopo aver effettuato il trattamento termico, è comandata l'elettrovalvola 2V1 (elettromagnete M5), che comanda il cilindro 2A (B). Quest'ultimo, a sua volta, provvede all'apertura del portello di uscita (corsa positiva del cilindro 2A). Contemporaneamente è posto in marcia il nastro trasportatore 2, che consente di portare il pezzo essiccato fuori dal forno fino allo scivolo di scarico. Durante la fase di scarico il pezzo è intercettato dalla fotocellula B4, che arresta il nastro trasportatore 2 e disattiva l'elettrovalvola 2V1 (elettromagnete M5), determinando, a sua volta, la richiusura del forno (corsa negativa del cilindro 2A).

Il ciclo, a questo punto, riparte automaticamente, ponendo in marcia il nastro trasportatore 1 e ripetendo le varie fasi, come mostrato nel diagramma di lavoro nella condizione di regime (senza l'inserzione stella-triangolo degli elementi riscaldanti E1). Quando si vuole arrestare l'impianto, occorre premere il pulsante S3, che arresta l'impianto esattamente alla fine del ciclo.

La disattivazione dell'arresto a fine ciclo può avvenire automaticamente all'avvio del ciclo con il pulsante S4, oppure manualmente mediante il pulsante S6.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 lampeggiante segnala l'imminente arresto a fine ciclo (se si è premuto S3); P2 avvisa che la macchina è ferma; P3 segnala che il nastro trasportatore di alimentazione è in movimento; P4 avvisa che il nastro trasportatore dal forno è in funzione; P5 indica che gli elementi riscaldanti sono temporaneamente collegati a stella; P6 segnala che gli elementi riscaldanti sono collegati definitivamente a triangolo; P7 segnala che il portello di ingresso è aperto; P8 segnala che il portello di uscita è aperto; P11 segnala la presenza dell'alimentazione nei circuiti ausiliari.

Il circuito di segnalazione prevede, inoltre, una segnalazione acustica (P9) e una luminosa (P10), nel caso intervenga anche uno solo dei relè termici F2, F4, F7. È possibile disattivare la segnalazione acustica premendo il pulsante di tacitazione S5. La lampada P10 resterà accesa sino a quando non verrà ripristinato il relè termico scattato.

8.29 Impianto per il comando di una macchina impacchettatrice di alimenti

Le tavole che seguono presentano un impianto per il comando di una macchina impacchettatrice di alimenti. Il sistema può essere utilizzato per confezionare pacchetti per contenere biscotti, caramelle, cioccolatini.

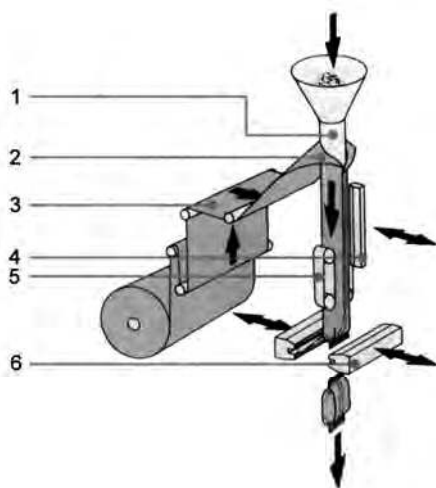
Nella prima tavola è possibile trovare lo schema di potenza che prevede l'avviamento diretto di due motori asincroni trifase M1 e M2, utilizzati, rispettivamente, per alimentare il compressore, impiegato per porre in pressione l'aria utilizzata per la sterilizzazione del pacchetto che dovrà contenere la bevanda, e per far avanzare la carta (film) utilizzata per la formazione del pacchetto.

Oltre ai motori citati precedentemente nello schema di potenza, è possibile trovare due elementi riscaldanti E1 e E2, utilizzati, rispettivamente, per riscaldare (sterilizzare) l'aria compressa proveniente dal compressore e per saldare e tagliare i pacchetti contenenti la bevanda.

Nella fig. 8.29 è mostrato il funzionamento di una macchina riempitrice verticale per prodotti liquidi e solidi.

Nella figura è possibile notare come da un film, per esempio in materiale plastico, è possibile ricavare, mediante un tubo formatore (1), un sacchetto, saldato, per la sua lunghezza, mediante la barra di saldatura longitudinale (4) e, alle estremità, mediante la ganascia orizzontale di saldatura e il relativo coltello separatore (6).

Il sacchetto così formato è in grado di contenere sia liquidi (come, per esempio, latte o bevande dissetanti) oppure solidi (per esempio caramelle, cioccolatini, biscotti).



Legenda

- 1) Tubo formatore.
- 2) Spalla di formatura del film tubolare.
- 3) Rulli di rinvio per lo scorrimento del film steso.
- 4) Barra di saldatura longitudinale.
- 5) Cinghia di traino del film sul tubo di riempimento.
- 6) Ganascia orizzontale di saldatura e coltello separatore del sacchetto.

Fig. 8.29 - Schema di funzionamento di una macchina riempitrice verticale per prodotti liquidi e solidi.

Nella prima tavola è possibile trovare uno schema di flusso semplificato della macchina impacchettatrice, con l'elenco delle apparecchiature utilizzate per la sua realizzazione.

Nella seconda, terza e quarta tavola è riportato il circuito di comando e di segnalazione, mentre nella quinta tavola sono presentati il diagramma di lavoro e lo schema di collegamento del termoregolatore B1 e del regolatore di livello B2.

L'impianto prevede i seguenti comandi: il pulsante S1 di emergenza che arresta l'impianto in qualsiasi istante; il pulsante S2 di predisposizione inizio ciclo; il pulsante S3 di arresto a fine ciclo; il pulsante S4 per la tacitazione della suoneria P3 e la disattivazione della lampada di segnalazione lampeggiante P2.

Queste segnalazioni avvertono se si ha una temperatura di sterilizzazione troppo bassa (inferiore a 250 °C), una pressione dell'aria compressa inferiore a 3 bar e se il livello del serbatoio dell'alimento è al livello minimo (con la disattivazione di P2 e P3 si ha l'attivazione della lampada P4 a luce fissa).

Di particolare importanza per il funzionamento dell'impianto sono il termoregolatore B1 e il regolatore di livello di alimento nel pacchetto B2.

Il termoregolatore provvede ad attivare e disattivare, a seconda delle necessità, le resistenze che hanno il compito di riscaldare (350 °C) l'aria compressa necessaria per la sterilizzazione del pacchetto prima che questi vada a contenere l'alimento.

Questa apparecchiatura è dotata inoltre, come per altro è possibile vedere nella quinta tavola, di un contatto di allarme che si chiude quando la temperatura è al disotto di 250 °C, condizione questa che impedisce un'efficace sterilizzazione che potrebbe compromettere la qualità del prodotto. In questo caso, l'impianto è arrestato.

Per la rilevazione della temperatura, il termoregolatore utilizza una termoresistenza Pt100, il cui valore resistivo cambia al variare della temperatura.

Il regolatore di livello, presentato sempre nella quinta tavola, consente di aprire l'elettrovalvola M4 di caricamento dell'alimento e di richiuderla quando il livello nel pacchetto ha raggiunto il livello previsto.

Il funzionamento dell'impianto può essere così sintetizzato.

Una volta premuto il pulsante S2, i contatti NC dei relè termici F2 e F4, posti a protezione dei motori M1 e M2, devono essere chiusi.

A questo punto, occorre verificare alcune condizioni necessarie per l'inizio del ciclo: è controllata, mediante il pressostato B4, la pressione dell'aria di sterilizzazione, che deve essere superiore a 3 bar; il livello della bevanda nel serbatoio non deve essere al valore minimo (sensore di livello B3), deve essere presente la carta per la formazione del pacchetto (sensore di fine carta B5); la temperatura dell'aria di sterilizzazione deve essere prossima a 350 °C (termoregolatore B1).

In particolare, l'impianto avvia, se necessario, automaticamente il motore M1 del compressore (B6) e sono alimentate le resistenze di sterilizzazione E1 (B1), in modo da creare le condizioni per l'inizio del ciclo.

Una volta che sono state verificate le condizioni sopra citate, è posto in marcia il motore M2, il quale provvede a far avanzare la carta; contemporaneamente, è aperta l'elettrovalvola M3 che provvede a sterilizzare il pacchetto che si sta formando.

Una volta formato il pacchetto (sensore B7 azionato), è aperta l'elettrovalvola M4 per il riempimento con l'alimento del pacchetto appena formato.

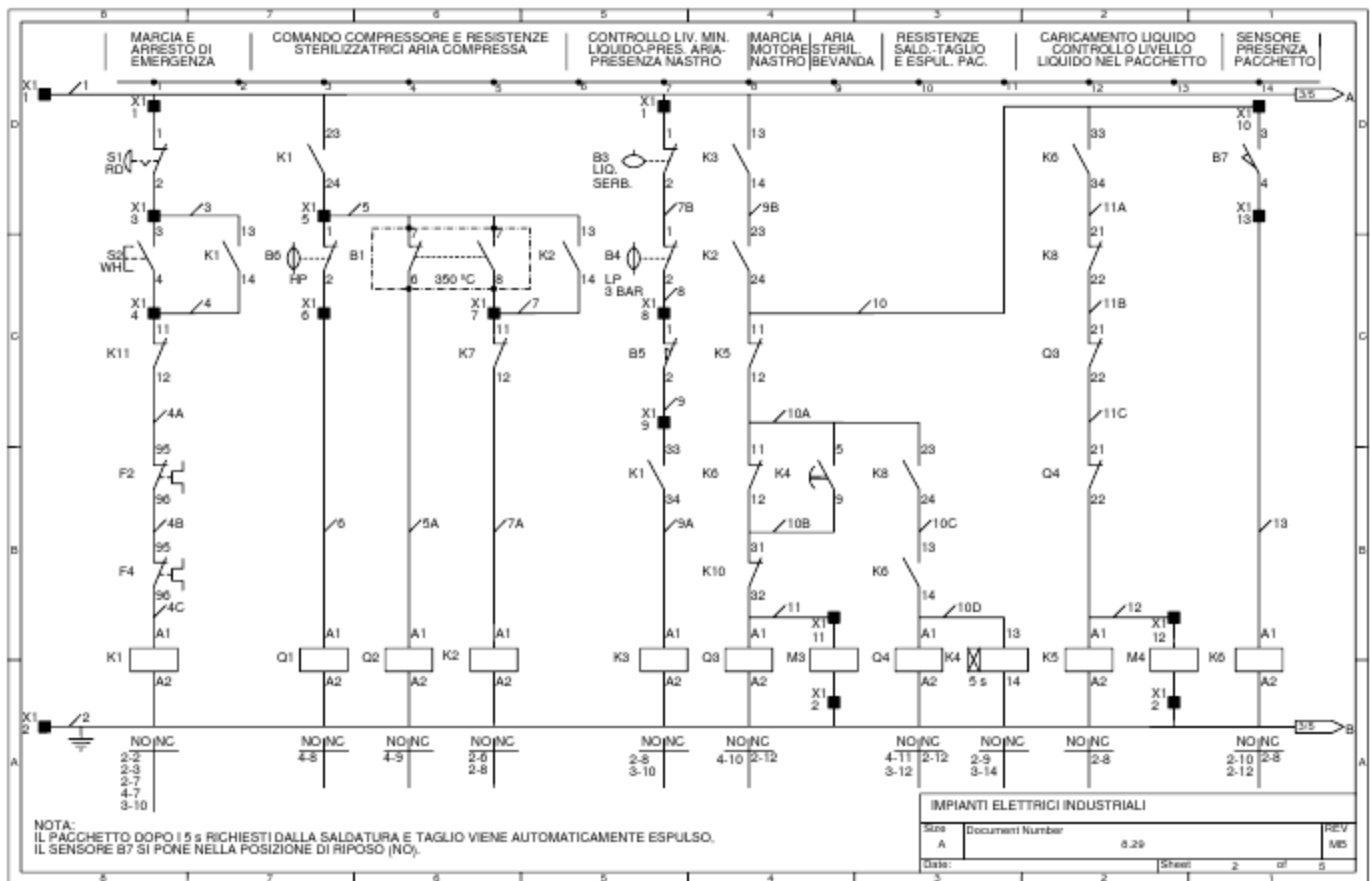
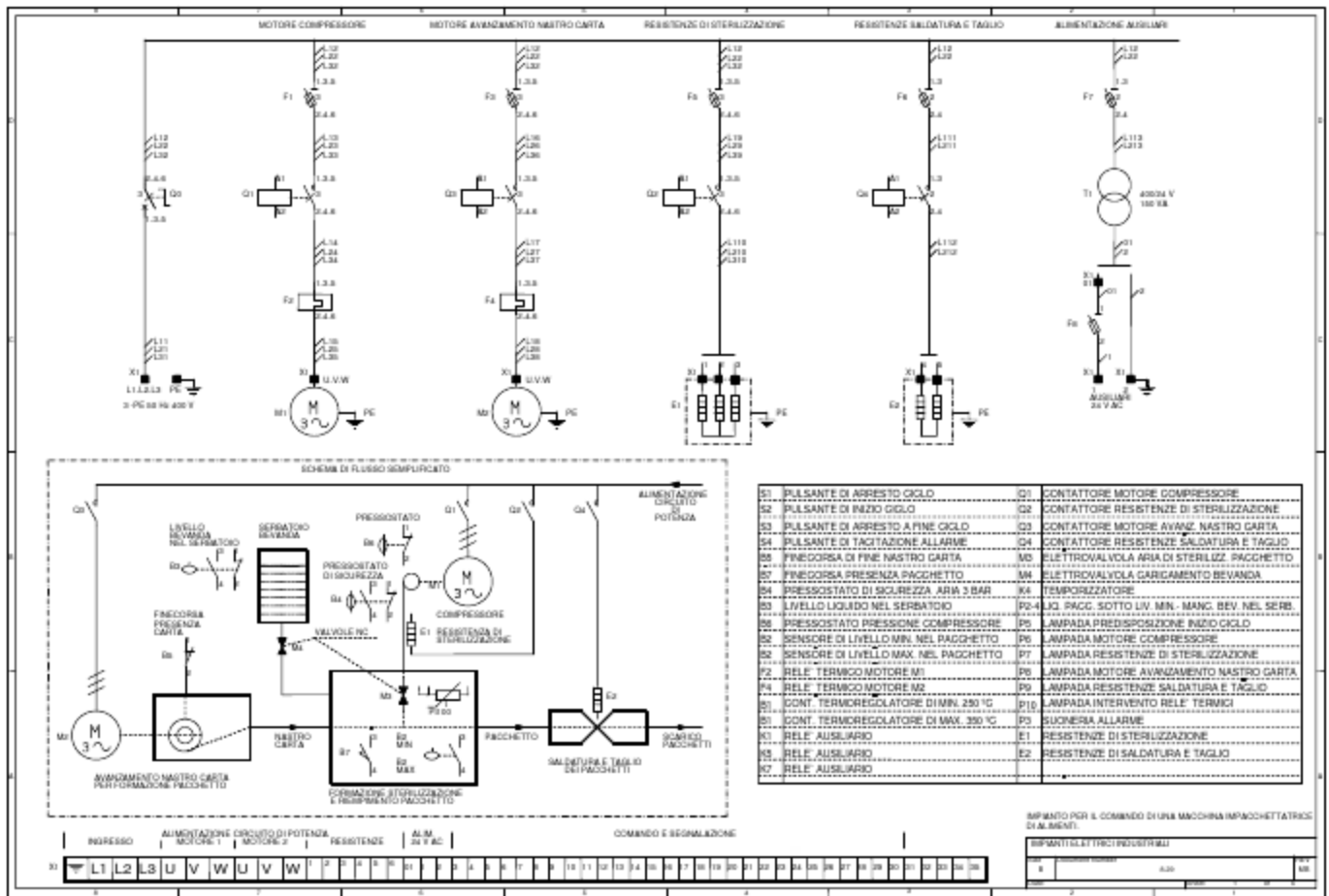
Il sensore di livello B2 controlla la quantità di liquido in modo che, raggiunto il livello voluto, siano attivate, per un tempo fissato nel temporizzatore K4 (5 s), le resistenze di saldatura del pacchetto e il relativo taglio dal nastro di carta.

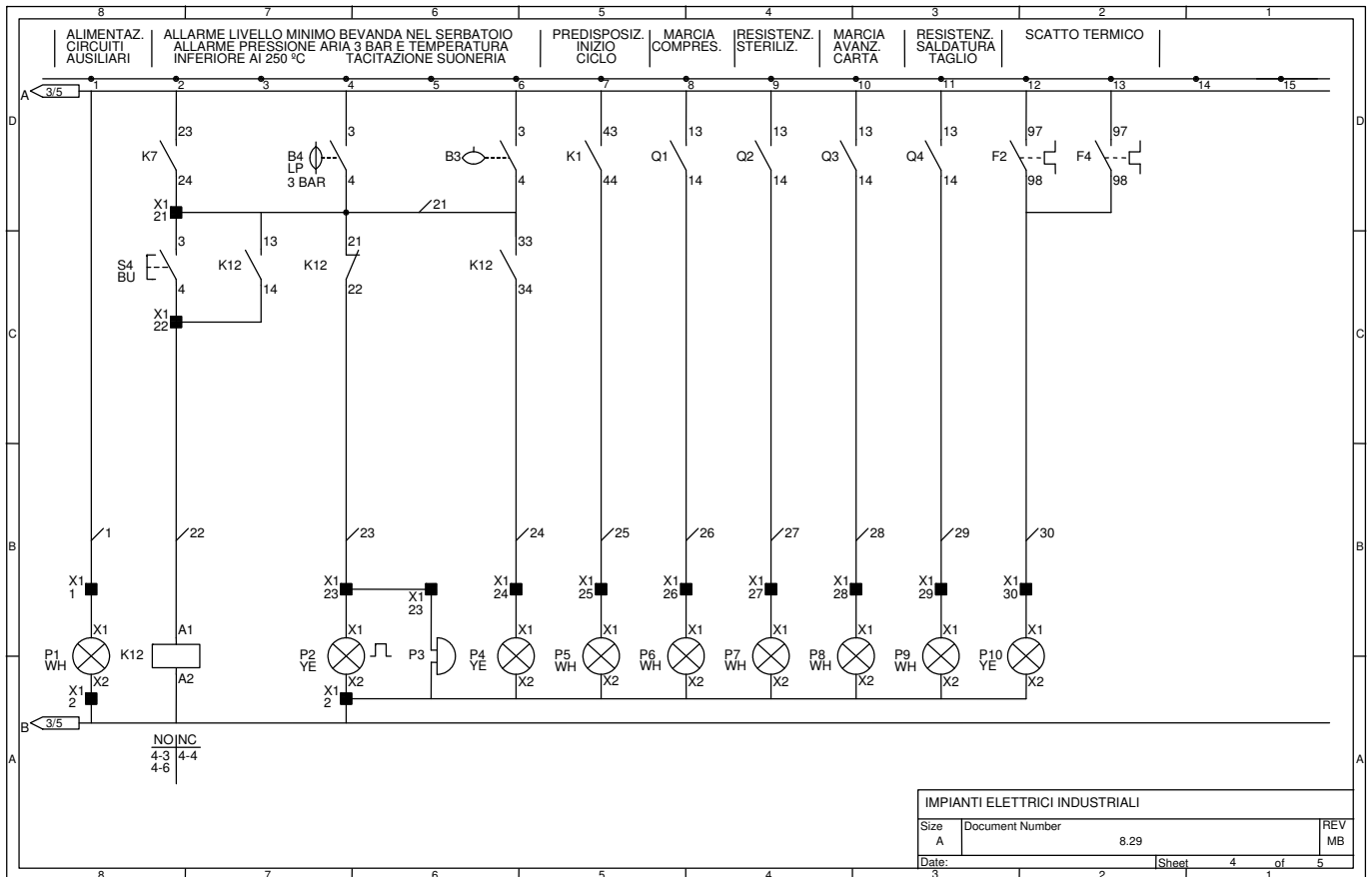
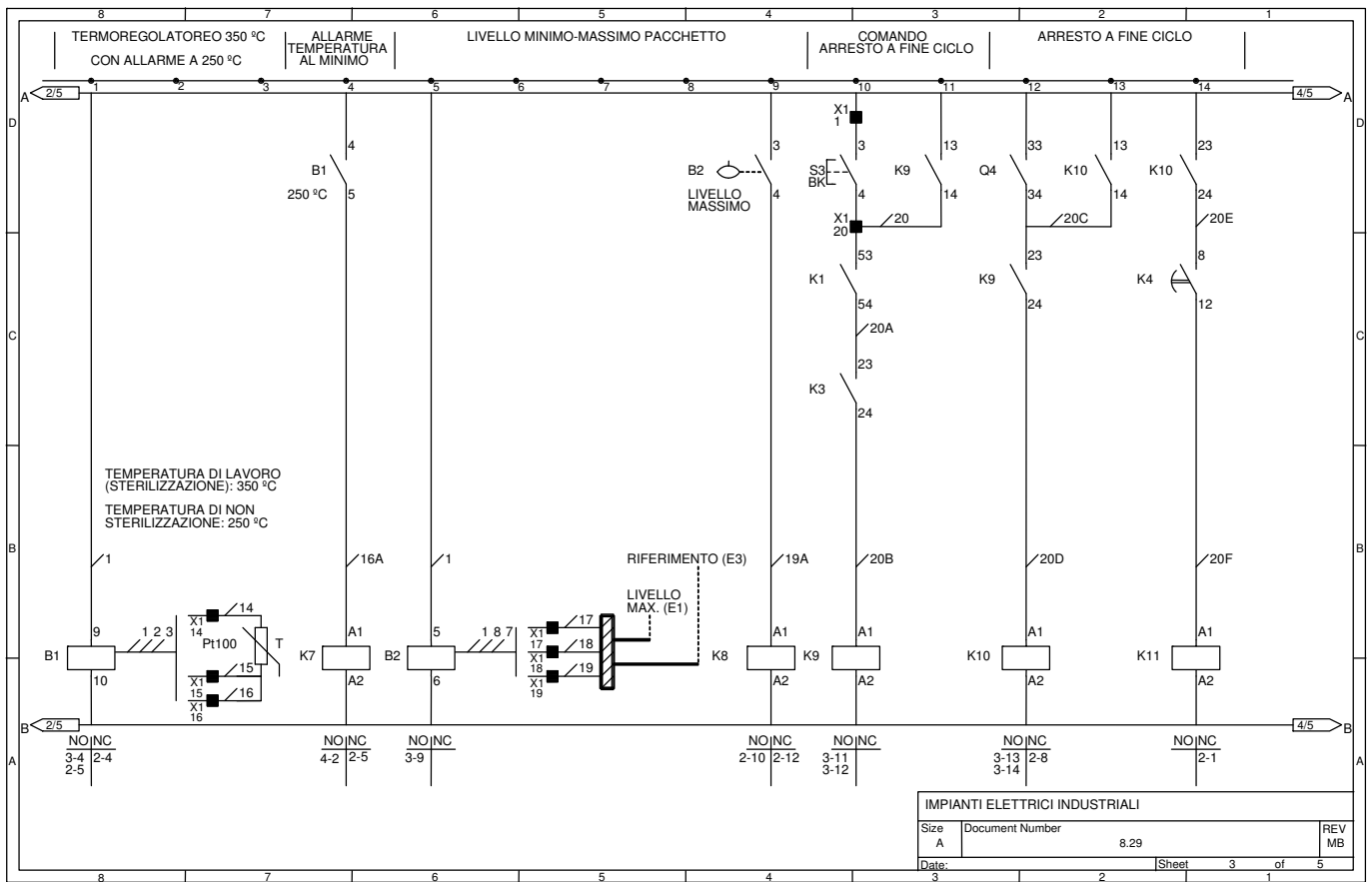
Il ciclo, dopo aver effettuato il taglio del pacchetto contenente l'alimento e averlo espulso, può ricominciare (il sensore B7 ritorna ad aprirsi).

