

MASSIMO BAREZZI

TECNOLOGIE E TECNICHE DI INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE

CON ESERCITAZIONI DI LABORATORIO

1




editrice
San marco



Massimo Barezzi

TECNOLOGIE E TECNICHE DI INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE

1

con esercitazioni di laboratorio





1^a edizione: 2013

Ad Anna

Dello stesso Autore:

FONDAMENTI DI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI E INDUSTRIALI

Con schemario ed esercitazioni pratiche
Pagg. 832, con CD-Rom, Editrice San Marco

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

Con schemario ed esercitazioni pratiche
Pagg. 512, con CD-Rom, Editrice San Marco

IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI

Con schemario ed esercitazioni pratiche
Pagg. 512, con CD-Rom, Editrice San Marco

PLC

Controllori Logici Programmabili
Pagg. 320, con DVD-Rom, Editrice San Marco

Con la collaborazione della Redazione e dei Consulenti della C.E.S.M.

Copertina: Studio Vavassori & Vavassori - Bonate Sotto (BG)

Stampa: Arti Grafiche Battaia Franco S.r.l. - Zibido S. G. (MI)

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.

L'Editrice San Marco dichiara che il presente libro di testo è in versione mista con estensione web, in conformità all'art. 11 della Legge n. 221/2012.

Printed in Italy

ISBN 978-88-8488-201-1

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

© Copyright 2013 by Editrice San Marco - Bergamo
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 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie 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 CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

Ristampa

1 2 3 4 5 2013 2014 2015 2016 2017

PRESENTAZIONE

Questo primo testo, così come gli altri due a completamento della collana con, in particolare, il volume secondo per il quarto anno e il volume terzo per il quinto anno, è destinato all'insegnamento della disciplina "**Tecnologie e tecniche di installazione e manutenzione**" prevista nel nuovo ordinamento per il secondo biennio e quinto anno degli Istituti Professionali del settore Industria e Artigianato per l'indirizzo Manutenzione e Assistenza Tecnica.

La collana di tre volumi può essere utilizzata, vista la presenza di numerose esercitazioni pratiche e di laboratorio che consentono di coniugare lo studio teorico con la necessaria attività didattica propria del laboratorio, sicuramente anche per la disciplina "**Laboratori tecnologici ed esercitazioni**".

Le recenti Linee Guida per il nuovo ordinamento hanno reso pressante l'esigenza e la necessità di utilizzare nuovi testi esattamente rispondenti ai contenuti prescritti dalle indicazioni ministeriali per la materia specifica del settore e dell'indirizzo professionale.

Gli aggiornati contenuti del testo tengono conto della continua evoluzione a cui vanno soggette le conoscenze nel campo degli impianti, esaminando le nuove tecnologie e inserendo le ultime normative del settore. Per giungere a fornire agli studenti adeguate e conformi abilità e competenze, indispensabili al loro futuro ambito lavorativo, il volume è arricchito da ricorrenti tabelle contenenti le caratteristiche degli impianti e dei motori, frequenti esempi reali, grafici tecnici, numerosi disegni e immagini corredate da didascalie tecniche e schede per le esercitazioni pratiche.

I volumi sviluppano, partendo dall'introduzione al disegno computerizzato (CAD) e alle tecnologie dei materiali, varie tipologie di **impianti** dove vengono impiegati apparati e **dispositivi meccanici, termici, elettrici, elettronici e fluidici**.

Nel primo volume vengono analizzati gli impianti elettrici utilizzati in ambito civile e terziario secondo le norme CEI, nel secondo volume si trattano gli impianti in uso in ambito industriale e, nel terzo volume, oltre alla produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, vengono affrontati gli argomenti legati all'automazione industriale. I testi sono corredate da numerosi grafici, disegni, tabelle e da molteplici esercizi.