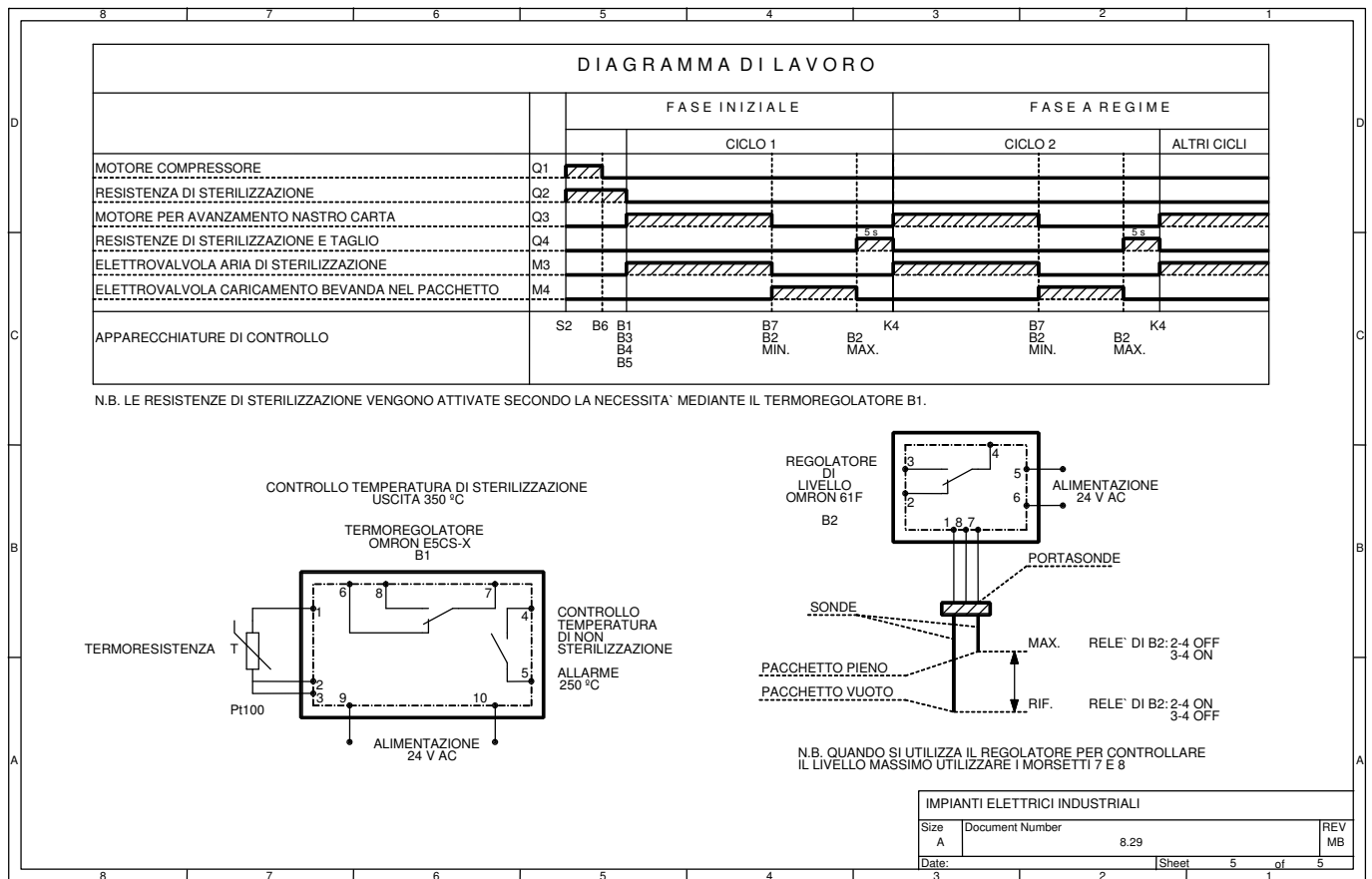
Si noti che il compressore e le resistenze di sterilizzazione sono attivati, rispettivamente, dal pressostato B6 e dal termoregolatore B1 secondo le necessità.

L'arresto dell'impianto può avvenire, in qualsiasi momento, se si preme S1 o se interviene almeno uno dei relè termici, anche se è opportuno arrestare sempre l'impianto con il pulsante di arresto a fine ciclo S3, che consente la regolare formazione del pacchetto e il relativo riempimento.

L'impianto prevede le seguenti lampade di segnalazione: P1 segnala la presenza dell'alimentazione nei circuiti ausiliari; P2 e la suoneria P3 segnalano una temperatura di sterilizzazione troppo bassa (inferiore a 250 °C), oppure la pressione dell'aria compressa inferiore a 3 bar o, ancora, che il livello del serbatoio della bevanda è al livello minimo; P4 a luce fissa segnala almeno uno dei tre allarmi citati in precedenza dopo che si è premuto il pulsante di tacitazione suoneria S4; P5 segnala che l'impianto è predisposto per la marcia; P6 indica che il motore del compressore M1 è in marcia; P7 segnala che le resistenze di sterilizzazione E1 sono alimentate; P8 segnala che il motore M2 per l'avanzamento della carta è in marcia; P9 avvisa che le resistenze di saldatura e taglio sono alimentate; P10 segnala che almeno uno dei relè termici F2 e F4 è scattato.







8.30 Impianto semplificato per il comando di una cesoia con avanzamento automatico e taglio su misura predeterminata

L'impianto che segue permette di comandare automaticamente una cesoia con avanzamento automatico e con la possibilità di effettuare il taglio della lamiera su misura predeterminata.

Nella prima tavola è possibile trovare il circuito di potenza per l'alimentazione dei tre motori necessari al funzionamento della macchina.

In particolare, il motore M1 è utilizzato per muovere il nastro trasportatore 1, che porta la lamiera da tagliare alla cesoia. Il motore M1 è del tipo auto frenante.

Infatti, quando è alimentato il motore, l'elettromagnete M4 sblocca il freno, che si attiva invece automaticamente al mancare dell'alimentazione ad M4.

Il secondo motore M2, comandato mediante un teleinvertitore, provvede a far muovere la cesoia dalla posizione di riposo al punto di lavoro (taglio della lamiera) e viceversa.

Il motore M3, comandato come M1 mediante un avviamento diretto, muove il nastro trasportatore 2 in modo da portare via dalla cesoia i pezzi di lamiera tagliati.

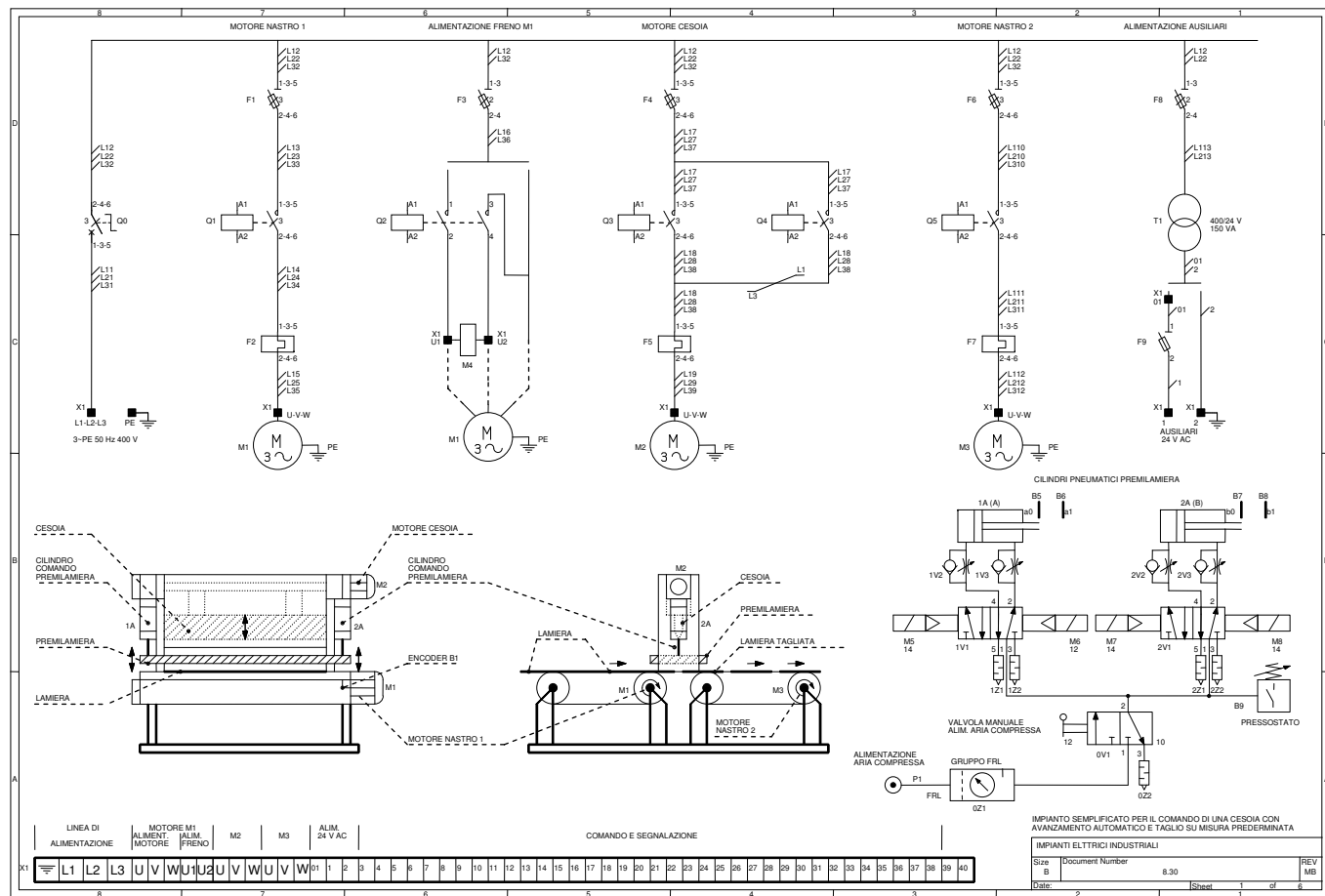
Sempre nella prima tavola, si può notare anche il circuito elettropneumatico utilizzato per azionare automaticamente il premilamiera, nel momento in cui la cesoia effettua il taglio.

Il circuito elettropneumatico è costituito da un gruppo FRL (Filtro, Riduttore di pressione, Lubrificatore) in grado di fornire l'aria compressa filtrata dalle impurità, alla pressione necessaria per un corretto funzionamento della macchina e con la quantità di olio lubrificante necessaria per evitare l'usura precoce delle apparecchiature del circuito (elettrovalvole e cilindri).

I cilindri pneumatici magnetici del tipo a doppio effetto utilizzano gli interruttori di posizione magnetici (sensori magnetici) B5 (a0), B6 (a1), B7 (b0), B8 (b1) per individuare la posizione positiva o negativa del pistone; in particolare, i primi due sono utilizzati per il cilindro 1A (A), mentre gli altri due per il cilindro 2A (B).

I cilindri sono comandati da due elettrovalvole del tipo 5/2 (5 vie/2 posizioni) bistabili 1V2 e 2V2. Per porre i cilindri 1A e 2A rispettivamente in a1 e b1 (lamiera bloccata), occorre alimentare gli elettromagneti M5 e M7, mentre è necessario alimentare gli elettromagneti M6 e M8 per porre i cilindri, rispettivamente, nelle posizioni di a0 e b0 per sbloccare la lamiera.

Il circuito elettropneumatico è alimentato con aria compressa mediante una valvola manuale 0V1 del tipo 3/2 (3 vie/2 posizioni); un pressostato B9 controlla il valore di pressione all'interno del circuito pneumatico, permettendo il funzionamento della macchina e, in particolare, per garantire che la forza di spinta dei cilindri sia sufficiente per bloccare la lamiera.



Si noti che la forza di spinta o di tiro di un cilindro a doppio effetto, a parità di altre condizioni, dipende dal valore della pressione dell'aria compressa nel circuito pneumatico.

Completano la prima tavola il disegno della cesoia e la morsettiera del quadro elettrico.

Nella seconda, terza e quarta tavola, è presentato il circuito di comando, mentre nella quinta tavola è rappresentato il circuito di segnalazione.

Infine, nella sesta tavola, sono riportati un elenco delle apparecchiature presenti nell'impianto e il diagramma di lavoro utile per la comprensione del funzionamento della macchina.

Nel circuito di comando è possibile individuare i seguenti comandi: il selettore S1, che è in grado di alimentare il circuito di predisposizione avviamento macchina; il pulsante di emergenza S2, che è in grado di arrestare l'impianto in qualsiasi istante; il pulsante S3, che permette la predisposizione della macchina; il pulsante S4, che ne consente l'avvio; il selettore a chiave S5, che è in grado di sbloccare il motore M1 (alimentando l'elettromagnete di sblocco freno M4, utile per esempio, in caso di manutenzione); il pulsante S6 di arresto a fine ciclo, che è in grado di arrestare la macchina alla fine del ciclo di taglio; il pulsante S7, che è in grado di tacitare la segnalazione acustico luminosa quando interviene la fotocellula B2 di sicurezza; il pulsante S8, che è in grado di arrestare la segnalazione acustico-luminosa, nel caso intervenga almeno uno dei relè termici F2, F5 ed F7, posti a protezione, rispettivamente, dei motori M1, M2 ed M3.

Per il taglio della lamiera, è previsto l'uso di un dispositivo chiamato encoder incrementale, il quale, in pratica, genera, durante la sua rotazione, una serie di impulsi proporzionali alla rotazione dell'albero.

L'encoder è meccanicamente collegato con il nastro trasportatore 1 e, di conseguenza, ruota quando il motore M1 è in moto.

Sarà sufficiente perciò contare, mediante un apposito contaimpulsi P1, il numero degli impulsi che arrivano dall'encoder per risalire allo spostamento effettuato dal nastro trasportatore 1 e, quindi, dalla lamiera da tagliare.

Variando il valore di impostazione del contaimpulsi P1, è così possibile variare la lunghezza dei pezzi di lamiera.

Il funzionamento della macchina può essere sintetizzato come segue.

Dopo aver predisposto la macchina mediante S3, azione possibile solo se i relè termici non sono scattati, se il selettore S1 è chiuso e la pressione nel circuito pneumatico è al valore corretto (B9 azionato), si può premere il pulsante S4 di avvio ciclo.

Il motore M1 si sblocca, il nastro trasportatore 1 porta la lamiera da tagliare verso la cesoia e, contemporaneamente, anche il motore M3 si pone in marcia per portare via i pezzi di lamiera già tagliati.

Durante questa fase, l'encoder B1 rileva la rotazione di M1. Alla rotazione dell'encoder corrisponde una serie di impulsi trasmessi al contimpulsi P1, il quale, al termine del conteggio e fino ad un valore uguale a quello impostato, chiude un suo contatto che arresta immediatamente i due motori M1 e M3.

A questo punto, sono attivati gli elettromagneti M5 (elettrovalvola 1V1) e M7 (elettrovalvola 2V1), i quali comandano, rispettivamente, i cilindri 1A e 2A, che possono così effettuare la corsa positiva e agire sul premilamiera.

Ora la lamiera risulta bloccata (posizione a1 e b1) e il motore M2 si pone in marcia, portando la cesoia avanti sino ad effettuare il taglio della lamiera.

Il motore M2, invertendo il senso di marcia, riporta la cesoia indietro nella posizione di riposo.

Trascorso il tempo impostato nel temporizzatore K4 (per esempio, 2 s dal taglio della lamiera), sono alimentati gli elettromagneti M6 (elettrovalvola 1V1) e M8 (elettrovalvola 2V1), che riportano i cilindri con la corsa negativa nella posizione di riposo (a0 e b0).

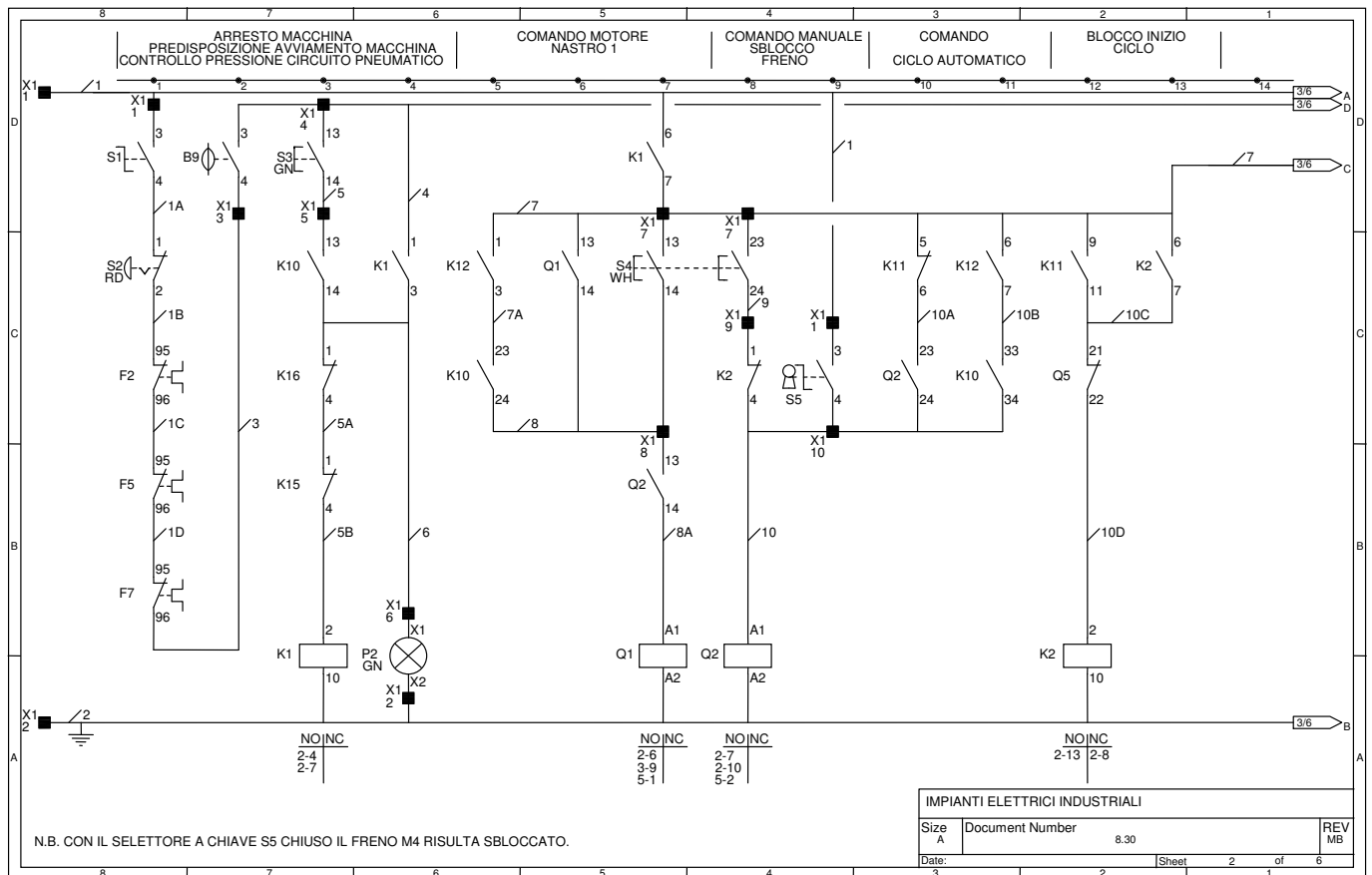
A questo punto, il ciclo è concluso e, se non è stato premuto il pulsante di arresto a fine ciclo S14, riparte un nuovo ciclo, che porterà la cesoia a tagliare un altro pezzo di lamiera.

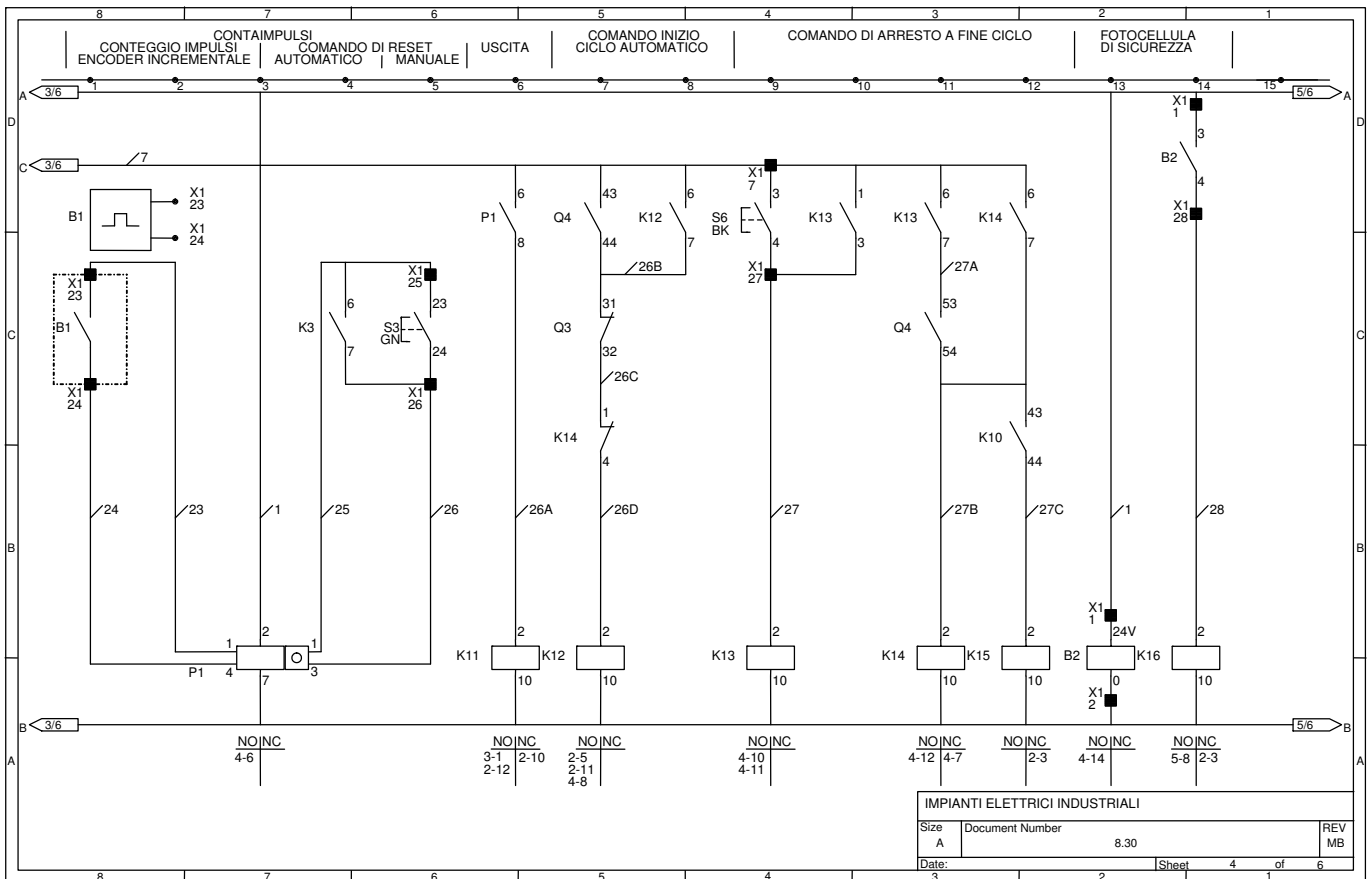
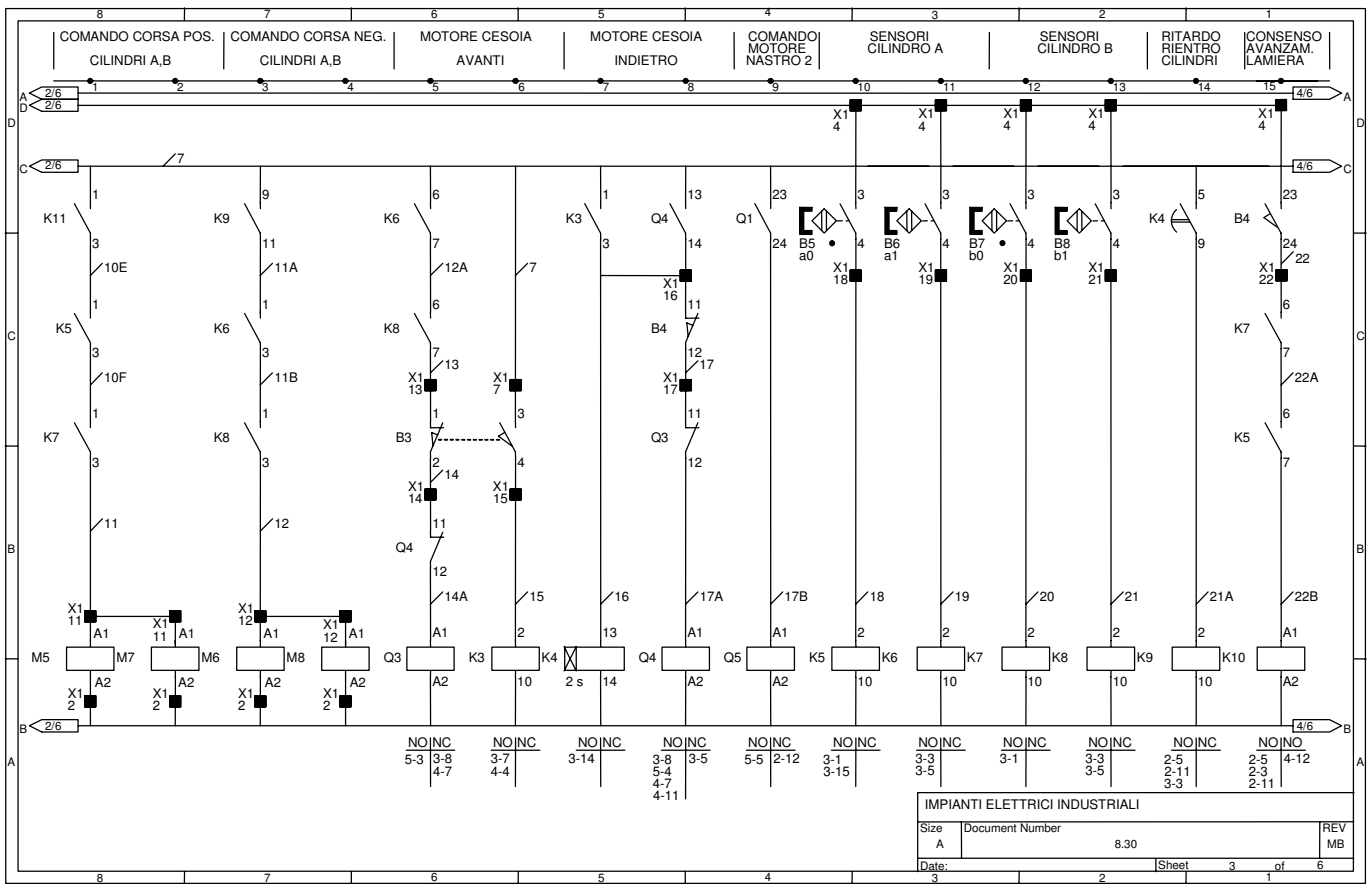
Il funzionamento della macchina è regolato dalla presenza di due interruttori di posizione meccanici con funzioni di finecorsa, di cui due, B3 e B4, individuano la posizione della cesoia, rispettivamente, nella posizione di lavoro (taglio della lamiera) e nella posizione di riposo (in alto).

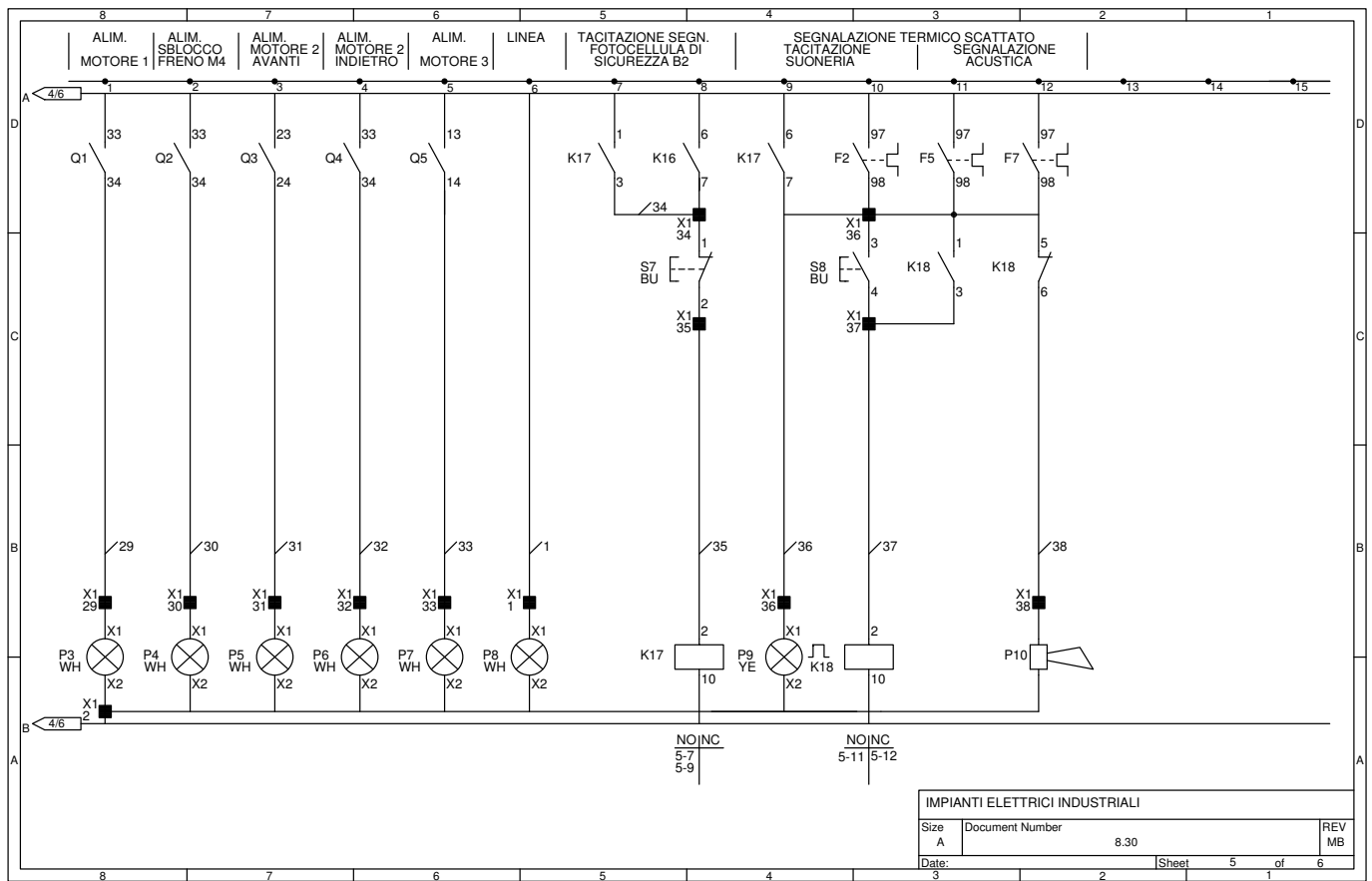
Quattro sono, invece, gli interruttori di posizione magnetici con funzione di finecorsa che individuano la posizione dei cilindri 1A e 2A: B5 e B7 segnalano la posizione di riposo, rispettivamente, a0 e b0, mentre B6 e B8 segnalano la posizione di lavoro, rispettivamente, (lamiera premuta) a1 e b1.

I finecorsa determinano anche il consenso di inizio ciclo con la cesoia, che deve essere in posizione di riposo (B4 azionato), e con i cilindri A e B, anch'essi nella posizione di riposo (B5 e B7 azionati).

La macchina è dotata anche di una barriera fotoelettrica di sicurezza B2, in grado di arrestare immediatamente il ciclo, qualora un oggetto estraneo entri nel raggio di azione della cesoia.

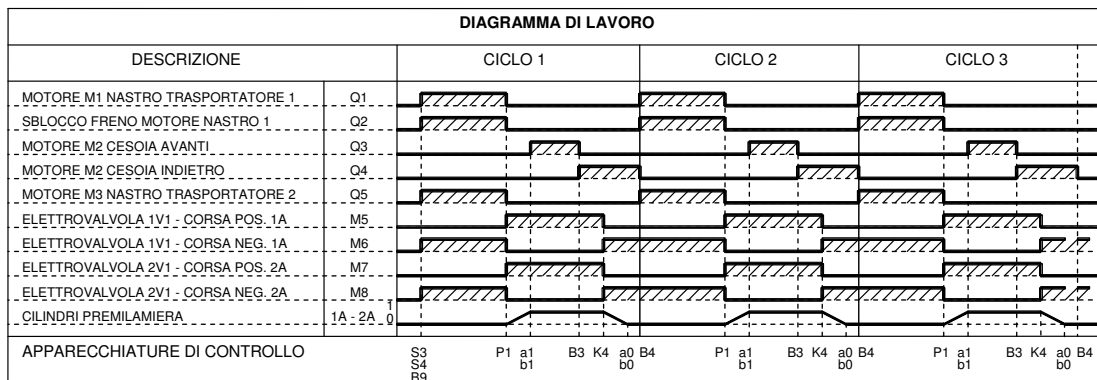






IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI			
Size A	Document Number	8.30	REV MB
Date:	3	Sheet	5 of 6

M1	MOTORE AUTOFRENANTE NASTRO 1	M7	COMANDO CORSA POSITIVA CILINDRO 2A	S7	PULSANTE TACITAZ. BARRIERA FOTO. DI SICUREZZA
M2	MOTORE CESOIA	M6	COMANDO CORSA NEGATIVA CILINDRO 1A	S8	PULSANTE TACITAZIONE TERMICO SCATTATO
M3	MOTORE NASTRO 2	M8	COMANDO CORSA NEGATIVA CILINDRO 2A	S6	PULSANTE DI ARRESTO A FINE CICLO
P1	CONTIMPULSI ENCODER INCREMENTALE	S1	SELETTORE ALIMENTAZIONE AUSILIARI	B9	PRESSOSTATO CONTROLLO PRES. CIR. PNEUM.
B1	ENCODER INCREMENTALE	S2	PULSANTE DI EMERGENZA	P2	LAMPADA PREDISPOSIZIONE AVV. MACCHINA
B2	BARRIERA FOTOELETTRICA DI SICUREZZA	S3	PUL. PREDISP. AVV. IMP. RESET CONTATORE	P3	LAMPADA ALIMENTAZIONE MOTORE NASTRO 1
K1	RELE' ALIMENTAZIONE MACCHINA	S4	PULSANTE AVVIAMENTO CICLO	P4	LAMPADA ALIMENTAZIONE SBLOCCO FRENO
Q1	ALIMENTAZIONE MOTORE M1	S5	COMANDO SBLOCCO FRENO MANUALE	P5	LAMPADA ALIMENTAZIONE MOTORE 2 AVANTI
Q2	COMANDO SBLOCCO FRENO Y1	B3	FINECORSA CESOIA BASSA	P6	LAMPADA ALIMENTAZIONE MOTORE 2 INDIETRO
Q3	ALIMENTAZIONE MOTORE M2 CESOIA AVANTI	B4	FINECORSA CESOIA ALTA	P7	LAMPADA ALIMENTAZIONE MOTORE NASTRO 2
Q4	ALIMENTAZIONE MOTORE M2 CESOIA INDIETRO	B5	SENSORE CILINDRO 1A, POSIZIONE a0	P8	LAMPADA ALIMENTAZIONE CIR. AUSILIARI
Q5	ALIMENTAZIONE MOTORE M3 NASTRO TRASPOR. 2	B6	SENSORE CILINDRO 1A, POSIZIONE a1	P9	LAMPADA SEG. INT. SICUREZZE E PROTEZIONI
M4	FRENO MOTORE NASTRO TRASPORTATORE 1	B7	SENSORE CILINDRO 2A, POSIZIONE b0	P10	TROMBA TERMICO SCATTATO
M5	COMANDO CORSA POSITIVA CILINDRO 1A	B8	SENSORE CILINDRO 2A, POSIZIONE b1	FRL	GRUPPO FILTRO-RIDUTTORE-LUBRIFICATORE



IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI			
Size A	Document Number	8.30	REV MB
Date:	3	Sheet	6 of 6

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade di segnalazione: P2 lampeggiante segnala che la macchina è predisposta al funzionamento; P3 indica che il nastro trasportatore 1 mosso dal motore M1 è in movimento; P4 segnala che è alimentato l'elettromagnete M4 che sblocca il freno di M1; P5 indica che il motore M2 sta facendo avanzare la cesoia per tagliare la lamiera; P6 segnala che il motore M2 sta facendo tornare indietro nella posizione di riposo la cesoia; P7 avvisa che il nastro trasportatore 2 mosso dal motore M3 è in movimento; P8 segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati; P9 lampeggiante indica che si è attivata la fotocellula di sicurezza oppure che è intervenuto almeno uno dei relè termici F2, F5 ed F7.

Il circuito prevede anche una segnalazione acustica, mediante la tromba elettrica P10, che interviene insieme a P9 e che può essere disattivata mediante il pulsante di tacitazione S8.

8.31 Impianto per il comando di quattro tramogge per due tipi di mescole

È presentato ora un impianto per il comando di quattro tramogge necessarie per preparare due tipi di mescole da riversare in due contenitori.

La mescola 1 è ottenuta con il contenuto delle tramogge A, B e C ed è inviata nel contenitore 1; la mescola 2 è avviata, invece, nel contenitore 2 ed è preparata con il contenuto delle tramogge A, B e D.

La tavola numero 1 prevede lo schema di potenza per il comando del motore M1 che, mediante un teleinvertitore di marcia, è in grado di far muovere il nastro trasportatore delle mescole nei due sensi, affinché possano raggiungere i rispettivi contenitori. La tavola presenta anche il circuito elettropneumatico per l'azionamento del meccanismo di apertura di una tramoggia, che consente di scaricare il contenuto secondo un diagramma di lavoro che prevede un'apertura lenta, in una prima fase, e più rapida, in un secondo momento.

Come è stato presentato anche negli altri impianti, il circuito elettropneumatico prevede un gruppo FRL (Filtro, Riduttore di pressione, Lubrificatore) in grado di fornire l'aria compressa, filtrata dalle impurità, alla pressione necessaria per un corretto funzionamento della macchina e con la quantità di olio lubrificante necessaria per evitare l'usura precoce delle apparecchiature del circuito (elettrovalvole e cilindri).

Una valvola (1) a comando manuale consente di fornire l'aria compressa ai quattro circuiti elettropneumatici necessari per comandare i meccanismi di apertura e chiusura delle quattro tramogge.

Ogni circuito elettropneumatico è costituito da un'elettrovalvola 5/2 monostabile che, insieme alle valvole pneumatiche 4 (3/2 monostabile) e 5 (2/2 monostabile) e a due regolatori unidirezionali 3 e 6, consente di ottenere il diagramma di lavoro dei cilindri pneumatici 1A (A), 2A (B), 3A (C), 4A (D), presentato nella prima tavola.

Si noti l'uso, per questioni legate alla sicurezza dell'impianto, di elettrovalvole 5/2 monostabili che, in mancanza dell'alimentazione elettrica, chiudono immediatamente il meccanismo di apertura delle tramogge.

Nella seconda, terza e quarta tavola è presentato il circuito di comando e di segnalazione.

L'impianto prevede i seguenti comandi: il selettore S1, che alimenta il circuito di predisposizione; i pulsanti di emergenza S2 e S3, che arrestano l'impianto in qualsiasi istante; il pulsante S4 di predisposizione avviamento macchina; il pulsante S5 di arresto immediato dell'impianto; i pulsanti S6 e S7 per avviare il ciclo per la preparazione, rispettivamente, della mescola 1 e della mescola 2.

Il funzionamento dell'impianto prevede che i contenitori siano presenti. Questa condizione è segnalata dai finecorsa B1 e B2, rispettivamente per il contenitore 1 e 2, necessari, a loro volta, per la mescola 1 e 2.

Per iniziare il ciclo, si preme il pulsante di predisposizione S4, quindi il pulsante S6 o S7 secondo che si voglia ottenere la mescola 1 o la mescola 2.

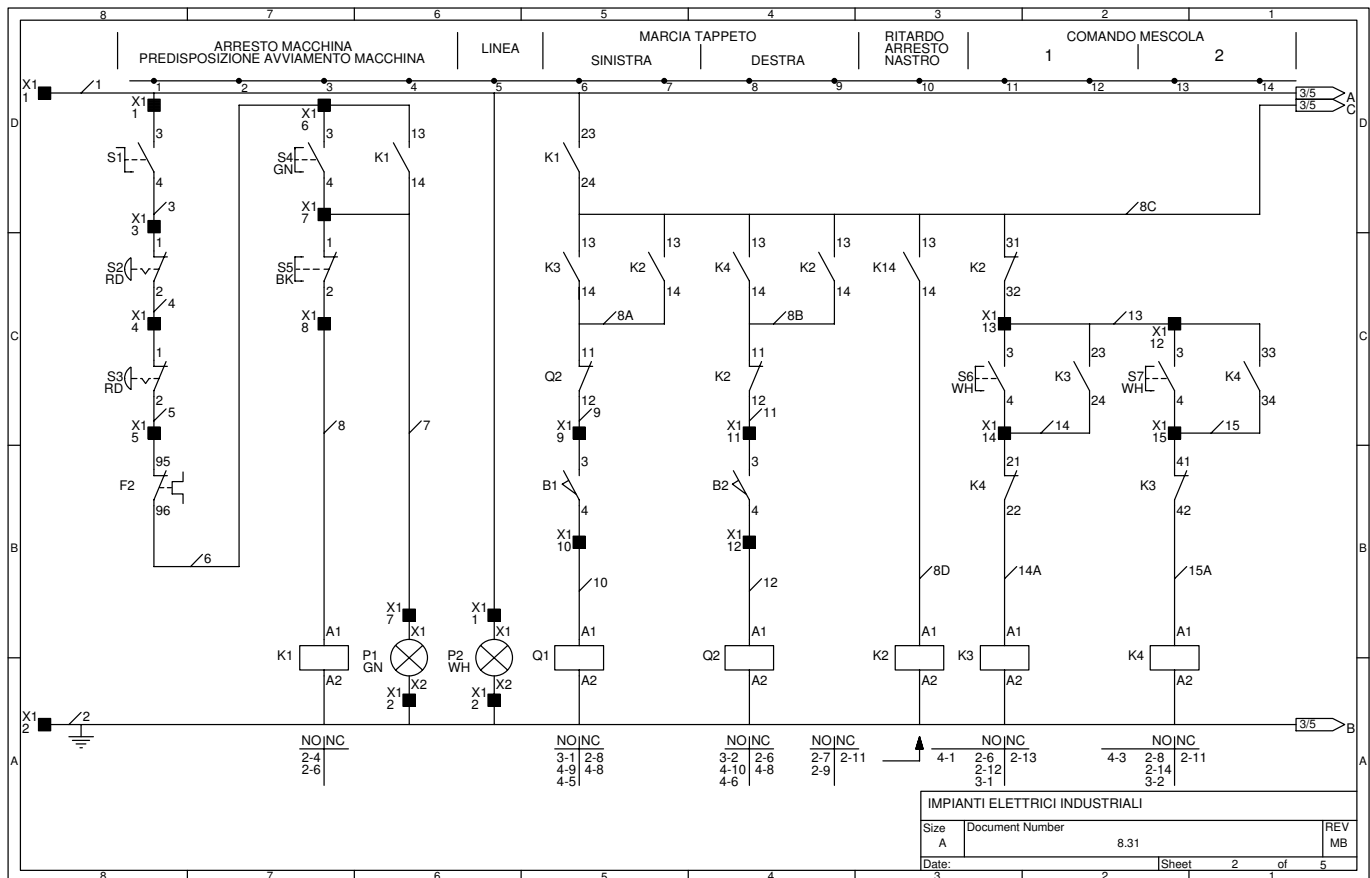
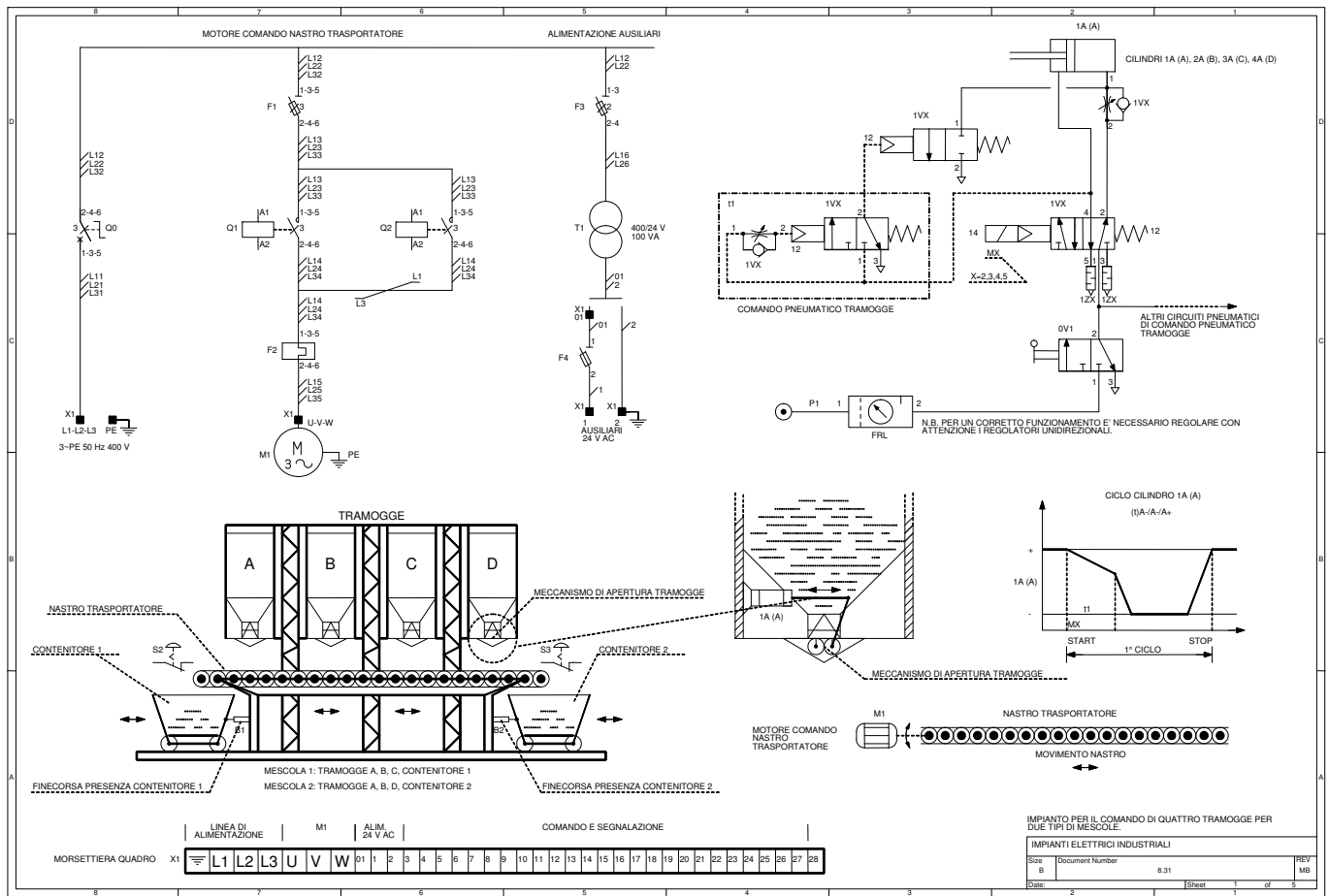
Se, per esempio, si sceglie la mescola 1, con il pulsante S6 verrà posto in marcia il nastro trasportatore in modo da portare i prodotti della mescola nel contenitore 1 (marcia del nastro a sinistra); trascorso il tempo fissato nel temporizzatore K5 (2 s), attivando l'elettrovalvola M2, si apre per 10 s (K9) la tramoggia A.