Questo testo, dotato di caratteristiche uniche nel panorama dei libri tecnici presenti sul mercato italiano dedicati all'impiantistica tecnica civile e industriale, vuol essere, per docenti e allievi, un efficace strumento di studio per la didattica; esso vuole anche rappresentare un utile supporto per il lavoro di tecnici impiantisti, anche se specialisti del settore, per l'utilizzo come aggiornata fonte di consultazione per progettisti e manutentori.

Gli schemi elettrici trattati sono stati redatti utilizzando i segni e i simboli grafici e le relative raccomandazioni d'uso indicate dalle ultime norme CEI.

Il testo, pur utilizzando termini tecnici, impiega volutamente un linguaggio semplice adeguato a un'ampia utenza. La descrizione delle apparecchiature e il loro funzionamento riguardano principalmente dispositivi dell'ultima generazione, consentendo così al lettore di acquisire conoscenze utili anche per un'eventuale scelta, acquisto, lettura e interpretazione di cataloghi e manuali tecnici delle principali industrie del settore.

Il volume viene corredate dall'importante presenza di un **CD-Rom** contenente operativi e utili **software**, innumerevoli esercizi e schemi elettrici volti anche a effettuare le **esercitazioni pratiche** durante le ore della materia "Laboratori tecnologici ed esercitazioni". Il CD-Rom contiene anche prove simulate, esercizi e test per l'autoverifica, oltre a presentazioni, fotografie, disegni e cataloghi aziendali.

Il libro di testo è esteso sul sito web della casa editrice in versione multimediale come **Interactive e-Book**, dove è possibile utilizzare ulteriori schede di approfondimento, esercizi e test per l'autoverifica, oltre a documentazione tecnica aggiuntiva per gli approfondimenti inerenti la materia.



Questo libro di testo è pubblicato in **forma mista interattiva (cartacea + web)**. Collegandosi al sito dell'Editrice San Marco (www.editricesanmarco.it), è possibile scaricare il materiale didattico a disposizione degli utenti del libro selezionando il titolo e cliccando sull'icona **Interactive e-book**.

È necessario registrarsi e inserire il **codice PIN individuale** riportato in fondo al libro.

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 (nel CD-Rom allegato) **1.7** Raccomandazioni per la preparazione degli schemi circuitali (nel CD-Rom allegato) **1.8** Individuazione dei conduttori isolati (norma CEI 16-1) (nel CD-Rom allegato) **1.9** Marcatura per conduttori particolari e per morsetti delle apparecchiature (norma CEI 16-2) (nel CD-Rom allegato) **1.10** Individuazione dei morsetti negli apparecchi industriali a bassa tensione (nel CD-Rom allegato) **1.11** Marcatura dei terminali e senso di rotazione delle macchine rotanti (nel CD-Rom allegato) **1.12** Codifica dei dispositivi indicatori e degli attuatori (norme CEI 16-3/16-6) (nel CD-Rom allegato) **1.13** Le unità di misura del Sistema Internazionale (29) **1.14** Schede per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici (33) **1.15** Schede, da riprodurre, per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici (nel CD-Rom allegato) **1.16** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

CAPITOLO 2

ELEMENTI FONDAMENTALI DI CAD (35)

2.1 Introduzione (35) **2.2** Disegnare con il CAD (36) **2.3** Presentazione di un programma CAD: sPlan (40) **2.4** Il programma CAD sPlan: finestra principale (43) **2.5** Disegno di uno schema (44) **2.6** Strumenti di disegno (47) **2.7** Proprietà degli elementi (53) **2.8** Gli appunti, lo zoom, la rotazione, la riflessione, l'allineamento, la circolazione, i gruppi, le guide (56) **2.9** Impostazioni generali (60) **2.10** Simboli e componenti (63) **2.11** La libreria dei componenti (67) **2.12** Utilizzare più librerie (68) **2.13** Campi/testi variabili e testi fissi (69) **2.14** Funzioni aggiuntive (71) **2.15** Trucchi e suggerimenti (nel CD-Rom allegato) **2.16** Esempio di applicazione del programma CAD sPlan: esempi di quotature di pezzi meccanici (nel CD-Rom allegato) **2.17** Esempio di applicazione del programma CAD sPlan: grafica nei progetti edilizi (nel CD-Rom allegato) **2.18** Documentazione prodotta con il personal computer. GWCAD (nel CD-Rom allegato) **2.19** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