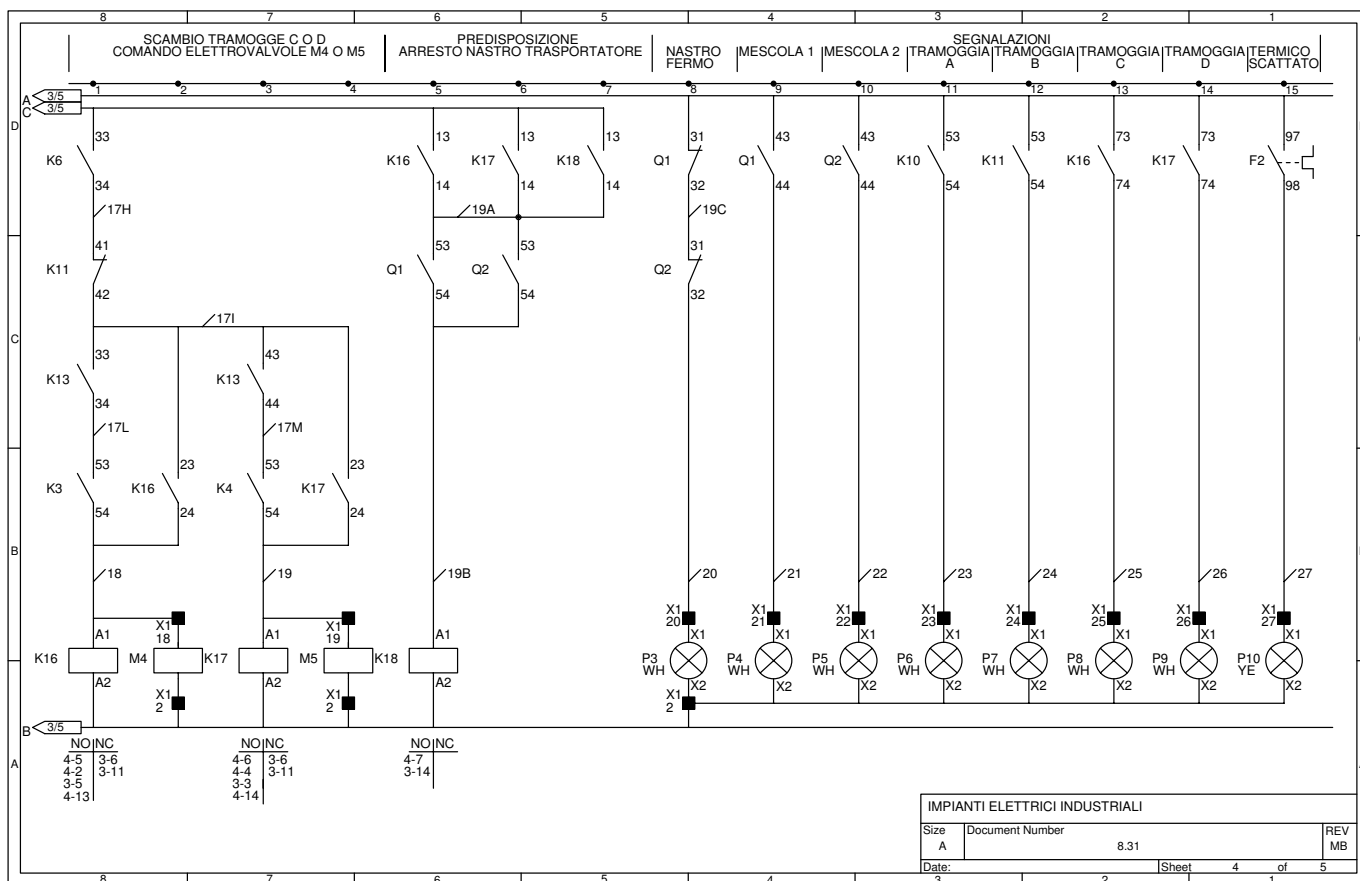
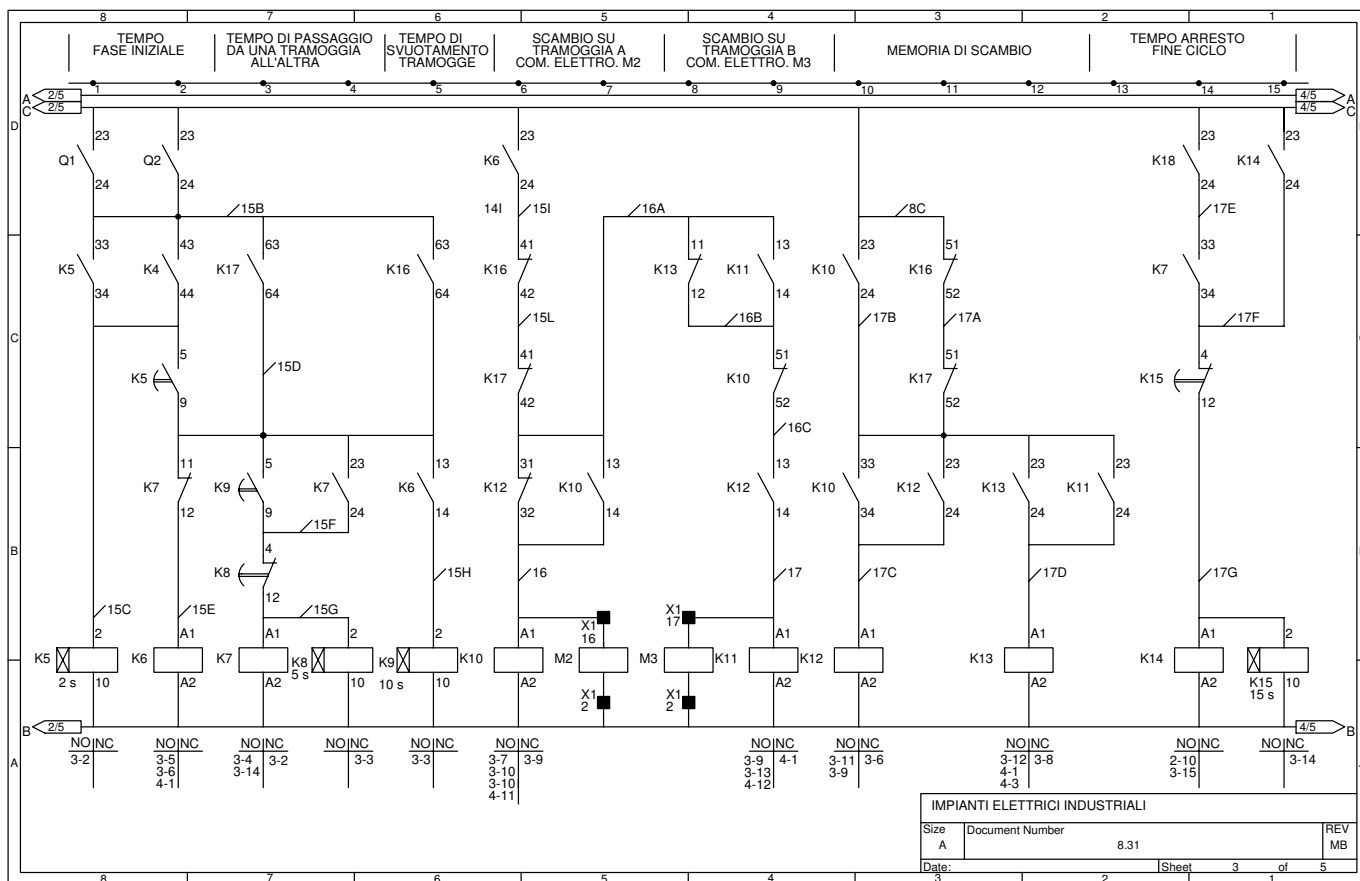
Trascorsi 5 s, attivando in questo caso l'elettrovalvola M3 (K8), è aperta la tramoggia B per un tempo di 10 s. Infine, dopo un tempo pari a 5 s, attivando l'elettrovalvola M4 (K8), è aperta la tramoggia C, sempre per un tempo di 10 s (K9).

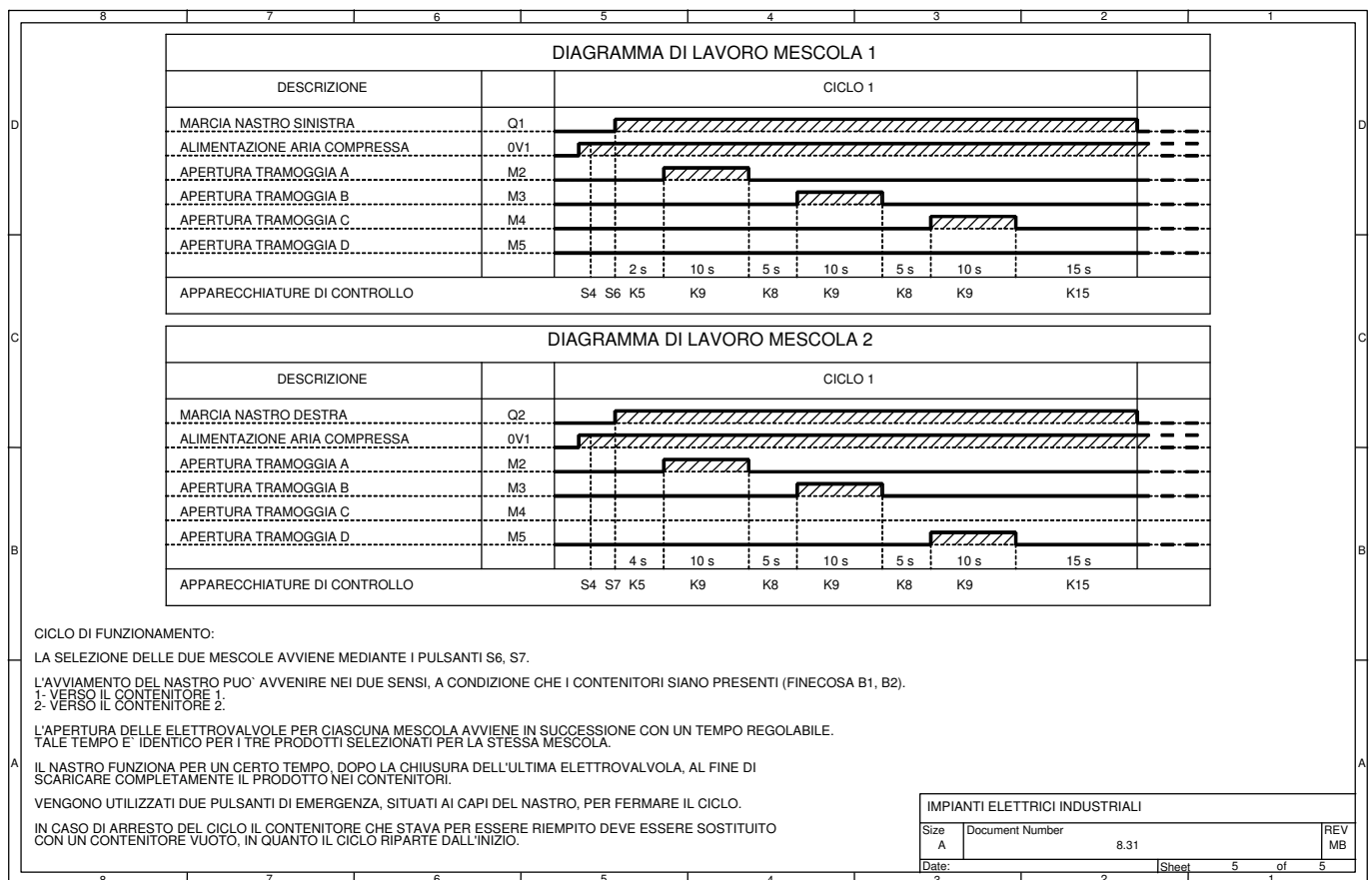
Il nastro, a questo punto, rimane in funzione per 15 s (K15) per far sì che i prodotti delle tramogge raggiungano il contenitore.

L'apertura delle elettrovalvole per ciascuna mescola avviene in successione, con un tempo regolabile identico per i tre prodotti selezionati per la stessa mescola.

Una volta completato il caricamento della mescola nel rispettivo contenitore, è necessario sostituirlo con uno vuoto. Analogamente, se il ciclo si arresta anzi tempo, il contenitore che stava per essere riempito deve essere sostituito con uno vuoto, in quanto, anche in questo caso, il ciclo riparte dall'inizio.







Nella quinta tavola sono presentati i diagrammi di lavoro che descrivono graficamente i due cicli per la preparazione delle due mescole.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 segnala che l'impianto è stato predisposto per l'avviamento; P2 segnala la presenza dell'alimentazione nei circuiti ausiliari; P3 indica che il nastro trasportatore è fermo (motore M1 fermo); P4 segnala che si sta preparando la mescola 1; P5 avvisa che si sta preparando la mescola 2; P6 indica che è aperta la tramoggia A; P7 segnala che è aperta la tramoggia B; P8 avvisa che è aperta la tramoggia C; P9 segnala che è aperta la tramoggia D; P10 segnala l'intervento del relè termico F2.

8.32 Impianto semaforico per incrocio stradale

L'impianto ora proposto è presentato su due tavole: la prima prevede lo schema topografico di un ipotetico simulatore semaforico relativo ad un incrocio stradale, mentre la seconda tavola presenta lo schema funzionale del circuito di comando.

La prima tavola presenta, come si è detto precedentemente, un simulatore nel quale sono previste le lampade del semaforo (si veda la tabella a lato della tavola 1), le lampade per l'illuminazione stradale (1, 2, 3, 4) comandate da un interruttore crepuscolare con fotoresistenza e da un interruttore per la predisposizione dell'illuminazione notturna (non previste nello schema funzionale della seconda tavola).

Sempre sul simulatore sono presenti un interruttore con la relativa lampada di segnalazione, per l'alimentazione del circuito di comando delle lampade di illuminazione stradale, nonché alcune boccole necessarie per il collegamento delle lampade al circuito di comando (si noti che sono utilizzate solo quelle da 1 a 8).

Queste boccole trovano corrispondenza nello schema funzionale con i morsetti X2 (bianchi) siglati con gli stessi numeri. Le lampade facenti parte dell'impianto semaforico sono attivate secondo la sequenza presentata nella tabella riportata nella prima tavola. È possibile, inoltre, abilitare il funzionamento notturno, che prevede l'accensione ad intermittenza delle lampade gialle.

Alcuni comandi permettono di gestire in manuale o in automatico l'impianto semaforico. Così, se il selettore S1, che abilita il funzionamento del circuito di comando, è aperto, è possibile, con il selettore S3, attivare manualmente il relè ad intermittenza K15, che permette di far accendere le lampade gialle in modo intermittente, mentre se S1 è chiuso è abilitato il ciclo automatico diurno. Il selettore S2 consente, invece, di attivare il funzionamento automatico per la notte o per il giorno, automatismo regolato da un orologio interruttore P1 che, con il contatto NC (riferimento 1), disabilita lo svolgimento delle varie fasi, mentre abilita l'intermittenza notturna (riferimento 13).

Le varie fasi nel ciclo relativo al giorno si susseguono automaticamente e i tempi sono fissati nei temporizzatori K8, K9, K10, K11, K12. La fase di accensione intermittente delle lampade verdi, relative ai passaggi pedonali, è regolata, invece, dai relè K13 e K14. Il relè K15 regola, invece, l'accensione intermittente delle lampade gialle durante la notte.

Il funzionamento diurno può essere così sintetizzato: dopo aver abilitato il circuito di comando, mediante il selettore S1, e aver scelto il ciclo diurno, mediante il selettore S2, è attivato il gruppo di lampade relativo alla prima fase, durante la quale sono accese le lampade P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8. Solo P7 e P8 sono verdi e consentono ai veicoli presenti nell'incrocio di passare (nel simulatore le strade in alto e in basso).

I pedoni possono attraversare le strade riportate nel simulatore a sinistra e a destra, in quanto si accendono le lampade pedonali verdi P9, P10, P11 e P12 (**fase 1**).

Sempre in queste due strade, dopo il tempo fissato in K8, sono attivate le lampade P13 e P14 (**fase 2**), che consentono ai veicoli nelle rispettive corsie di destra di attraversare l'incrocio (solo a destra).

A questo punto, dopo il tempo impostato in K9, si attivano le lampade gialle P15 e P16 (**fase 3**) che avvertono le rispettive strade che è imminente l'arrivo del segnale rosso.

Contemporaneamente, le lampade pedonali della fase 1 P9, P10, P11 e P12 cominciano a lampeggiare.

Trascorso il tempo impostato in K10, sono disattivate tutte le lampade relative alle fasi precedenti, mentre sono accese tutte le lampade da P17 a P28 (fase 4): le lampade P17, P19, P25, P26, P27 e P28 sono verdi, mentre le rimanenti sono rosse.

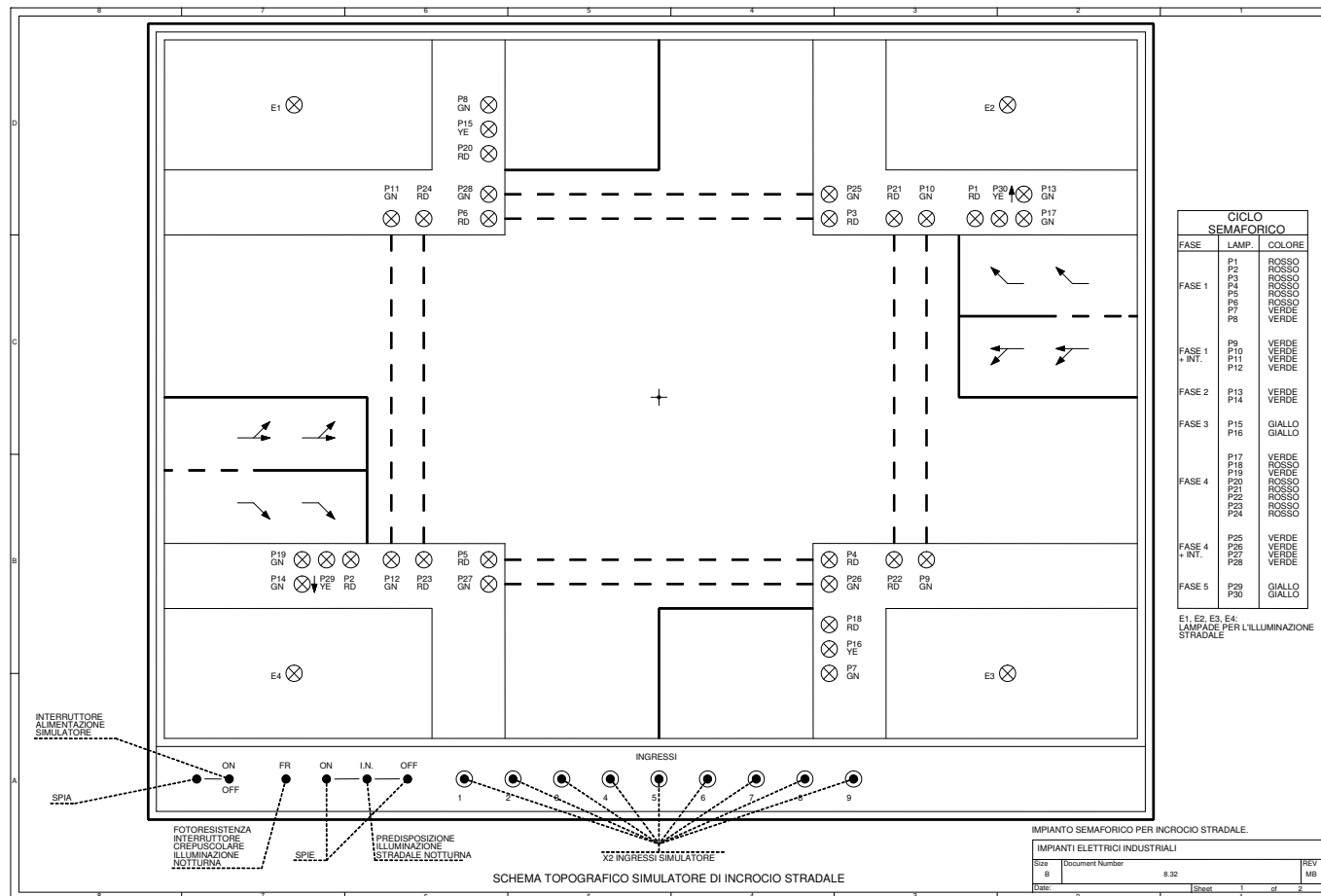
La **fase 4** prevede il verde per le strade rappresentate nel sinottico a sinistra e a destra, relativamente alla corsia che permette ai veicoli di proseguire dritto e svoltare a sinistra, mentre per i pedoni è possibile attraversare le strade rappresentate in alto e in basso.

Dopo che è trascorso il tempo impostato nel temporizzatore K11, le lampade pedonali P25, P26, P27 e P28 passano da luce fissa ad intermittente, avvertendo così i pedoni dell'imminente arrivo del rosso.

Nello stesso tempo sono accese le lampade gialle relative alla **fase 5**, che segnalano l'imminente arrivo del rosso per i veicoli che sono sulla strada.

Trascorso il tempo impostato in K12, il ciclo riparte dalla fase 1.

Si noti la presenza del relè K17, che consente l'eliminazione di problemi legati al funzionamento incerto tra il temporizzatore K10, che deve far proseguire il ciclo, e il relè K5, che lo deve diseccitare.



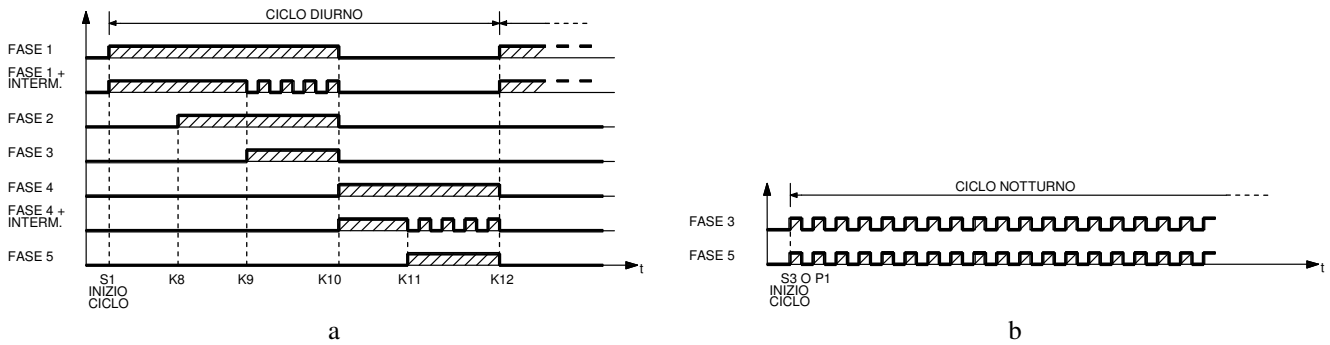
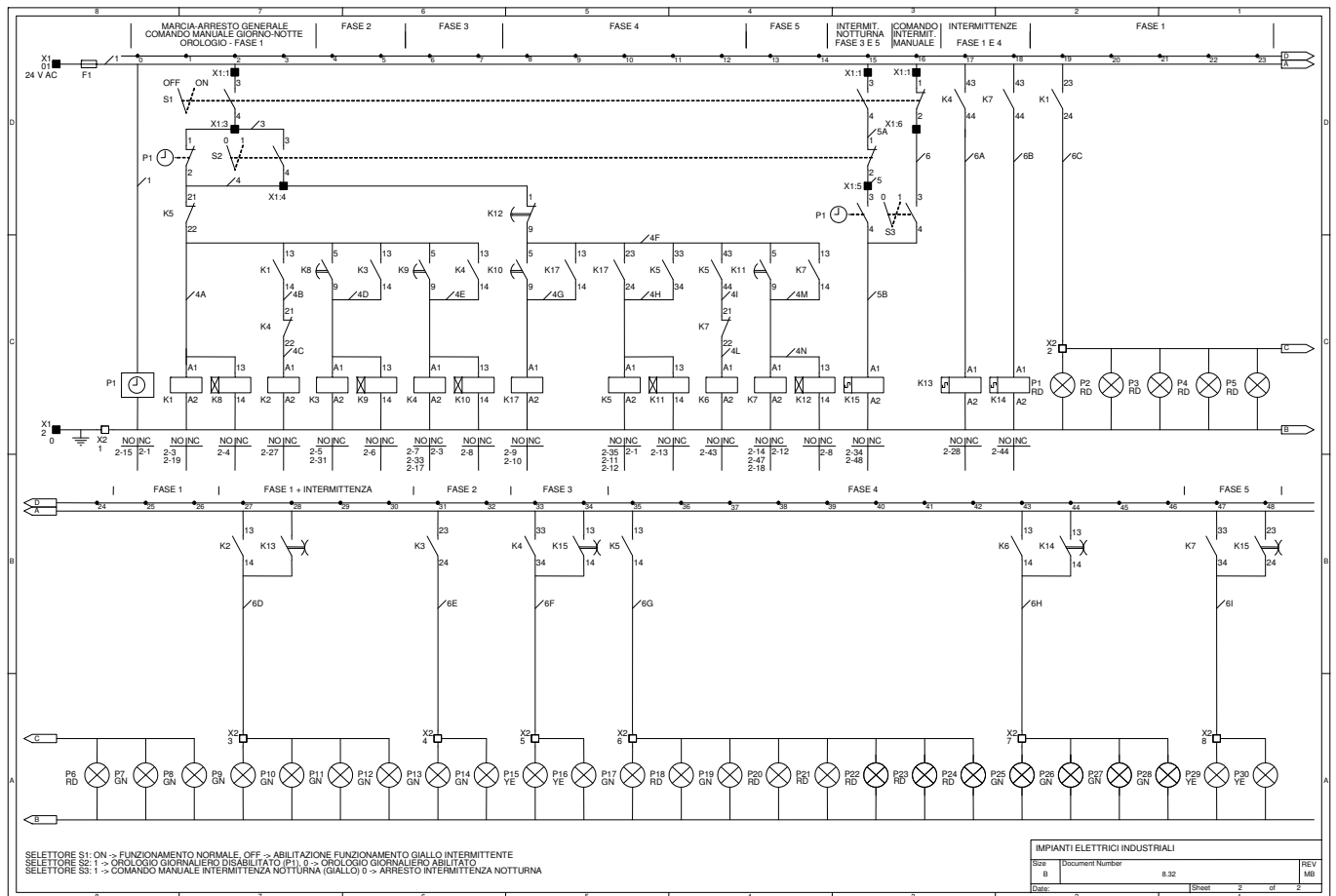


Fig. 8.30 - Diagrammi di lavoro: a) Ciclo diurno - b) Ciclo notturno.



8.33 Impianto per lo smistamento automatico di pezzi aventi due lunghezze predefinite (nel CD-ROM allegato)

8.34 Impianti di rifasamento

Di seguito sono riportati alcuni esempi di impianti di rifasamento relativi ad impianti utilizzatori trifase. Gli impianti di rifasamento sono descritti nel Capitolo 2 a cui si rimanda per un approfondimento.

8.34.1 Impianto di rifasamento singolo per un motore asincrono trifase

La prima tavola prevede il telecomando di un motore asincrono trifase M1, rifasato singolarmente mediante una batteria di condensatori C, collegati a triangolo.

La batteria è collegata permanentemente ai morsetti del motore.

Questo impianto (suddiviso su due tavole) presenta l'avviamento diretto di un motore asincrono trifase con i relativi schemi di potenza e funzionale.

Nello schema di potenza (tavola 1 di 2) è previsto un interruttore Q0 in grado di alimentare sia il circuito di potenza sia i circuiti ausiliari.

Il motore è comandato da un contattore Q1 e protetto dai cortocircuiti dai fusibili F1, mentre la protezione dai sovraccarichi è assicurata dal relè termico F2.

I circuiti ausiliari sono alimentati mediante il trasformatore T1 e sono protetti mediante i fusibili F3 e F4.

Il circuito di potenza, rispetto allo schema già descritto, prevede in più la batteria di condensatori necessaria per rifasare il motore.

I condensatori sono alimentati contemporaneamente agli avvolgimenti del motore.

Si noti come non siano state previste delle resistenze di scarica, in quanto i condensatori, quando è arrestato il motore, si scaricano attraverso l'avvolgimento statorico dello stesso, una volta riaperta la linea di alimentazione.

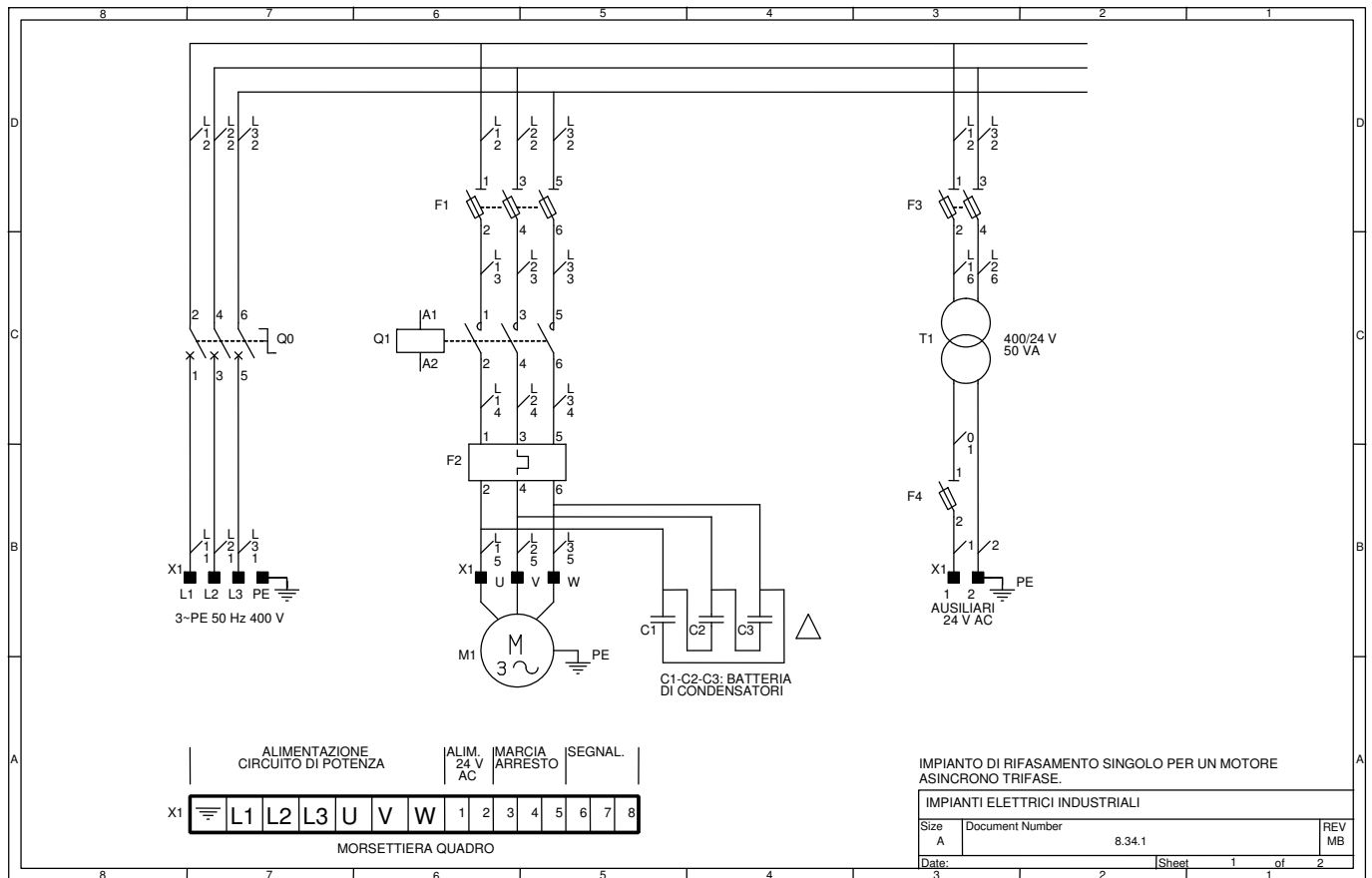
Vale la pena ricordare che la normativa prevede che la tensione deve essere minore di 50 V dopo un minuto.

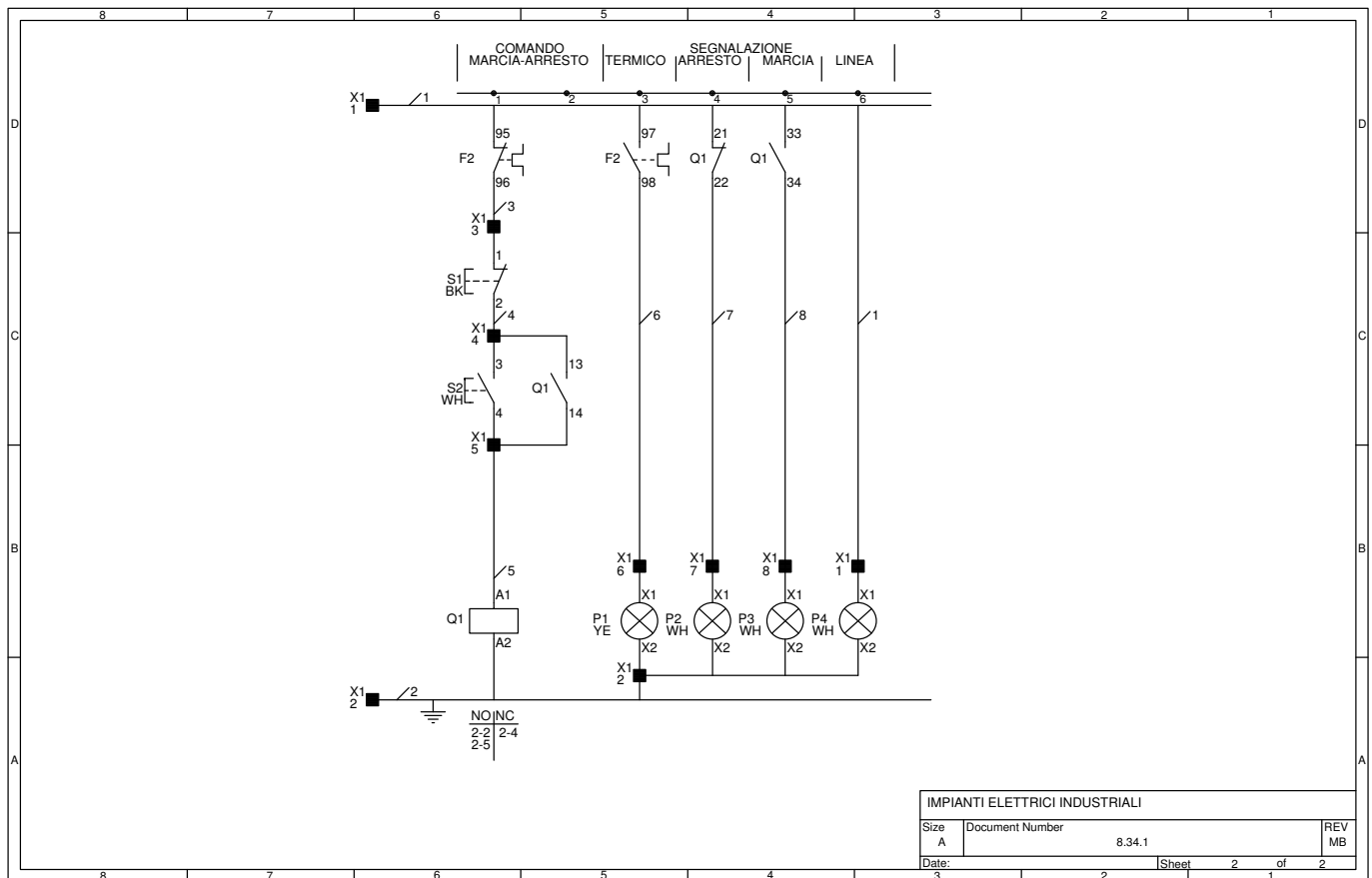
Qualora i condensatori non siano provvisti internamente di apposite resistenze di scarica, oppure se tale scarica non può essere effettuata dagli avvolgimenti del motore, secondo quanto indicato dalle norme, l'impianto deve essere dotato di appositi dispositivi di scarica, come mostrato negli impianti successivi.

Lo schema funzionale (tavola 2 di 2) prevede due pulsanti uno normalmente aperto (S2), che consente, se premuto, di avviare il motore, e l'altro normalmente chiuso (S1), che permette di arrestarlo.

Il motore si arresta anche se interviene il relè termico F2, in quanto si apre il contatto normalmente chiuso 95-96, che determina la diseccitazione del contattore Q1.

Completano l'impianto le seguenti lampade di segnalazione: P1 indica l'intervento del relè termico; P2 e P3 segnalano lo stato del motore e, in particolare, indicano, rispettivamente, che il motore è fermo e in marcia; P4 indica che i circuiti sono alimentati.





8.34.2 Impianto per l'inserzione di una batteria di rifasamento con resistenze di inserzione scarica rapida

Il secondo impianto proposto prevede l'inserzione di una batteria di condensatori, sempre collegati a triangolo, che consente il rifasamento di un gruppo di utilizzatori.

Il circuito di potenza, presentato nella prima tavola, prevede l'uso di due contattori Q1 e Q2 per l'inserzione della batteria.

Si noti la presenza delle resistenze di inserzione R3, R4, R5 e delle resistenze di scarica R1, R2.

Infatti, all'inserzione di un condensatore in rete, si ha un istantaneo forte assorbimento di corrente, che può risultare dell'ordine di 6÷7 volte la corrente di targa del condensatore.

Per attenuare l'assorbimento di tale corrente all'inserzione, sono usati degli inseritori dotati di resistenze di inserzione del valore di poche decine di ohm, che restano fuori servizio per brevi frazioni di tempo durante la manovra di chiusura del circuito.

Oltre a proteggere i contatti dall'elevata corrente, l'accorgimento consente di limitare le cadute di tensione in rete.

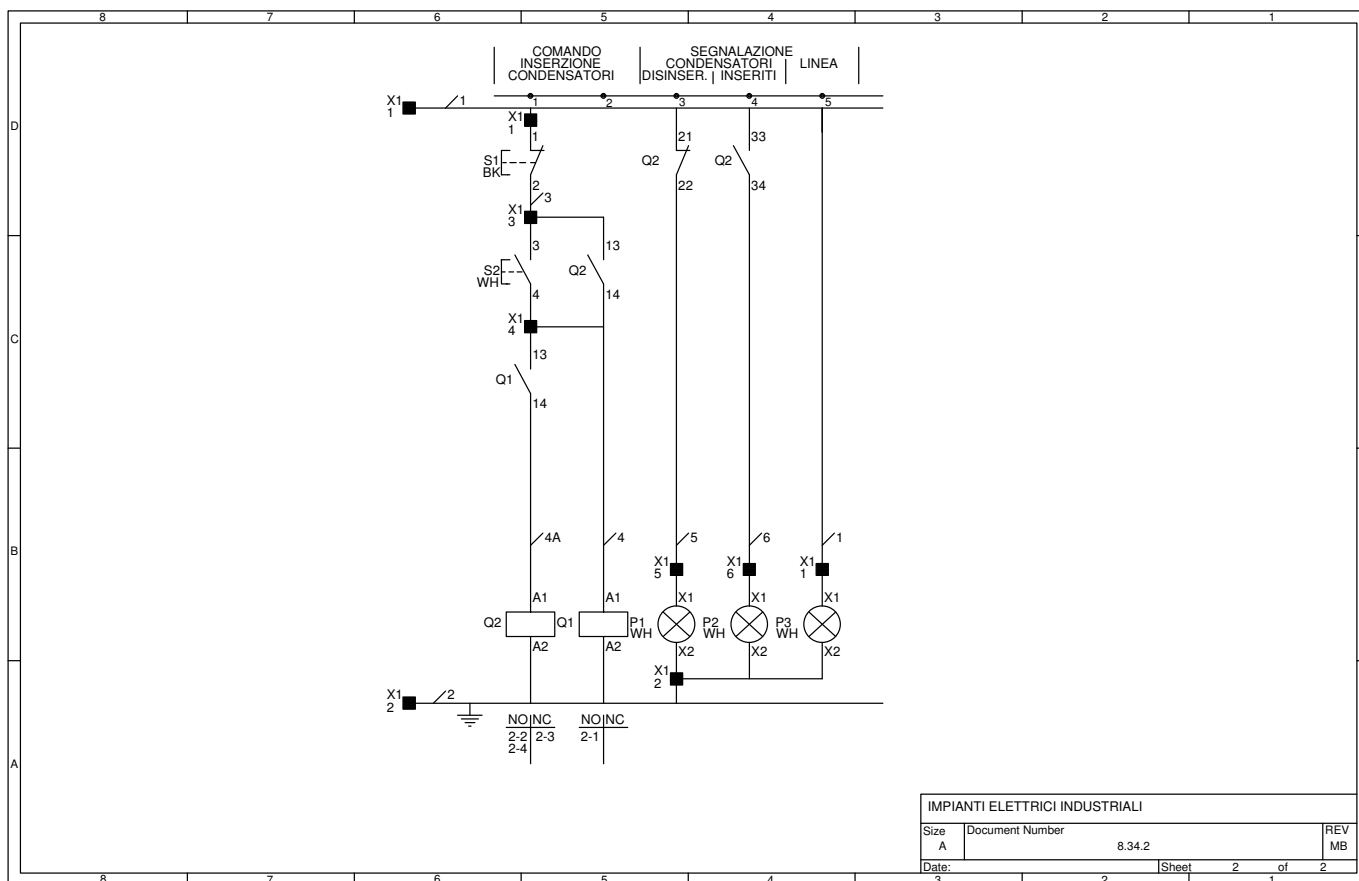
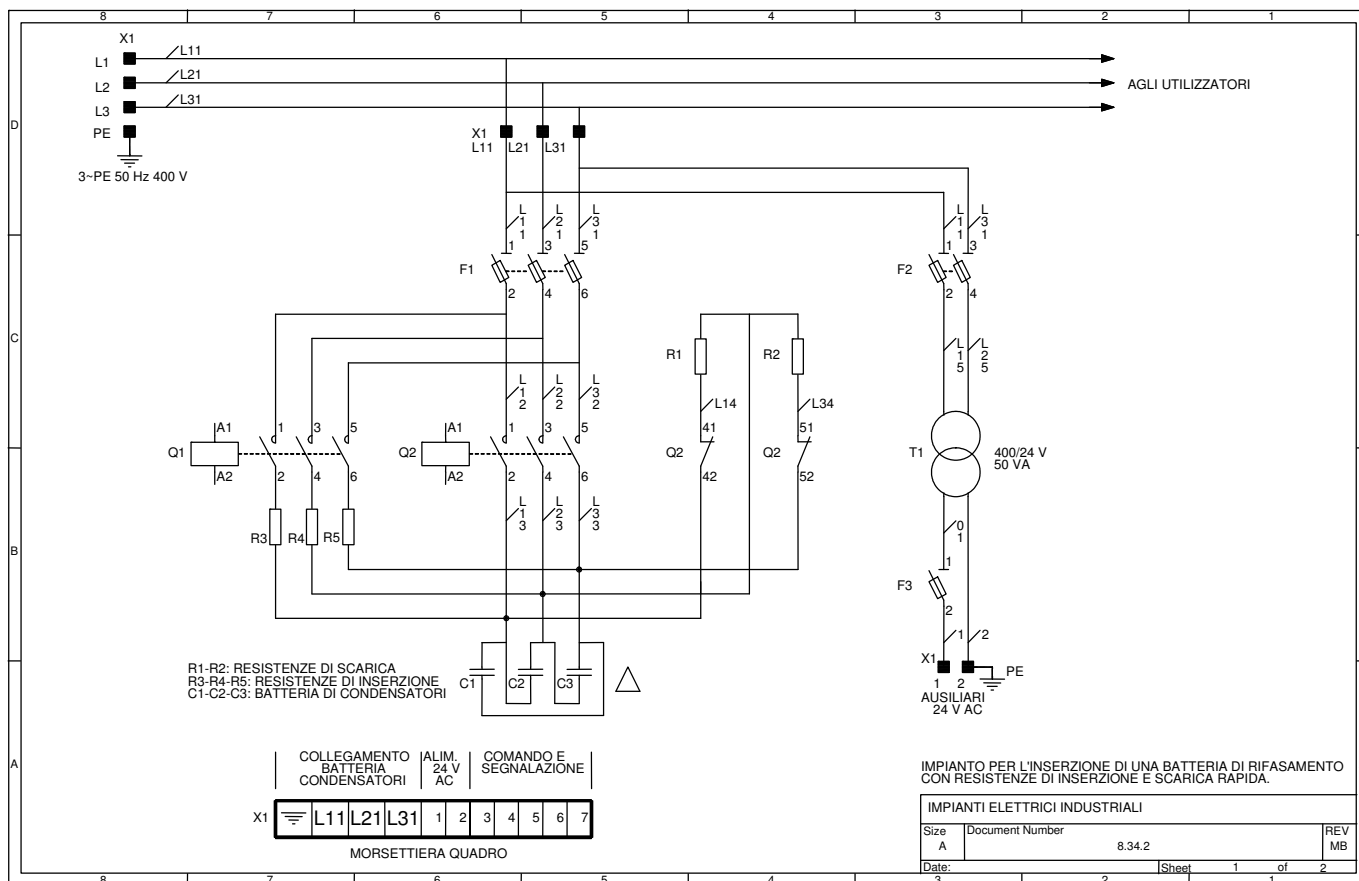
Il circuito di comando prevede un pulsante S2 in grado di eccitare il contattore Q1, che inserisce la batteria attraverso le resistenze di inserzione.