CAPITOLO 3

TECNOLOGIA DEI MATERIALI USATI IN ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA (81)

3.1 La materia (81) **3.2** I legami chimici (84) **3.3** Classificazione dei materiali e loro proprietà (86) **3.4** Proprietà fisiche (88) **3.5** Proprietà meccaniche (89) **3.6** Trattamenti termici e proprietà tecnologiche (94) **3.7** Proprietà termiche (97) **3.8** Proprietà elettriche (99) **3.9** Effetto piezoelettrico e termoelettrico (113) **3.10** Proprietà magnetiche (115) **3.11** Proprietà chimiche, ambientali e protezione contro la corrosione (122) **3.12** Materiali conduttori (127) **3.13** Materiali isolanti e loro proprietà (144) **3.14** Materiali magnetici (161) **3.15** Componenti passivi utilizzati nei circuiti elettrici ed elettronici (171) **3.16** Condensatori (191) **3.17** Induttori (198) **3.18** Esempio di programma per la simulazione di circuiti elettrici (204) **3.19** Materiali semiconduttori e giunzione pn (206) **3.20** Circuiti integrati (228) **3.21** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

CAPITOLO 4

PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI (235)

4.1 Rassegna dei tipi fondamentali di impianti per ambienti ordinari (235) **4.2** Struttura delle cabine MT/BT (239) **4.3** Sistemi di distribuzione (243) **4.4** I cavi (245) **4.5** Tubi e canalizzazioni

(263) **4.6** Gradi di protezione (269) **4.7** Scatole, cassette e dispositivi di raccordo (271) **4.8** Il centralino (277) **4.9** Interruttori automatici di sovracorrente (279) **4.10** Il sovraccarico e il cortocircuito (282) **4.11** Rifasamento (nel CD-Rom allegato) **4.12** Dimensionamento dei cavi e scelta delle protezioni (294) **4.13** L'elettrocuzione (296) **4.14** La bassissima tensione (298) **4.15** Protezione contro i contatti diretti (300) **4.16** Protezione contro i contatti indiretti (300) **4.17** Interruttori differenziali (302) **4.18** Interruttori differenziali a riarmo automatico (308) **4.19** Interruttori a camme (nel CD-Rom allegato) **4.20** Fusibili (311) **4.21** Apparecchi di comando (316) **4.22** Interruttore (317) **4.23** Deviatore (318) **4.24** Commutatore (319) **4.25** Invertitore (319) **4.26** Prese e spine di corrente, prese a ricettività multipla e adattatori (320) **4.27** Prese e spine industriali e prese da parete con interruttore interbloccato (nel CD-Rom allegato) **4.28** Pulsanti (325) **4.29** Relè (325) **4.30** Relè temporizzatori (332) **4.31** Variatori di luminosità e trasformatori elettronici per lampade ad incandescenza alogene (336) **4.32** Telecomandi a raggi infrarossi (340) **4.33** Interruttore crepuscolare (341) **4.34** Interruttore orario (342) **4.35** Suonerie e ronzatori (344) **4.36** Trasformatore monofase (345) **4.37** Elettroserratura (346) **4.38** Quadri indicatori a cartellini e a cartellini luminosi (348) **4.39** Luce di emergenza (349) **4.40** Illuminazione di riserva e illuminazione di sicurezza (350) **4.41** Rivelatore di fumo, di gas metano (CH₄) e GPL, di monossido di carbonio, di presenza acqua (354) **4.42** Termostati e cronotermostati elettronici (359) **4.43** Rivelatore di movimento a raggi infrarossi (361) **4.44** Sistema di diffusione sonora (363) **4.45** Protezione dalle sovratensioni (nel CD-Rom allegato) **4.46** Gruppi di continuità UPS (nel CD-Rom allegato) **4.47** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

CAPITOLO 5

SORGENTI LUMINOSE ED ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA (367)

5.1 Grandezze fotometriche fondamentali (367) **5.2** Caratteristiche generali delle lampade, scelta e manutenzione (371) **5.3** Lampade ad incandescenza (373) **5.4** Lampade ad incandescenza a ciclo di alogeni (377) **5.5** Lampade a scarica di gas (381) **5.6** Lampade fluorescenti tubolari (382) **5.7** Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente e luce miscelata (392) **5.8** Lampade ad alogenuri metallici (394) **5.9** Lampade a vapori di sodio a bassa ed alta pressione (396) **5.10** Lampade ad induzione (401) **5.11** Lampade LED (402) **5.12** Lampade per applicazioni speciali (nel CD-Rom allegato) **5.13** Apparecchi di illuminazione (406) **5.14** Esecuzione e gestione degli impianti di illuminazione (nel CD-Rom allegato) **5.15** Schede di progetto di illuminazione di interni (421) **5.16** Esempio d'illuminazione d'interni: uffici (nel CD-Rom allegato) **5.17** Esempio d'illuminazione d'interni: edifici industriali (nel CD-Rom allegato) **5.18** Esempio d'illuminazione d'interni: centri vendite (nel CD-Rom allegato) **5.19** Criteri di progettazione illuminotecnica (427) **5.20** Esempio di calcolo dell'illuminamento (431) **5.21** Risparmio energetico: come scegliere la lampadina giusta (437) **5.22** Calcolo illuminotecnico computerizzato (nel CD-Rom allegato) **5.23** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

CAPITOLO 6

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI (443)

6.1 Impianti elettrici caratteristici negli edifici civili (443) **6.2** Impianti luce per uno o più gruppi di lampade, comandati da uno o più punti (444) **6.3** Impianti luce con relè ad immobilizzazione di posizione o a tempo (454) **6.4** Impianti luce comandati da due punti, con lampade fluorescenti (462) **6.5** 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 (465) **6.6** Impianti di segnalazione (466) **6.7** Esempio di schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo (478) **6.8** Impianti citofonici e videocitofonici (481) **6.9** Panoramica degli impianti installabili negli edifici residenziali (499) **6.10** Alcuni criteri per l'impostazione dell'impianto elettrico di un appartamento (501) **6.11** Esempi di soluzioni impiantistiche secondo le guide CEI: edilizia ad uso residenziale e terziario (504) **6.12** Domande ed esercizi: introduzione (512).