Dopo una frazione di secondo, il contattore Q1 chiude il suo contatto ausiliario al riferimento 1 dello schema funzionale, eccitando il contattore Q2, che, cortocircuitando le resistenze di inserzione, collega direttamente i condensatori alla rete da rifasare.

Con l'eccitazione di Q2 sono automaticamente disinserite le resistenze di scarica.

Le resistenze di scarica sono inserite, invece, automaticamente se si preme il pulsante S1, che consente la disinserzione della batteria di rifasamento, consentendo così la scarica dei condensatori.

L'impianto prevede anche un semplice circuito di segnalazione, che risulta costituito da tre lampade: P1 segnala che i condensatori sono disinseriti; P2 avvisa che i condensatori sono inseriti; P3 segnala che i circuiti ausiliari sono alimentati.



8.34.3 Teleavviatore protettore di marcia stella-triangolo con compensazione della potenza reattiva con condensatori indipendenti dall'avvolgimento del motore

Nello schema seguente è proposto un impianto di rifasamento singolo per motore asincrono trifase, in cui è previsto l'avviamento stella-triangolo.

In questo caso, i condensatori sono collegati, mediante il contattore Q4, direttamente ai morsetti U1, V1, W1 del motore M1, in modo che quest'ultimo venga rifasato sia durante l'avviamento a stella sia durante il funzionamento a triangolo.

All'arresto, quando si diseccica il contattore Q4, la batteria di condensatori non si può scaricare sugli avvolgimenti del motore, come, di solito, avviene nel rifasamento singolo dei motori con avviamento diretto o con altro tipo di avviamento che non sia stella-triangolo, perché, a causa dell'apertura dei contattori Q1 e Q3, il circuito degli avvolgimenti del motore è aperto.

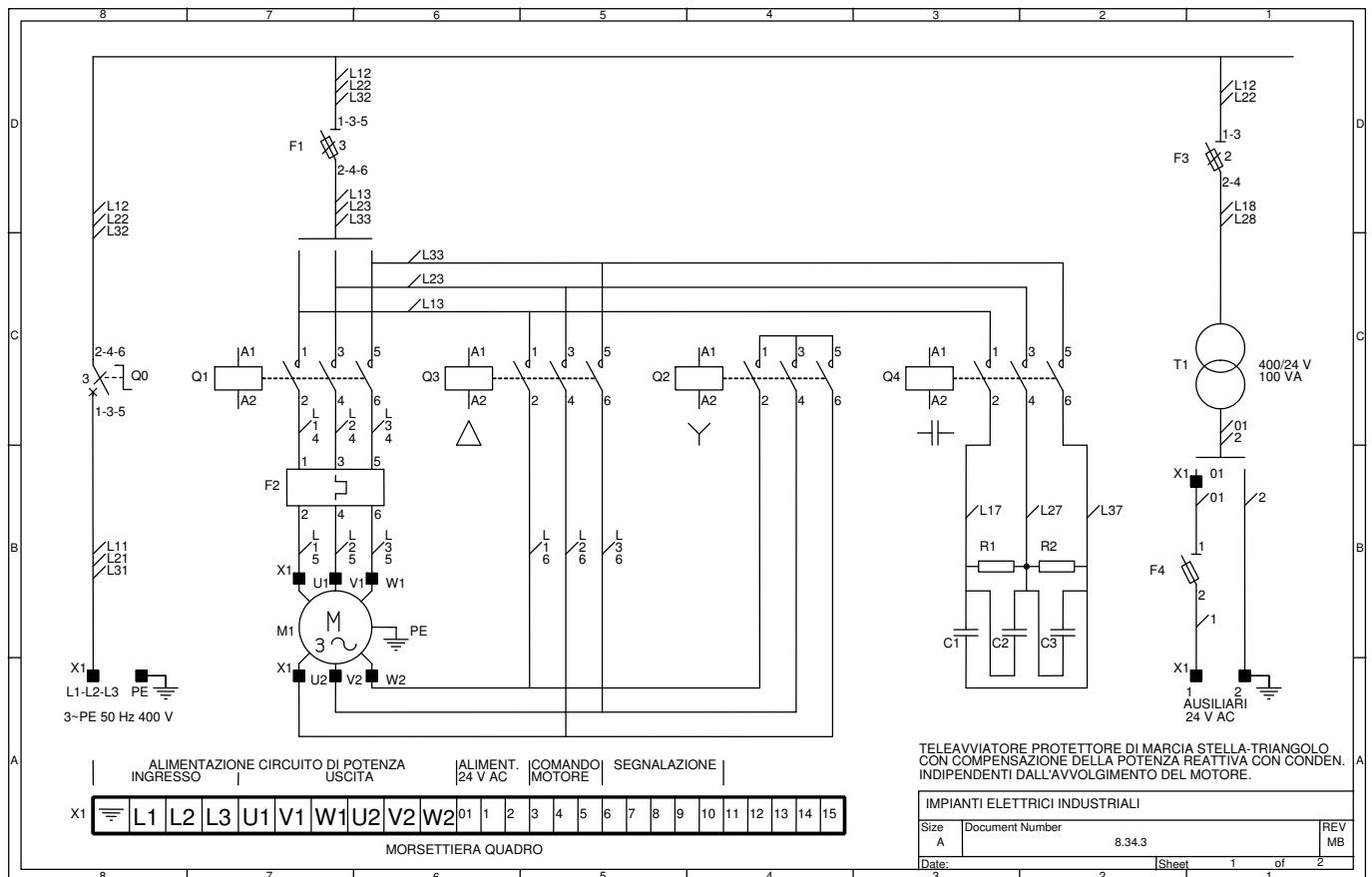
Si rende, quindi, necessario collegare delle resistenze di scarica, che, nello schema proposto, è previsto che siano con collegamento a triangolo aperto e permanentemente collegate ai condensatori.

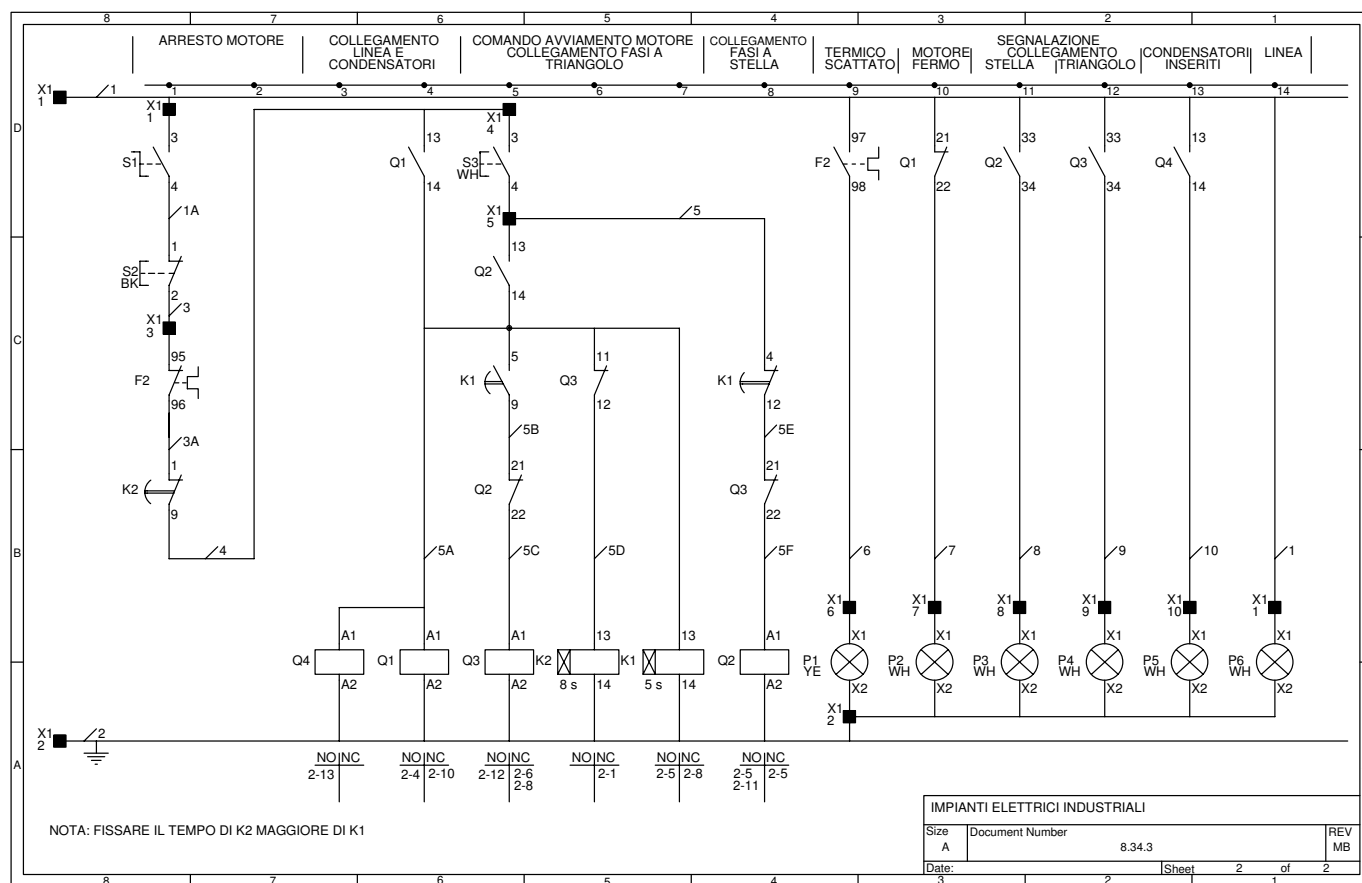
Lo schema di potenza, presentato nella prima tavola, prevede: il contattore Q1 di linea; il contattore Q2, che collega le fasi del motore a stella durante la fase di avviamento; il contattore Q3, che collega le fasi a triangolo ad avviamento avvenuto; il contattore Q4, che inserisce la batteria di condensatori collegati a triangolo.

Il circuito di comando, proposto nella seconda tavola, prevede i seguenti comandi: il selettore S1, che abilita il funzionamento del circuito; il pulsante S2 di arresto di emergenza; il pulsante S3 di marcia, che avvia il motore M1. Il circuito prevede, inoltre, un controllo sulla fase di avviamento, disattivando il motore se questo, per un malfunzionamento dell'impianto, trascorso il tempo di avviamento impostato in K1, non passa al collegamento a triangolo; infatti, se questo non avviene, il temporizzatore K2 (con un tempo impostato maggiore di quello di K1) disattiva il circuito di comando, arrestando il motore.

Il motore è disattivato immediatamente se interviene il relè termico F2, posto a protezione del motore contro i sovraccarichi.

Il circuito di segnalazione prevede le seguenti lampade: P1 segnala che il relè termico F2 è scattato; P2 indica che il motore M1 è fermo; P3 indica il collegamento delle fasi a stella (fase di avviamento); P4 indica il collegamento delle fasi a triangolo (fase di marcia); P5 segnala che i condensatori sono inseriti; P6 avvisa che i circuiti ausiliari sono alimentati.





8.34.4 Impianto di rifasamento centralizzato automatizzato

Lo schema che segue propone, invece, un impianto di rifasamento centralizzato automatico.

Questo schema è usato quando il fattore di potenza relativo agli utilizzatori varia e si desidera adeguare, in ogni istante, la potenza reattiva capacitiva dei condensatori a quella induttiva richiesta dagli utilizzatori, come nel caso, per esempio, dei motori asincroni trifase, che hanno un fattore di potenza tanto più basso quanto più il motore lavora a carichi inferiori al normale e quanto più è elevato il numero di poli del motore.

L'impianto, come è possibile vedere nella tavola, è costituito da:

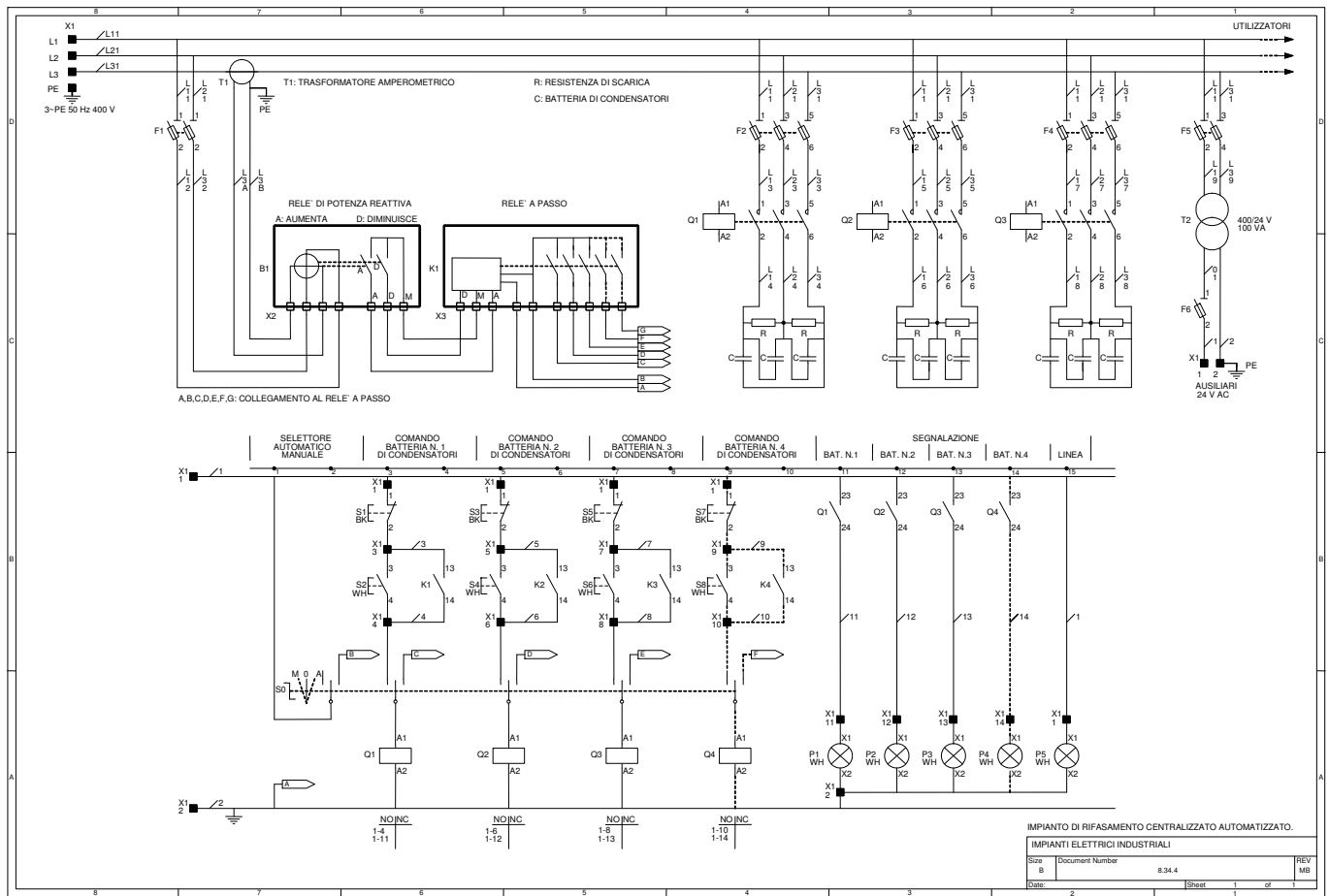
- un certo numero di batterie di condensatori C (per esempio, tre), normalmente collegate a triangolo, con relative resistenze di scarica R;
- un misuratore di potenza reattiva B1 (di tipo elettronico), installato a monte di tutto l'impianto, che, secondo il valore del fattore di potenza in linea, comanda la chiusura di un suo contatto per un aumento del $\cos \varphi$ (contatto A) o per una diminuzione del $\cos \varphi$ (contatto D); il relè di potenza reattiva, come è possibile vedere dallo schema, controlla l'angolo di sfasamento tra la tensione e la corrente di linea, misurando la tensione tra i conduttori L11 e L21, mentre la corrente è rilevata mediante un trasformatore amperometrico T1 sulla linea L31;
- un relè a passo K1 che, azionato dai contatti di B1 visti precedentemente, comanda, a sua volta, la chiusura o l'apertura dei suoi contatti, che inseriscono o disinseriscono dei condensatori di rifasamento mediante l'uso, per esempio, di tre contattori Q1, Q2, Q3.

Lo schema proposto prevede anche la possibilità di un comando manuale per l'inserzione o la disinserzione dei condensatori. Infatti, il circuito di comando prevede un selettore a tre posizioni S0, che permette il comando manuale (M) e automatico (A), nonché anche la disattivazione dell'impianto di rifasamento (0).

Quando si attiva il comando manuale, i condensatori sono inseriti mediante i contattori Q1, Q2, Q3, che sono eccitati, rispettivamente, azionando i pulsanti S2, S4, S5, mentre possono essere diseccitati mediante i pulsanti S1, S3, S5.

Lo schema funzionale rappresenta anche (con linea tratteggiata) un'eventuale quarta batteria di condensatori inserita dal contattore Q4 (la batteria non è stata rappresentata nel circuito di potenza). Qualora sia scelto, invece, il comando automatico, i contattori sono collegati al relè a passo K1, che provvede direttamente a eccitarli.

Il circuito di segnalazione prevede le lampade P1, P2, P3 e, eventualmente, P4, per segnalare l'inserzione della prima, seconda, terza e, eventualmente, quarta batteria di condensatori.



8.35 Domande di verifica ed esercizi da risolvere

In questo capitolo è presentata una serie di esercizi utili per comprendere gli impianti elettrici industriali, in particolare in riferimento agli automatismi industriali.

Sono proposti una serie di domande di verifica (aperte e a scelta multipla, contrassegnate con D) e una serie di esercizi (contrassegnati con E) inerenti semplici cicli manuali, cicli automatici, impianti per l'automazione di macchine utensili, per la movimentazione di pezzi, per la miscelazione, la movimentazione e il dosaggio di sostanze sfuse o liquide e così via. Ogni esercizio è introdotto da un testo, in cui sono indicate le modalità di funzionamento del ciclo o dell'impianto, nonché il numero e il tipo di apparecchiature necessarie (pulsanti, finecorsa, sensori, contattori, elettrovalvole, lampade di segnalazione, ecc.), indicate mediante sigle conformi alle norme CEI.

Oltre al testo, ogni esercizio è corredato, nei casi più complessi, da un disegno esplicativo dell'impianto o da un diagramma di lavoro per meglio far comprendere il funzionamento dell'automatismo.

Nella stesura degli esercizi, sono stati considerati anche alcuni aspetti legati alla sicurezza degli impianti e del personale addetto alla conduzione: per esempio, sono stati utilizzati spesso il pulsante di arresto di emergenza e il pulsante di arresto a fine ciclo, oppure l'impianto è stato dotato, per esempio, di interruttore di posizione meccanico finecorsa e/o interruttori fotoelettrici di sicurezza.

L'uso di motori asincroni trifase, anche se in alcuni casi non è stato esplicitamente indicato nel testo degli esercizi, prevede l'utilizzo dei relè termici necessari per la loro protezione contro i sovraccarichi e, di conseguenza, sarà necessario inserire nel progetto dell'impianto tali dispositivi, sia nel circuito di potenza sia in quello di comando.

Nella risoluzione degli esercizi possono essere aggiunti anche ulteriori dispositivi (per esempio, interruttori fotoelettrici, di prossimità, pulsanti, relè) anche se non indicati nel testo dell'esercizio, ricordando, però, di utilizzare il minor numero possibile di componenti per la realizzazione pratica dell'impianto.

Gli esercizi proposti da risolvere possono essere proficuamente utilizzati anche per lo studio dei controllori logici programmabili PLC, convertendo la logica elettromeccanica (cablata) in logica programmabile.