CAPITOLO 7**PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI (513)**

7.1 Esecuzione degli impianti elettrici negli edifici residenziali, variante V3 della norma CEI 64-8 (513) **7.2** Circuiti di distribuzione (518) **7.3** Centralino di distribuzione (522) **7.4** Quadro di distribuzione (524) **7.5** Impianto luce (526) **7.6** Impianto prese ed allacciamento elettrodomestici (528) **7.7** Criteri d'installazione (530) **7.8** Ingresso dell'appartamento (531) **7.9** Soggiorno (532) **7.10** Cucina (532) **7.11** Camera matrimoniale (534) **7.12** Camera ad un letto (535) **7.13** Bagno (536) **7.14** Ufficio (539) **7.15** Locale contatori e colonne montanti (540) **7.16** Cantine e solai (541) **7.17** Posti macchina interni per più di nove macchine (542) **7.18** Box (544) **7.19** Locale caldaia (545) **7.20** Ingressi e scale (546) **7.21** Negozio e retro adibito a magazzino (549) **7.22** Bar (550) **7.23** Ristoranti e grandi cucine (551) **7.24** Locali ad uso medico (552) **7.25** Strutture alberghiere (553) **7.26** Centri direzionali e commerciali (554) **7.27** Strutture scolastiche (555) **7.28** Impianto citofonico e videocitofonico (556) **7.29** Messa a terra e collegamenti equipotenziali (558) **7.30** Equalizzazione del potenziale nei locali ad uso medico (nel CD-Rom allegato) **7.31** Impianto per ascensori (nel CD-Rom allegato) **7.32** Impianto centralizzato di antenna TV (nel CD-Rom allegato) **7.33** Impianto per lampade a catodo freddo con tensione da 1 a 10 kV (nel CD-Rom allegato) **7.34** Impianti di terra per apparecchiature di elaborazione dati (nel CD-Rom allegato) **7.35** Impianti BUS (562) **7.36** Impianti di comando wireless (573) **7.37** Impianti antintrusione (577) **7.38** Abbattimento delle barriere architettoniche (589) **7.39** Collaudi e verifiche negli impianti elettrici (594) **7.40** Introduzione agli impianti di ventilazione (nel CD-Rom allegato) **7.41** Automazione degli impianti di riscaldamento (nel CD-Rom allegato) **7.42** Software Gewiss per la progettazione degli impianti elettrici (603) **7.43** Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato).

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.

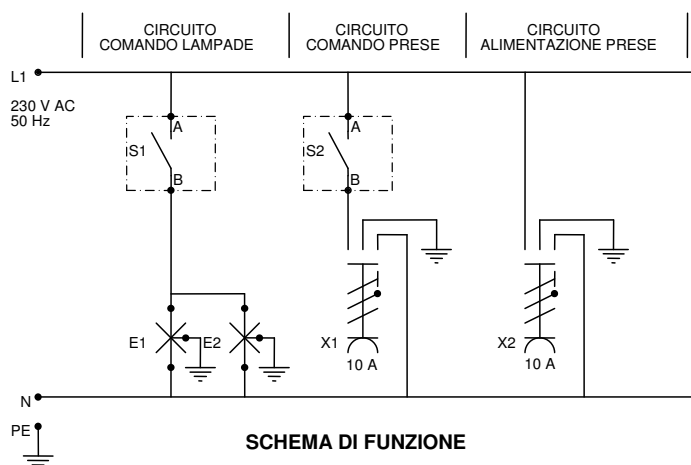


Fig. 1.1 - Esempio di schema di funzione: impianto luce per il comando di un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata.

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, di segnalazione) sono, in genere, funzionalmente semplici e, nel capitolo sesto, 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, 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.

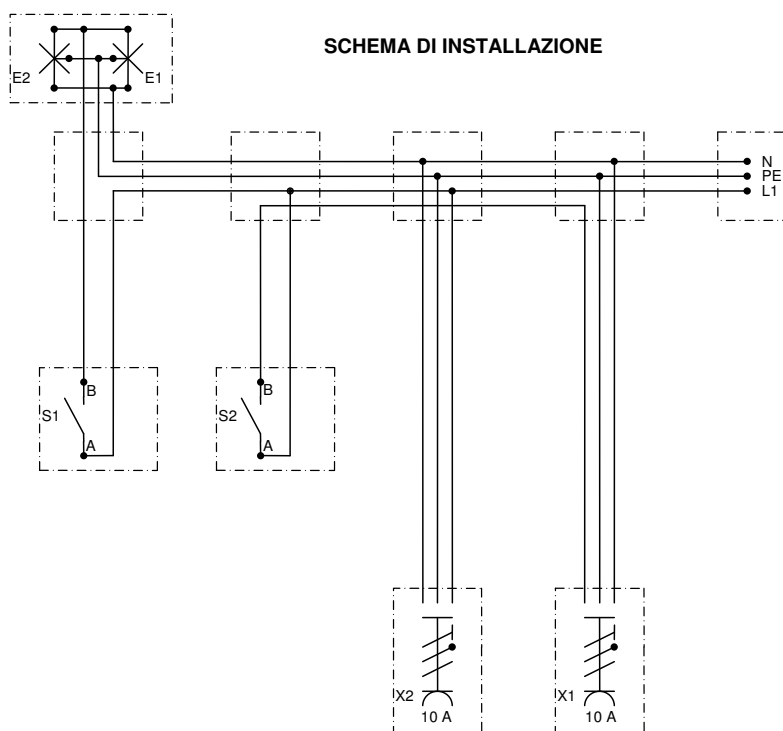


Fig. 1.2 - Esempio di schema di installazione: impianto luce per il comando di un gruppo di lampade comandato da un punto con un interruttore, una presa comandata da un punto e una presa sempre alimentata (v. lo schema di funzione di fig. 1.1).

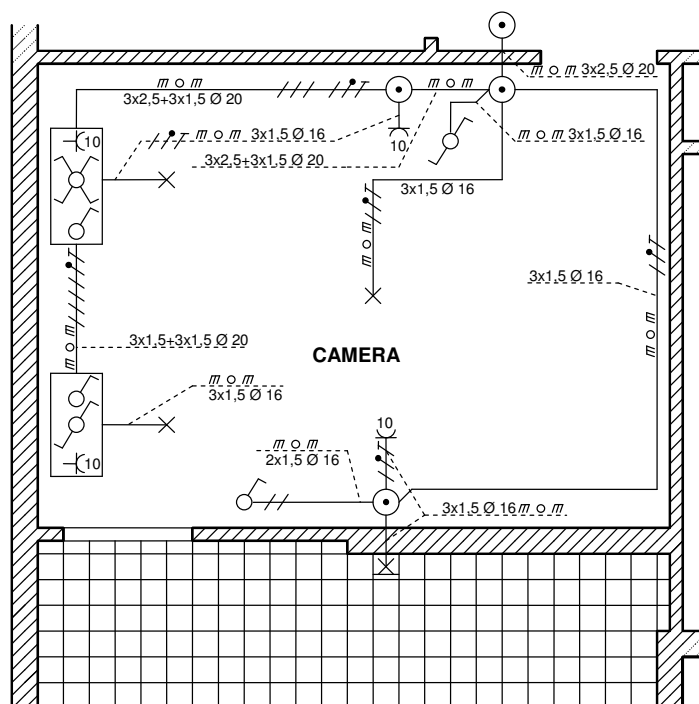


Fig. 1.3 - Esempio di schema in rappresentazione topografica relativo ad un appartamento: camera da letto.