8.35.1 Domande di verifica (nel CD-ROM allegato)

8.35.2 Esercizi da risolvere (nel CD-ROM allegato)

INDICE ANALITICO

A			
Abbagliamento	283	Avviamento temporizzato coda-testa	772
- debilitante	283	Avviatore statico soft start.....	681
- molesto	283	Avviatori	680
- , classi di	259	- con autotrasformatori	760
- , indice unificato di	259	- statorici	758, 761
Accensione		Avvolgimenti	
- automatica	412	- di eccitazione	709, 716
- in due gruppi	390	- di indotto	50, 711
- serale fissa	391	- statorici	635, 765
- unica temporizzata	390	Avvolgimento	
Adattatori	158	- Dahlander	764
AEIT (<i>Federazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni</i>)	11	- di commutazione	50
Alimentatore	422	- di compensazione	50
- base	343	- statorico	636, 671
Alimentatori supplementari	343	Azionamenti	
Alimentazione monofase	668	- elettronici	690, 711, 718
Alimentazioni	38	- in corrente alternata	706
Allarmi tecnici	416	- in corrente continua	718
Allineamento	39, 535	- trifase	713, 714, 717
Alternatori switching	618	Azione PID (Proporzionale Integrata Derivata)	587, 588, 589
Ambiente	61, 62	B	
Amplificatori	343	Bagno	380, 382, 383
Ampolle reed	502	Bar	394, 395
Anello di guasto	441	Barriere	
Angolo di accensione	682	- architettoniche	433
ANIE Federazione (<i>Federazione Italiana Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche</i>)	11	- fotoelettriche	543, 544
Anima	71, 74	Batteria di rifasamento	821
Antenna TV	347, 406	Blocchi di funzione (FBD)	569
Antifurto	346	Bobina	47
Apparecchi		- di eccitazione	302, 304, 305, 307, 308
- ausiliari di comando	443	Box	388, 389
- da centralino	367	BUS	407, 408
- di comando	154, 374, 375	C	
- di illuminazione	253, 255, 262	Cabine	
- di manovra	493	- di consegna	65, 66
- di protezione	443	- di trasformazione	65
- industriali a bassa tensione	45	- MT/BT	65
- per circuiti di potenza	443	Cablaggi	263, 606
Apparecchiatura civile modulare	292	Cablaggio	79, 511, 611
Apparecchiature di elaborazione dati	406	CAD	8
Armadio elettrico	619	Caduta di tensione	87, 88, 365, 441, 442
Armoniche	692	Calcolo illuminotecnico computerizzato	290
Arresto dolce	684	Camera	378, 379, 390
Ascensori	406, 786	- di soffio	106
ASIC (<i>Application Specific Integrated Circuit</i>)	695	Camme elettroniche	594
Aspiratore	328	Campo	
Assorbimento nominale	457	- magnetico	711
Attuatori	53, 407, 487	- visivo	535, 536
- BUS	410	Canalette	94, 611
- di arresto/disinserzione	55	Canali	93
- di avviamento/inserzione	55	Canalizzazioni	89
- di ripristino	55	Cancello elettrico	790
- non luminosi	55	Cantine	385, 386
- pneumatici	596	Capacità	669
Automatismo integrato domotico	407	Capicorda	102, 103, 612, 613
Automazione	412	Capsule	221
- BUS	407	Carichi elettrici	414
Autotrasformatore	761	Cassette	97, 98, 99
Autotuning	693, 699	Catarifrangente	545
Avanzamento automatico	801	Cavi	130, 472, 611
Avviamenti prolungati	667	- a fibra ottica	549
Avviamento	683, 751	- armonizzati	71, 72
- a limitazione di corrente	683	- elettrici	71, 74, 78, 79
- a piena tensione	684	- elettrici, classi di servizio dei	78
- con autotrasformatore	680, 751, 761, 763	- multipli	71
- con resistenze	751, 762	- multipolari	82
- diretto	729, 763	- non armonizzati	73
- statorico	680	- non propaganti	77
- stella/triangolo	664, 751, 752, 754, 763, 680, 823	- per cablaggio interno	79
		- per citofoni	74
		- per suonerie	74
		- resistenti al fuoco	77
		- schermati multipolari	74
		- telefonici a coppie	74
		Cavi	
		- unipolari	71, 81
		- , posa dei	75, 79
		Cavidotti	89
		CEI (<i>Comitato Elettrotecnico Italiano</i>)	7, 11
		- 2-3 (Norma)	635, 644
		- 2-7 (Norma)	639, 640
		- 2-8 (Norma)	49, 50, 658, 665
		- 2-14 (Norma)	645
		- 3-19 (Norma)	576
		- 3-33 (Norma)	40
		- 3-34 (Norma)	25
		- 3-36 (Norma)	8, 42
		- 3-47 (Norma)	25, 27, 28, 29, 37
		- 7-6 (Norma)	389
		- 16-1 (Norma)	37, 42
		- 16-2 (Norma)	43, 44, 45
		- 16-3 (Norma)	53, 487
		- 16-6 (Norma)	53, 56, 491
		- 17-5 (Norma)	439
		- 17-11 (Norma)	447
		- 17-13 (Norma)	434, 607, 608
		- 17-13/1 (Norma)	367, 369, 623, 624, 625
		- 17-17 (Norma)	45, 46, 47, 48, 454, 455, 466, 490
		- 17-18 (Norma)	45
		- 17-28 (Norma)	47
		- 17-44 (Norma)	444, 447, 458
		- 17-45 (Norma)	444, 447, 484, 486, 493
		- 17-50 (Norma)	443, 729, 761
		- 17-53 (Norma)	513
		- 20-22 (Marchio)	77
		- 20-22 (Norma)	389
		- 20-27 (Norma)	71
		- 20-35 (Norma)	389
		- 20-37 (Marchio)	77
		- 20-38 (Marchio)	77
		- 20-39 (Marchio)	77
		- 20-40 (Norma)	75
		- 23-3 (Norma)	116, 117
		- 23-3/1 (Norma)	472
		- 23-12 (Norma)	158, 163, 164
		- 23-14 (Norma)	374
		- 23-20 (Norma)	101, 102
		- 23-21 (Norma)	101, 102
		- 23-31 (Norma)	89
		- 23-32 (Norma)	89, 93, 374
		- 23-36 (Norma)	89
		- 23-39 (Norma)	89, 90
		- 23-48 (Norma)	369
		- 23-49 (Norma)	369
		- 23-50 (Norma)	158, 372
		- 23-51 (Norma)	434, 623, 624
		- 23-52 (Norma)	369
		- 23-54 (Norma)	89
		- 23-55 (Norma)	89
		- 23-56 (Norma)	89
		- 23-58 (Norma)	89
		- 24-1 (Norma)	58
		- 30-36 (Marchio)	77
		- 31-30 (Norma)	389
		- 31-33 (Norma)	389
		- 32-1 (Norma)	149, 150
		- 32-4 (Norma)	149
		- 32-5 (Norma)	149
		- 32-7 (Norma)	149
		- 33-5 (Norma)	129
		- 34-3 (Norma)	223
		- 34-5 (Norma)	223
		- 34-6 (Norma)	223
		- 34-14 (Norma)	218
		- 34-15 (Norma)	223
		- 34-21 (Norma)	253, 263
		- 34-22 (Norma)	253
		- 34-23 (Norma)	253

- CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)
- 34-54 (Norma).....223
 - 34-65 (Norma).....218
 - 44-5 (Norma).....146, 448, 472, 487, 488, 610, 611, 614, 615, 623, 624, 625, 626, 687, 728
 - 44-8 (Norma).....487
 - 64-8 (Norma).....101, 108, 113, 114, 132, 133, 142, 263, 71, 74, 75, 76, 87, 108, 380, 383, 386, 388, 389, 393, 394, 396, 397, 398, 399, 402, 404, 422, 427, 428, 438, 439, 441, 624
 - 64-50 (Norma).....352, 361, 380, 383, 386, 391, 403
 - 64-51 (Norma).....352, 398
 - 64-52 (Norma).....352, 399
 - 64-53 (Norma).....352
 - 64-54 (Norma).....352, 394
 - 64-55 (Norma).....352, 397
 - 64-56 (Norma).....396
 - 64-57 (Norma).....352
 - 70-1 (Norma).....95, 96, 385, 607
 - 74-2 (Norma).....10
 - 79-2 (Norma).....422, 428, 429
 - 79-3 (Norma).....421, 427, 428
 - 100-119 (Norma).....420
 - 205 (Norma).....408
 - 1335P (Guida).....132
 - EN 50090 (Norma).....408
 - EN 50291 (Norma).....198
 - EN 60034-1 (Norma).....41, 642, 643, 644, 664, 671
 - EN 60034-11 (Norma).....635
 - EN 60061-1 (Norma).....218
 - EN 60064 (Norma).....218
 - EN 60081 (Norma).....223
 - EN 60155 (Norma).....223
 - EN 60188 (Norma).....223
 - EN 60192 (Norma).....223
 - EN 60204-1 (Norma).....98, 622, 623
 - EN 60439-1 (Norma).....623
 - EN 60529 (Norma).....95, 96, 135
 - EN 60669-2-1 (Norma).....181
 - EN 60898 (Norma).....116, 117, 118
 - EN 60928 (Norma).....223
 - EN 60947-2 (Norma).....117, 118
 - EN 60947-2 A1 (Norma).....142
 - EN 61008-1 (Norma).....140
 - EN 61009-1 (Norma).....140, 142
 - UNEL 00722 (Tabella).....73, 74
 - UNEL 05515-71 (Tabelle).....647, 648
 - UNEL 61671 (Norma).....218
- CENELEC (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics).....660
- CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique).....7
- EN 61082-1 (Norma).....8
 - HD 361 (Documento).....71
- Centrale
- di elaborazione.....422
 - termica.....353
- Centralino.....350, 367
- di distribuzione.....103, 365
 - di portineria.....335
- Certificato di prevenzione incendi.....387
- Cesoia.....809
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).....258
- Cilindri
- a doppio effetto.....504, 600
 - a semplice effetto.....600
 - pneumatici.....595, 600, 601, 603
- Circuiti
- di alimentazione.....426
 - di elaborazione.....426
 - di programmazione.....426
 - di protezione.....437
 - di ricezione.....426
 - di segnalazione.....426
 - di uscita.....426
 - principali.....39
- Circuito
- antidisturbo.....626
 - di distribuzione.....362
 - di logica.....534
 - di protezione.....611, 623, 624
 - fase-neutro (o fase-fase).....88
 - trifase.....88
 - Climatizzazione.....412, 413
 - Clip a scatto.....91
 - CMI n. 1800/4108.....388
 - CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche).....11
 - Codice
 - di funzione.....25
 - di identificazione.....25
 - di prodotto.....26, 27, 28
 - di ubicazione.....26
 - IP.....95, 96 - Codifica con colori.....53
 - Coefficiente
 - di contemporaneità.....362
 - di invecchiamento.....283, 287 - Collegamenti
 - elettrici.....662
 - equipotenziali.....381, 402, 728
 - equipotenziali principali (EQP).....404
 - equipotenziali supplementari (EQS).....402, 404 - Collegamento
 - a stella.....663
 - a triangolo.....663
 - Dahlander.....766 - Colonne
 - luminose.....483
 - montanti.....347, 363, 365, 384, 385 - Comandi luminosi.....371
 - Comando, organo di.....422
 - Comfort visivo.....280
 - Comitato tecnico
 - 23.....374
 - 34.....253
 - 96.....133, 188, 402 - Commutatore.....154, 156, 296, 328, 447, 668
 - Commutazione di polarità.....764
 - Compensazione.....698
 - Condensatori.....127, 670, 668, 823
 - di avviamento elettrolitici.....671 - Conduttore
 - di terra (CT).....87, 437, 406
 - PEN.....69, 441 - Conduttori.....87, 434
 - caricati.....81, 82
 - designati.....44
 - di fase.....87, 114, 404
 - di neutro.....69, 87, 114, 611
 - di potenza.....611
 - di protezione (PE).....69, 87, 404, 405, 437
 - equipotenziali.....406
 - equipotenziali principali (EQP).....437
 - equipotenziali supplementari (EQS).....437
 - isolati.....42
 - particolari.....43, 45
 - , numero di.....35 - Connessione
 - a stella.....127
 - a triangolo.....127
 - Dahlander.....766
 - fisica.....406
 - logica.....406 - Connessioni.....32
 - Contaimpulsivi.....556, 564, 565, 727, 774, 778
 - Contatti.....40
 - ausiliari.....47, 451, 454, 455
 - di potenza.....47, 451, 454
 - principali.....451
 - reed.....503, 505, 506, 507 - Contatto
 - di autoalimentazione.....719
 - di ritegno.....719 - Contattore
 - di by-pass.....687
 - di cortocircuito.....469
 - di potenza.....47 - Contattori.....451, 452, 454, 455, 456, 458, 459, 462, 471, 472, 475, 727
 - ausiliari.....452, 460
 - di potenza.....453
 - , anomalie dei.....462
 - Conteggio.....564
 - Contentori.....434
 - stagni.....99 - Controllo
 - accessi.....413
 - di velocità.....716
 - infissi.....412, 413
 - PID.....698
 - pompe.....684 - Controllore Logico Programmabile (PLC).....463, 490, 510, 514, 556, 566, 584, 585, 592, 617, 618, 621, 622, 727
 - Conversione AC/DC.....691
 - Convertitore.....716
 - di frequenza.....693
 - di frequenza vettoriale.....703 - Convertitori.....715
 - a tiristori.....715
 - di frequenza.....706 - Coppia.....649, 650, 652, 677, 679, 709, 712, 761
 - a rotore bloccato a riposo.....652
 - accelerante media.....654
 - con avviamento diretto.....730
 - del carico.....652, 653
 - di accelerazione.....652
 - di avviamento.....666, 686
 - di spunto.....652, 659, 730, 761, 762, 763
 - elettromagnetica.....693
 - massima.....652, 653, 659, 762
 - meccanica.....709, 710
 - media del carico.....649, 650
 - minima all'avviamento.....652, 653
 - motore.....652, 653
 - motrice.....711
 - nominale.....649, 652, 653, 659, 730
 - resistente.....651, 730, 761 - Coprimorsettiera.....657
 - Corrente.....434, 677, 691, 712
 - assorbita.....87, 472, 653, 659, 711
 - con avviamento diretto.....761, 762
 - convenzionale di fusione.....149
 - convenzionale di intervento.....118
 - convenzionale di non fusione.....149
 - convenzionale di non intervento.....118
 - d'impiego.....362
 - di cortocircuito.....105, 110, 112, 118, 129, 370, 441, 442
 - di eccitazione.....709, 712
 - di elettrocuzione.....132
 - di fase.....663
 - di funzionamento.....117
 - di impiego.....88, 108
 - di indotto.....709, 710
 - di inserzione.....729
 - di intervento.....118, 370, 473, 476
 - di lampada.....231
 - di non funzionamento.....117
 - di prova intervento.....118
 - di regolazione.....467, 471, 473, 476
 - di scambio.....113
 - di sovraccarico.....106
 - di spunto.....729, 730, 761, 762, 763
 - differenziale.....141
 - limitata.....149
 - nominale.....107, 108, 117, 118, 129, 149, 367, 368, 370, 472, 473, 649, 659, 729, 730, 762
 - nominale assorbita.....653
 - nominale dell'interruttore.....105
 - nominale di cortocircuito.....369
 - nominale di funzionamento.....118
 - nominale di impiego.....457
 - nominale termica.....446
 - presunta.....149
 - secondaria nominale.....188

- Corrente
 - sinusoidale di alimentazione692
 - termica457
 - totale di dispersione69
 Correnti
 - di guasto69, 70, 405
 - di prova118
 Corsa495
 Cortocircuito108, 109
 - fase-fase114
 - fase-neutro114
 Costanti dielettriche524
 Cronotermostati202, 203
 Crosstalk531
 Cucina376, 377, 378, 395, 396
 Curva
 - a caldo470
 - a freddo470
 - caratteristica a tempo inverso470
 - di riscaldamento638
 - di sicurezza132
 Curve91
 - caratteristiche della coppia resistente650
 - fotometriche258
 Cuscinetti634, 636
- D**
 D. Lgs. n. 81/2008434
 D.M. n. 37/200870, 135, 253, 367, 422, 433, 434
 D.P.R.
 - n. 218/1998200
 - n. 547/195565
 - n. 802/198257
 Danneggiamenti meccanici668
 DC link691
 De Morgan, teoremi di726
 Derivazioni40, 93
 Deviatori154, 156, 292, 298, 299, 301, 352
 Diafonia531
 Diffusione sonora346
 Diffusori254
 Dimensionamento434
 - dei montanti363
 - elettrico130
 Dimmer (variatori di luminosità)179
 Diodi
 - laser551, 553, 554
 - LED535
 Dip-switch481, 492, 528
 Direttiva
 - 73/23/CEE10
 - 89/336/CEE10
 - 89/392/CEE10
 - 93/68/CEE10
 - Bassa Tensione 93/68/C11
 - CEE n. 80/18157
 - EN 999543
 - Macchine623
 Disassamento656
 Disegni, dimensione dei29
 Dispersore404, 405
 Dispositivi
 - di allarme422, 426
 - di illuminazione di emergenza434
 - di protezione132
 - di raccordo97, 101
 - indicatori53, 54, 55
 Dispositivo
 - di arresto448
 - di scarica128
 Distanza
 - di commutazione reale525
 - operativa nominale515
 Distributore al piano343
 Distributori esterni343
 Distribuzione363
 - delle luminanze283, 284
 Disturbi
 - di rete718
 - elettrici626
 Documentazione tecnica434
 Domotica407
- Durata
 - d'arco150
 - di prearco150
 - elettrica457, 459
 - meccanica457
- E**
 Eccitazione709, 710, 711, 712
 EFF1661, 662
 EFF2661, 662
 EFF3661, 662
 Effetto
 - Doppler423
 - Hall506
 - Joule637, 708
 Efficienza
 - funzionale434
 - luminosa214, 217, 221, 228, 234, 231, 237, 238, 240, 242
 -, classi di661, 662
 EIB (*European Installation Bus*)408, 409
 EIBA (*European Installation Bus Association*)408
 Elettrocuzione131, 132, 135
 Elettrodomestici372, 373
 Elettromagneti451, 595, 603, 604
 Elettroserratura189
 Elettrovalvole514, 595, 596, 597, 598, 604, 605
 EMI (*Electro Magnetic Interference*)617
 Encoder589, 590, 591, 592, 593
 Energia
 - attiva122
 - reattiva122
 - specifica112, 474
 - specifica passante112, 116, 150
 - termica112
 Equalizzazione del potenziale406
 Essiccazione248
- F**
 Farfallamento283, 284
 Fattore
 - di contemporaneità370
 - di manutenzione287, 289
 - di potenza87, 88, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 130, 653, 654, 659, 666, 686
 - di riflessione285
 - di tensione87, 88
 - di utilizzazione286, 287, 289
 FELV (*Functional Extra-Low Voltage*)133, 402
 Fibre ottiche550
 Fibrillazione cardiaca131
 Fincorsa316, 493, 497, 600, 738, 739, 740, 742
 Fluido di raffreddamento640
 Flusso691
 - di eccitazione709, 711
 - diretto286
 - induttore709
 - luminoso211, 214, 217, 221, 228, 231, 234, 237, 238, 240, 242
 - riflesso286
 - rotorico693
 - totale285, 288
 - utile285, 286
 Folgorazioni132
 Foratura792, 801
 Forni ad induzione121
 Forza motrice291, 347
 Fotorelè320
 Fotorilevatori534, 535
 Frenatura697, 768
 - controllata685
 - in controcorrente768, 769
 - in corrente continua769
 Freni elettromagnetici675
 Frequenza628, 666, 667, 669
 - costante665, 666
 - della tensione di alimentazione690
 - di alimentazione690, 764
 - di commutazione516
- Frequenza nominale127, 188
 Fresatura801
 Frutto97
 Funzione
 - AND424
 - OR424
 Fusibili105, 149, 451, 471, 472, 473
- G**
 Generatore asincrono694
 Giunzione PN244
 Giunzioni33, 93
 Grado di protezione95, 496, 647, 648
 Grandezze fotometriche209, 211
 Gru795
 Gruppi di continuità UPS208
 Gruppo FRL (Filtro, Riduttore di pressione, Lubrificatore)596
- I**
 I/O programmabili696
 Idoneità434
 IEC (*International Electrotechnical Commission*)7
 - 204-1 (Norma)146, 448, 487, 687
 - 309-1 (Norma)163
 - 309-2 (Norma)163, 167
 - 34-1 (Norma)644
 - 34-5 (Norma)647, 648
 - 34-7 (Norma)645
 - 60947-5-2 (Norma)516
 - 61 (Norma)218
 - 61010-1 (Norma)436
 - 61082-1 (Norma)8, 42
 - 669-2-1 (Norma)180
 - EN 61558-2 (Norma)615
 Illuminamento211, 212, 283, 285, 287
 -, livello minimo di442
 Illuminazione247
 - d'accento246
 - di emergenza195
 - di interni267, 281, 282
 - di riserva193
 - di sicurezza193, 393
 Illuminotecnica209, 280
 IM (*International Mounting*)646
 Impedenza70, 441, 442
 Impedenze statoriche758, 759, 763
 Impianti
 - antincendio415
 - antipatico415
 - BUS406
 - industriali719
 - perimetri424
 - volumetrici423
 Impianto
 - a chiamata acustico-luminosa326
 - a parete94
 - a pavimento63
 - a vista64, 94
 - antintrusione416, 421, 423, 425, 427, 430, 431, 432, 433
 - citofonico291, 329, 330, 400, 401
 - citofonico a 2 fili341, 342, 343
 - citofonico centralizzato333
 - citofonico intercomunicante332, 336
 - citofonico tradizionale334
 - completo ad alta funzionalità361
 - con canale a soffitto63
 - con canalette in vista62
 - di allarme348, 421
 - di distribuzione telefonica348
 - di illuminazione267, 291, 347, 348, 357, 358, 411
 - di rifasamento819, 824
 - di riscaldamento442
 - di saldatura elettrica121
 - di segnalazione314, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 325, 326, 347
 - di sollevamento acque irrigue801
 - di terra434
 - fondamentale361
 - industriale64