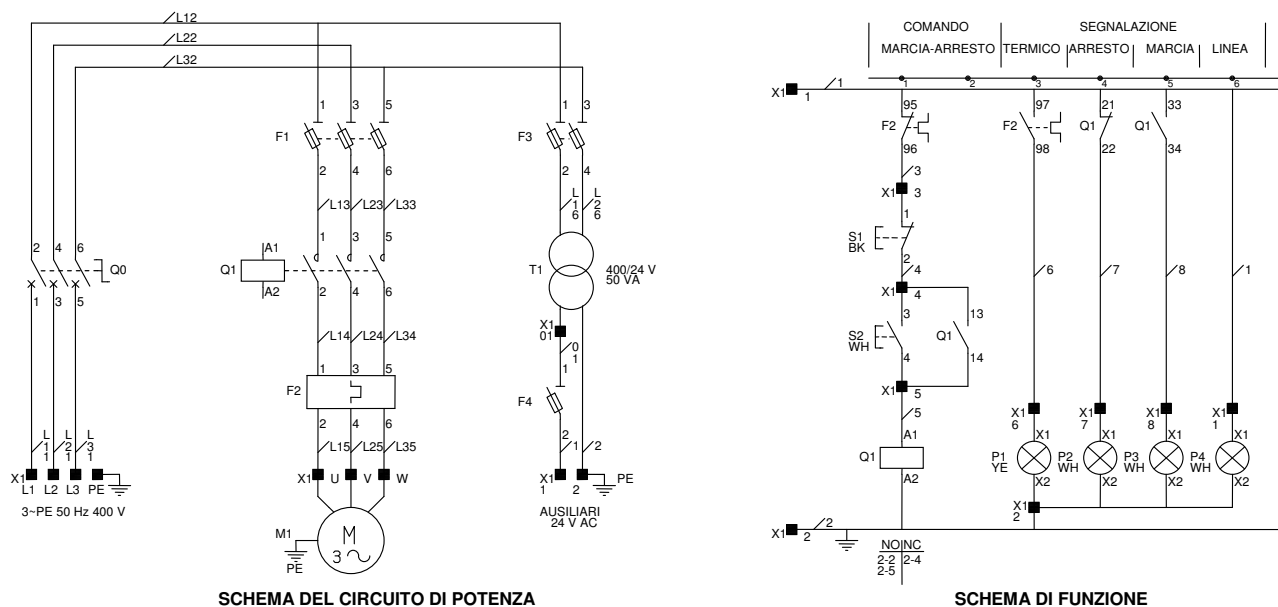


Fig. 1.4 - Esempio di schema elettrico del circuito di potenza con il relativo schema di funzione: telecomando di un motore asincrono trifase.

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

Le apparecchiature elettriche ed elettroniche devono essere progettate e realizzate secondo quanto indicato dalle norme e dalle direttive internazionali ed essere provviste 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 (EN50140, 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. Sottoporre 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.

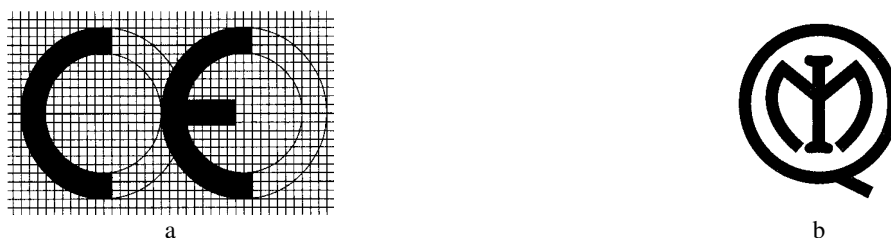


Fig. 1.6 - a) Costruzione del simbolo per la marcatura CE - b) Simbolo IMQ.

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.






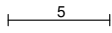






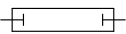


L'azienda, per controllare le proprie attività e ottenere la certificazione, utilizza vari mezzi, come, per esempio, controlli statistici di qualità (CSQ) sui processi produttivi, raccolta di dati e relativa analisi statistica sui prodotti di un determinato lotto di produzione. Le aziende che lavorano 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.









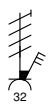


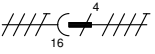



1.3 Segni grafici per impianti elettrici civili











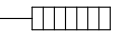


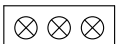
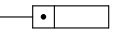


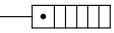


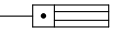


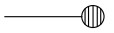
Di seguito sono illustrati i segni grafici maggiormente utilizzati per la preparazione degli schemi di impianti elettrici civili; per un eventuale approfondimento si rimanda, come si è detto, alla consultazione delle norme CEI.