- Impianto
 - luce 292, 295, 296, 298, 300, 301, 302, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 312, 313, 347, 370, 374
 - nel controsoffitto 63
 - semaforico 817
 - sotto traccia 62, 94
 - telefonico 358, 359
 - utilizzatore 71
 - videocitofonico 291, 329, 400, 401
 - videocitofonico a 2 fili 341, 342, 344, 345, 346
 - videocitofonico monofamiliare 337, 338, 339
 - videocitofonico plurifamiliare 339, 340, 341
 Impulso
 - buio 537, 538
 - di tensione all'inserzione 684
 - luce 537, 538
 IMQ (Istituto Italiano del Marchio di Qualità) 11, 422
 Incroci 40
 Indicatori a cartellini 319
 Indicatrice fotometrica 257
 Indirizzamento 411
 Individuazione 42
 Induzione del campo magnetico 628
 Ingressi 390, 392
 - analogici 696
 - digitali (input) 567
 Input (ingressi digitali) 567
 Insiemi (unità funzionali) 41
 Installazione fissa 79
 Intensità luminosa 213
 Interblocchi 611
 Interfacce 626
 Interruttore 292, 295, 351
 - crepuscolare 184, 309
 - orario 185
 Interruttori 154, 155, 292, 323
 - a camme 145, 447, 449, 450
 - a fuoco fisso 535
 - a galleggiante 580
 - a grandangolo 535
 - automatici .. 105, 112, 118, 366, 434, 444, 445, 471, 472
 - bipolari 106, 297
 - capacitivi 523, 524
 - di manovra-sezionatori 444, 445, 446
 - di posizione 498, 727
 - di posizione magnetici 503, 504, 505, 506
 - di posizione meccanici 493, 494, 495, 496, 499, 500, 501
 - di potenza 446
 - di prossimità 508, 508, 509, 510, 511, 512, 514, 520
 - di prossimità a ultrasuoni .. 508, 527, 529, 530, 531
 - di prossimità capacitivi 508, 522, 523, 525, 526
 - di prossimità fotoelettrici .. 508, 532, 535, 537, 538, 539, 541, 544, 545, 550
 - di prossimità induttivi 508, 513, 514, 516, 517, 518, 521, 522
 - di prossimità magnetici 502
 - di sicurezza 497, 499
 - differenziali 105, 137, 140, 434, 438, 439
 - differenziali a riarmo automatico 144
 - differenziali bipolari 138, 139
 - differenziali selettivi 141
 - differenziali tetrapolari 139
 - fotoelettrici . 536, 540, 551, 552, 553, 554, 555
 - magnetici a scomparsa 507
 - magnetotermici 140, 368, 477
 - non schermati 519
 - quadripolari 106
 - rotativi 147, 449
 - salvamotori 472, 476, 477
 - scatolati 119
 - schermati 518, 519
 - sezionatori 148
 - taster 547, 548
 - tripolari 106
 Interruttori unipolari 106
 Inversione di marcia 697
 Inverter 690, 692, 693, 694, 695, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703
 - a controllo vettoriale 704, 705, 706
 Invertitore di marcia 756
 Invertitori 154, 156, 300, 301, 352
 Involucri 434
 IP (International Protection) 95, 96, 135, 647
 Irradiazione di animali 248
 ISO (International Organization for Standardization) 12
 - 9000 (Norma) 11, 12, 13
J
 Joule, integrale di 150
K
 Kick start 684
L
 Lamierino 631
 Lampade 231, 214, 296, 292, 295, 298, 300, 301, 302, 305, 304, 307, 308, 488, 490
 - a bassissima tensione con riflettore incorporato 222
 - a catodo caldo 225, 233
 - a catodo freddo 225, 233, 406
 - a catodo preriscaldato 226, 227
 - a doppio involucro a tensione di rete 221
 - a fluorescenza 212
 - a incandescenza 121
 - a infrarossi 248
 - a luce miscelata 212
 - a mercurio corretto 212
 - a scarica 121, 214, 223
 - a tensione di rete 221
 - a ultravioletti 249
 - a vapori di sodio 212, 238, 239, 240, 241
 - a vapori mercurio 212, 234, 235
 - abbronzanti 251
 - ad alogenuri 236, 249
 - ad incandescenza 212, 214, 215, 216, 217, 219, 223, 351, 352
 - ad induzione 243
 - alogene 219, 220, 222
 - di piano 326
 - di segnalazione 483, 491
 - direzionali 326
 - fluorescenti 121, 212, 224, 228, 229, 230, 231, 233, 250, 310, 312
 - germicida 251
 - LED 244
 - lineari a doppio attacco 221
 - ozonizzanti 251
 - per applicazioni speciali 248
 - per impieghi terapeutici 251
 - QL 243
 - spia 294, 295, 299, 301
 - tubolari ad alta frequenza 231
 - tubolari fluorescenti 123
 LED (Light Emitting Diode) 244, 245, 246, 247, 488, 533, 534
 - all'infrarosso 244
 Legge
 - n. 41/1986 397
 - n. 46/1990 433
 - n. 966/65 398
 Lenz, legge di 627
 Linee
 - di connessione 32, 33, 39
 - dorsali monofase 364
 -, omissioni di 34
 -, spessore delle 30
 Linguaggio a contatti (Ladder o Kop) .. 569, 570
 Locale
 - ad uso medico 396, 397
 - caldaia 389, 390
 - contatori 384, 385
 Logica
 - in corrente alternata 611
 - in corrente continua 611
 Loop 696
 - tester 440
 Luce 209
 - di emergenza 192
 -, direzione della 283, 284
 Luminanza 211
 Luxmetro digitale 442
M
 Macchina
 - essiccatrice 801
 - impacchettatrice di alimenti 805
 - operatrice a coppia costante 649
 Macchine
 - a corrente continua 50
 - a raffreddamento naturale 639
 - autoventilate 639
 - con supporti a scudo 645
 - con ventilazione assistita 639
 - rotanti 49
 - speciali 645
 Magazzino 393, 394
 Manicotti 91
 Manipolatori a leva 447
 Manovra 458
 Manuale di qualità 13
 Marcatura 43, 44, 45
 - CE 10, 11
 - dei terminali 49
 Marchio
 - CEI 77
 - di omologazione HAR 71
 - IMQ 10, 71
 Massa 403
 - estranea 403
 Merker tamponati 570
 Messa a terra 347, 402, 403
 Micro PLC 566
 Microfono a carbone 329
 Microinterruttori 492, 501, 528
 Micrometro laser 555
 Modulazione 691
 Molle antagoniste 451
 Momento
 - di inerzia 651, 652, 659
 - dinamico 651, 654
 Monitoraggio 688
 Montacarichi portavivande 783
 Morsetti 32, 45, 101, 102, 612
 - a vite isolati trasparenti 102
 - dei contatti ausiliari 46
 - dei contattori 455
 - delle apparecchiature 43, 45
 - delle bobine 46, 454
 - di interfaccia 561
 - doppi 102
 - giallo-verde di terra 102
 - passanti 102
 - sezionabili per il neutro 102
 Morsettieria 609, 662, 711
 Motori
 - a commutazione di poli 49
 - a corrente continua 52, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 715, 716, 717, 718
 - a due avvolgimenti 49
 - a due velocità 766
 - ad avvolgimento unico 49
 - asincroni 628, 630, 637, 638, 641, 658, 694, 759
 - asincroni autofrenanti 674
 - asincroni monofase (MAM) 121, 669, 671, 672, 673, 674, 760, 735, 736
 - asincroni monofase ad induzione 51
 - asincroni monofase bitensione 672
 - asincroni rifasati 473
 - asincroni trifase (MAT) . 49, 51, 121, 468, 471, 483, 627, 629, 630, 634, 636, 645, 648, 653, 655, 659, 660, 662, 663, 666, 668, 680, 681, 682, 690, 693, 699, 701, 703, 729, 730, 732, 733, 735, 736, 751, 753, 754, 758, 761, 762, 764, 768, 770, 778, 780, 819, 824
 - asincroni trifase a gabbia 769
 - asincroni trifase autofrenanti 676
 - asincroni, manutenzione dei 657
 - autofrenanti 675, 677

- Motori**
- brushless 718
- chiusi 639
- con rotore a gabbia di scoiattolo 631, 763
- con rotore ad anelli 631
- con rotore avvolto 631
- elettrici 627, 641, 642, 644, 647, 745
- in cortocircuito 631, 632
- monofase 658, 671
- monofase a induzione 735
- protetti 639
- teleinvertiti 776
- trifase 123, 658, 683
Motoriduttori 677
Multimetro 434, 624
Multivelocità 697
Muting 543
- N**
Nastro riflettente 545
NC (Normally Closed) 168, 719
Negozi 393, 394
Neutro 114
NO (Normally Open) 168, 719
Norma
- DIN 46288/4 614
- DIN 60038 664, 671
- EMC EN50081 10
- EMC EN50082 10
- EN 609-50 10
- EN 29000 12
- EN 50347 660
- EN 60034-1 635, 672
- EN 60034-12 660
- EN 60742 181
- EN 61082-1 42
- EN 61346-2 25
- EN ISO 4157-1 26
Norme
- CEI 7, 10
- CEI UNEL 71
- UNI CIG 200, 389
- O**
Orologi programmatori 185
Output (uscite digitali) 568
- P**
Passo PG 100
PDC (Power Demand Controller) 415
PELV (Protective Extra-Low Voltage) 133, 402, 441
Perdita per effetto Joule 637
Perdite
- meccaniche 708
- nel ferro 637, 708
- nel rame 637
- per attrito 637
- per dispersione 637
Pinza amperometrica 434, 435, 436, 624
Pitagora, teorema di 122
Plafoniera 195, 253, 256
PLC (Controllore Logico Programmabile) 463, 490, 510, 514, 556, 566, 584, 585, 592, 617, 618, 621, 622, 727
Poli 764
-, numero dei 690
Ponte
- a semiconduttori controllati 691
- di Greatz controllato 691
Portafusibile 153
Portata 366
- a regime permanente 108
- dei cavi elettrici 81, 83, 84, 85, 86
- del conduttore 108
- di corrente 76
Portiere elettrico 329, 334, 347, 400, 401
Posti macchina interni 386, 387
Potenza 650, 654, 659, 677, 679
- apparente 120, 122, 123, 188
- assorbita 228, 238, 242, 651, 652, 659
- attiva 120, 122, 123
- del campo del rotore 637
Potenza
- di lampada 231
- dissipata 150
- elettrica assorbita 231, 637, 653
- installata 363
- meccanica 637, 653
- nel traferro 637
- nominale 127, 217, 221, 228, 234, 237, 238, 240, 242, 468, 624, 642, 644, 649, 653, 666, 669
- nominale all'albero 653, 659
- reattiva 120, 122, 123, 823, 824
Potere
- di chiusura 458
- di interruzione 107, 150, 458
Prese 292, 295, 296, 298, 300, 301, 302, 304, 305, 307, 308, 375
- a ricettività multipla 158
- a spina 158, 374
- bivalenti 160
- CEE 17 163
- comandate 297
- da parete 165
- di sicurezza 372
- fisse 166
- interbloccate 372
- mobili 161
- modulari 160
Pressacavo 100
Pressostati 574, 575, 576, 577
Prestazione visiva 280
Protettori termici 478, 479
Protezione
- contro il cortocircuito 472
- contro il sovraccarico 472
- dai contatti diretti 434
- dalle sovracorrenti 363, 434
- dalle sovratensioni 208
- dei circuiti 362, 365
- dei quadri 434
- del motore 688
- delle persone 366
- di back-up 113
- magnetica 106
- termica a termistori 478
Protezioni 130
- PTC (Positive Temperature Coefficient)** 478, 479
Pulsanti 56, 154, 168, 292, 304, 483, 485, 486, 487, 489, 491, 727
Pulsantiera da tavolo 324
Punto di lavoro 652
PWM (Pulse Width Modulation) 691, 692
- Q**
Quadri
- elettrici 353, 354, 369, 606, 607, 608, 610, 621
- indicatori a cartellini 191
Quadro
- contatori 347
- di distribuzione 367
- elettrico cablato 610
- modulare 606
- R**
Raddrizzatore 675
Radiazioni elettromagnetiche 210
Raffreddamento 637, 639
Raggi 248
Raggruppamento per funzione 38
Rampa di tensione 683, 684
Rampe 697
Rapporto
- di intermittenza 641, 642, 643
- di riduzione 677, 679
Rappresentazione 8, 33, 36
- dei circuiti principali 39
- dei contatti 40
- dei terminali 32
- delle alimentazioni 38
- delle connessioni 32
Reattanza 87, 88, 114
Reattori elettronici ad alta frequenza 232
Reflex 546
Regola
- d'arte 7
- della mano sinistra 628
Regolatori
- di flusso unidirezionali 602
- di livello 574, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585
- di luminosità 371
Regolazione magnetica 114
Relè 168, 514, 727
- a mercurio 177
- a rilascio 168, 556
- a ritenuta 168, 557
- a tempo 302, 304, 305, 307, 309, 556, 564
- ad immobilizzazione di posizione 322
- allo stato solido (SSR) 574
- ausiliari 556, 560
- bistabili 168, 169, 320, 322, 325, 557, 558
- commutatori 304, 307
- con decodifica 343
- di controllo 480, 482, 483
- di misura 480
- elettromeccanici 510, 556, 557
- elettronici di sovraccarico 474
- giorno-sera-notte 309
- interruttori 302, 304, 305, 308, 322
- magnetici 117
- miniaturizzati 174, 560
- monostabili 168, 169, 556, 558, 563
- oriolò 177
- passo-passo 168, 170, 171, 557, 558
- programmabili 566, 567, 569, 570
- reed 559, 560
- temporizzatori 168, 175, 561, 723
- termici 117, 464, 465, 466, 467, 468, 471, 472, 474, 475, 476, 753
Rendimenti dinamici 679
Rendimento 653, 654, 659, 678
- della trasmissione 651
- statico 679
Resa
- cromatica 213, 214
- dei colori 283, 284
Reset 727
Resistenza 87, 88, 434
- aerodinamica 637
- anticondensa 620, 665
- d'isolamento 440, 624
- degli avvolgimenti 708
- di contatto 708
- di cortocircuito 441
- di terra 367, 439, 440
Resistenze 758
- rotoriche 762, 763
Resistività 114
Resistore 702
Riarmo 144, 468
Ricevitori 183
Richiesta di udienza 324, 325, 326
Riduttori 678
Rifasamento 120, 124, 125, 129, 824
Riflessione 544, 546
Riflettori 254
Rifrattori 254
Rigidità dielettrica 625
Rilevamento 544
- a barriera (o a sbarramento) 538, 539, 541
- a fibre ottiche 548
- a riflessione 538, 539, 544, 545
- taster 538, 539, 546, 547, 548
Riscaldamento 464
Ristoranti 395, 396
Rivelatore
- di fumo 197
- di gas metano 197, 199
- di GPL 197, 199
- di monossido di carbonio 197
- di movimento ad infrarossi 204, 205
- di presenza acqua 197, 200

- Rivelatore volumetrico a raggi
- infrarossi 423
- Rivelatori 422, 424, 425
- Ronzatori 187, 314, 317
- Rotismo vite-corona 679
- Rotori 632
- RTD (*Resistance Thermal Detector*) 588
- S**
- Salto di frequenze 698
- Scale 390, 392
- Scatole 93, 97
- di derivazione 349, 350
- portafrutto 349
- Schema
- circuitale 35, 36, 37
- Dahlander 665, 764
- del circuito di potenza 9, 10
- di funzione 8, 10
- di installazione 8, 9
- in rappresentazione topografica 8, 9
- Schemi
- elettrici industriali 727
- elettropneumatici 719
- Schermatura 284
- Scorrimento 628, 653, 654, 690
- SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) 509, 510, 712
- Segnalazione fuori porta 326
- Segni grafici 30, 32
- Selettività 151
- Selettori 56, 483, 486, 487, 491
- SELV (*Safety Extra-Low Voltage*) 133, 181, 189, 263, 374, 402, 407, 410, 441
- Sensibilità dell'occhio 210
- Sensore ad effetto Hall 506
- Sensori 407
- a microonde 429
- a raggi infrarossi passivi 428
- magnetici 424, 429
- Separatori 93, 343, 451
- Servizio
- continuo 641
- dei cavi elettrici 78
- di durata limitata 641
- ininterrotto 642, 643
- intermittente periodico 641, 642
- , concentrazione del 326
- Set 727
- Sezionatori 444
- Sganciatore 114, 129
- Sicurezza dell'impianto 434
- Sistema
- di diffusione sonora 206
- di distribuzione IT 69, 70, 136
- di distribuzione TN 65, 69, 70, 136, 441
- di distribuzione TT 65, 69, 135
- Edison 215
- Internazionale (SI) 56, 57
- Qualità 12
- Sistemi BUS 409, 410, 412, 413, 414, 415
- Smistamento automatico 819
- Soffiatore 328
- Soft start 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689
- Soggiorno 376
- Solai 385, 386
- Solido fotometrico 256
- Sollecitazioni termiche di cortocircuito 366
- Sonda di compensazione 525
- Sonde a termistore 478
- Sovraccarico 106, 108, 667
- Sovracorrenti 117, 366, 368
- Sovratemperatura a regime 638
- Sovratensione 436
- Spine 158
- CEE 17 163
- Starter a luminescenza 226
- Stazione di pompaggio 798
- Strutture
- alberghiere 397
- scolastiche 399, 400
- Suddivisione
- dei circuiti 362
- per gruppi di potenza 362
- per gruppi funzionali 362
- per zone 362
- Suonerie 187, 314, 317
- T**
- Tapparella 328
- Targa 662, 663, 664, 673
- Tasca portabadge 326
- Tecnica supersincrona 694
- Tecniche di sicurezza 626
- Teleavvitatore 759, 762
- protettore di marcia 754, 823
- stella/triangolo 756
- Telecomandi a raggi infrarossi 183
- Telecomando 730, 732, 733
- Telecommutatore
- di carico 745, 746, 748, 749
- per polarità 765, 766
- Telecommutazione 745
- Teleinversione 735, 742
- Teleinvertitore 736, 738, 739, 740, 742, 769
- Temperatura
- di colore 211, 212, 214, 228, 234, 237, 240
- massima di funzionamento 127
- Tempi
- di avviamento 654
- di manovra 458
- Tempo
- di arresto graduale 686
- di avviamento graduale 686
- di funzionamento in marcia 699
- di intervento 118
- di rampa 686
- di ramp-down 686
- di ramp-up 686
- totale di manovra in apertura 458
- Temporizzatori 175, 176, 556, 561, 562, 563, 723, 727, 740, 742
- Temporizzazione 411
- Tensione 434, 666, 667, 677, 691, 712
- alternata di rete 691
- applicata 625
- concatenata 114
- concatenata di linea 663
- concatenata nominale 129
- costante 666
- d'isolamento 370
- di alimentazione 665, 666, 667, 669
- di avviamento 698
- di eccitazione 709
- di esercizio 107
- di fase 114, 123
- di indotto 709, 712
- di lampada 231
- di progetto 118
- di targa 667
- nominale 76, 87, 127, 130, 149, 370, 471, 472, 624, 653, 761
- nominale di isolamento 457
- primaria nominale 188
- secondaria nominale 188
- totale di terra 69, 70
- Tensioni residue 626
- Terminali 32, 93
- Termistori 478
- Termocoppia 587
- Termoregolatori 586
- Termoresistenze 588
- Termorilevatore 479, 479
- Termostati 202, 480
- Tester 434, 624
- Tetanizzazione 131
- Tiristori 509, 510, 514, 691, 712
- SCR 509, 510, 712
- Triac 509, 510
- TNF (*Temperatura Nominale di Funzionamento*) 478, 479
- Torrette luminose 491, 492, 493
- Tramogge 814
- Transistor 514
- bipolari 691
- FET (ad effetto di campo) 509, 510
- MOSFET (ad ossido metallico a effetto di campo) 509, 510
- NPN 509, 510
- PNP 509, 510
- unipolari 691
- Transitorio di spunto 679
- Trasduttori
- di pressione 574, 578, 579
- estensimetrici 578
- piezoelettrici 578
- Trasformatore
- di isolamento 188, 616
- di sicurezza 133, 134, 188, 616
- monofase 188, 306, 615
- per rasoi 189
- Trasformatori 121, 134, 181
- di comando 616
- di corrente 481
- elettronici 179, 181
- per campanelli 189
- per l'alimentazione di giocattoli 189
- Trasmettitori 183
- Trigger di Schmitt 514
- TRMS (*True Root Mean Square*) 436
- Tubi 89, 90, 91, 92, 365
- U**
- Ufficio 383
- UGR (*Unified Glare Rating*) 259
- UNI (*Ente Nazionale Italiano di Unificazione*) 12
- EN 981 (Norma) 492, 493
- EN 2900 (Norma) 12, 13
- EN 12464 (Norma) 259, 273, 280, 281, 282, 283, 284
- EN ISO 216 (Norma) 29
- EN ISO 4157-2 (Norma) 26
- EN ISO 5457 (Norma) 29
- ISO 1219/1 (Norma) 597, 599
- Unità
- di misura 56, 57, 58, 59, 60
- funzionali (insiemi) 41
- Uscite
- a relè 568
- a transistor 511, 568
- di emergenza 193, 194
- digitali (output) 568
- Ustioni epidermiche 131
- V**
- Variatori di luminosità (dimmer) 179
- Velocità 653, 654, 666, 677, 679, 709, 712
- a vuoto 652
- di risposta 516
- di rotazione 628, 651, 654, 659, 677
- di sincronismo 628, 665
- nominale 649, 652
- sincrona 628, 652, 653
- Ventilatore 328
- Ventilazione 442
- Verifiche
- a vista 434
- strumentali 434
- sulle macchine elettriche 623
- Vetro Wood 250
- Videocitofoni 337
- Videocontrollo 346
- W**
- Wireless 407, 417, 418
- WLAN (*Wireless Local Area Network*) 420
- WPAN (*Wireless Personal Area Network*) 420
- Z**
- Zone di rispetto 381

ESTENSIONI OFF-LINE & ON-LINE

Istruzioni d'utilizzo

Per utilizzare correttamente il presente CD-ROM, occorre aver installato sul proprio Personal Computer un browser (per esempio, Internet Explorer). Una volta inserito il CD-ROM nel lettore, automaticamente dovrebbe apparire una maschera dalla quale sarà possibile sfogliare il contenuto come se si utilizzasse Esplora Risorse. Se ciò non avvenisse, fare doppio clic sull'icona dell'unità CD-ROM accessibile da Risorse del Computer e, successivamente, un doppio clic sul file index.htm.

Contenuto off-line

- **Approfondimenti ai capitoli del libro.**
- **Teoria dei componenti per l'automazione.** Teoria alimentatori. Teoria sensori di prossimità. Teoria sensori fotoelettrici. Teoria sensori e fibre ottiche. Teoria sensori spostamento. Teoria temporizzatori. Teoria contaimpulsivi. Teoria encoder rotativi. Corso base termoregolazione. Teoria sistemi visione. Teoria sistemi identificazione.
- **Cataloghi tecnici dei componenti per l'automazione.** Alimentatori. Contattori relè termici interruttori automatici. Pulsanti selettori e indicatori. Interruttori di posizione meccanici. Interruttori di prossimità induttivi. Interruttori di prossimità capacitivi. Interruttori di prossimità fotoelettrici e sensori di visione. Relè elettromeccanici e statici. Temporizzatori. Contatori. Relè di controllo. Regolatori di livello. Termoregolatori. Encoder rotativi. Strumenti di misura. Sicurezza. Componenti vari. Servosistemi.
- **Relè programmabili ZEN.** Software ZEN V4.01. Cataloghi tecnici e manuali. Corso introduttivo ZEN-V2. Introduzione ai relè programmabili ZEN.
- **Sicurezza sulle macchine.** Sicurezza sulle macchine 1a parte. Sicurezza sulle macchine 2a parte.
- **Cataloghi tecnici sui motori asincroni.** Catalogo tecnico motori asincroni. Istruzioni di servizio. Motori ad alto rendimento. EFFitaliano. Istruzioni di sicurezza, uso e manutenzione1. Istruzioni di sicurezza, uso e manutenzione2. Istruzioni di sicurezza uso e manutenzione3. Istruzioni complementari per motori installati in ambienti esplosivi. Certificato del sistema di gestione per la qualità ISO9001. Dichiarazione di conformità.
- **Convertitori di frequenza (inverter).** Software €Saver v1.0.0.7. Corso Inverter teoria di base. Corso Inverter Energy saving. Cataloghi tecnici.
- **Leggi.** Decreto Legislativo n. 81/2008. Decreto Ministero dello Sviluppo Economico n. 37/2008.
- **Acrobat Reader 9.0.** Adobe Acrobat Reader 9.0.

Contenuto on-line (Software GEWISS)

La casa editrice San Marco, su autorizzazione di GEWISS, società operante a livello internazionale nel settore del materiale elettrico, ha ritenuto didatticamente utile segnalare alcuni materiali aggiuntivi per il settore elettrico reperibili on line. Infatti, allo scopo di offrire un valido supporto all'attività di progettazione, GEWISS offre una suite completa di Software che rende più agevoli le esercitazioni pratiche per gli studenti e l'attività lavorativa per i progettisti e gli installatori di materiale elettrico.

In particolare i Software GEWISS, costantemente aggiornati secondo le ultime normative, sono strumenti utili per progettare reti e quadri elettrici, disegnare schemi elettrici planimetrici, configurare quadri AS, ASC e ASD, configurare sistemi di illuminazione, sistemi BUS, stilare preventivi applicando calcoli computo metrici e predisporre la necessaria documentazione (modulistica varia e dichiarazioni di conformità) per certificare impianti e quadri elettrici.

I Software sono liberamente scaricabili, previa registrazione, dalla sezione "Software" del portale www.gewiss.com.

Per un veloce e semplice apprendimento dei Software GEWISS è possibile scaricare i relativi manuali, unitamente alle presentazioni ed ai videocorsi. I Software e la relativa documentazione possono essere facilmente installati sul proprio computer, seguendo le istruzioni visualizzate sul monitor.

Di seguito viene riportata una sintetica tabella con le principali caratteristiche dei Software GEWISS.

ATTIVITÀ	START	INC	CAP	37/08	BT	ASSE	ANCE	ICAD	DXF	BUS	PLATE	
Gestione Software	●											
Aggiornamento automatico		●										
Capitolato			●									
Disegno planimetrico								●		●	●	
Schema elettrico					●	●						●
Circuiti ausiliari/misura					●							
Fronte quadro					●	●				●		●
Libreria DXF								●				
Dimensionamento reti BT					●							
Dimensionamento centralini					●					●		●
Verifica termica					●							●
Calcolo illuminotecnico								●			●	
Sistemi BUS										●		
Certificazione quadri					●	●						●
Dichiarazione di conformità				●								
Preventivazione					●	●	●	●		●		●
Computo metrico							●					