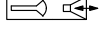

Segni di uso generale, conduttore e dispositivi di connessione							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Corrente continua (DC)		Conduttura in tubo protettivo incassata		Cassetta, segno generale		Canalizzazione, gomito
	Corrente 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)
N	Neutro		Canalizzazione composta da sei condotti		Quadro di distribuzione (un circuito di ingresso, cinque circuiti di uscita)		Canalizzazione, elemento flessibile
M	Mediano		Connessioni di due circuiti a due condutture per circuiti multifilari		Scatola per frutti contenente un deviatore e una presa		Canalizzazione, elemento 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 ritardo 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 JL = 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 a 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 condotta elettrica
	Lampada di segnalazione lampeggiante		Fischio con comando elettrico		Apparecchio elettrodomestico con condotta, 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 condotta		Pompa
	Suoneria		Quadro di segnalazione luminoso		Apparecchio elettrodomestico con condotta, con motore elettrico		
	Suoneria ad un colpo		Indicatore ottico a comando elettromeccanico		Apparecchio elettrodomestico con condotta, con motore elettrico ed elemento riscaldante		
	Ronzatore o cicala		Blocco elettrico con serratura		Apparecchio elettrodomestico con condotta, con motore elettrico ed elemento refrigerante		
	Sirena		Serratura elettrica		Scalda acqua con condotta 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, 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 Nottolino in posizione libera Nottolino in posizione di presa		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 movibile per ragioni funzionali		Variabilità estrinseca non lineare Es. resistenza variabile con un comando esterno		Dispositivo di aggancio in presa		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		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.)		Dispositivo di bloccaggio inserito		Comando ad orologio elettrico
	Conduttore o cavo flessibile		Variabilità a 5 gradi		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
	Presa (femmina) o polo di una presa		Forza o movimento di traslazione nel verso della freccia		Motore elettrico con freno disinserto		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
	Presa 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)
	Presa e spina bipolare (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. finecorsa)		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 contattore		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. contaimpuls)		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 raggrupata		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		Contattore di impulsi elettrici o contaimpuls		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 tensione		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
	Diodo a semiconduttore		Diodo fotosensibile		Transistor NPN fotosensibile (fototransistor NPN)		Tiristore triodo, segno grafico generale (SCR)
	Diodo Zener		Raddrizzatore a due semionde a ponte monofase		Accoppiatore ottico rappresentato con diodo emettitore di luce e fototransistor		Diodo bidirezionale (Diac)
	Diodo emettitore di luce (LED)		Raddrizzatore a ponte monofase (rappresentazione unifilare)		Transistor a giunzione unica con base tipo N		Tiristore triodo bidirezionale (Triac)
	Diodo tunnel		Raddrizzatore a ponte trifase (rappresentazione unifilare)		Transistor a giunzione unica con base tipo P		Accoppiatore ottico rappresentato con diodo emettitore di luce e fototriac
	Diodo 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)
	Diodo 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				

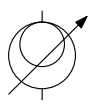
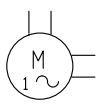


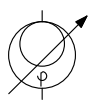
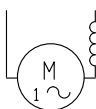



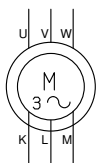
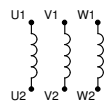

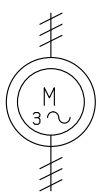
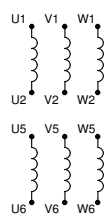

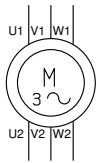
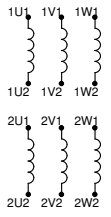
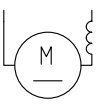
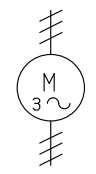
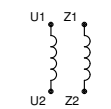
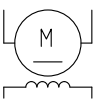
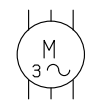
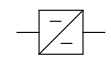
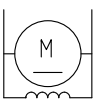
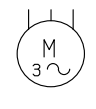
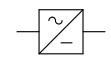

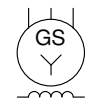
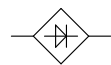


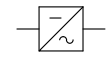



Apparecchi di controllo							
Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione	Segno grafico	Denominazione
	Convertitore di segnale segno generico		Trasduttore di accelerazione		Trasduttore di forza		Trasduttore di prossimità
	Convertitore di segnale con separazione 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
\cap	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		
	Potenziometro 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 a 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), 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, 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 omesso 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.

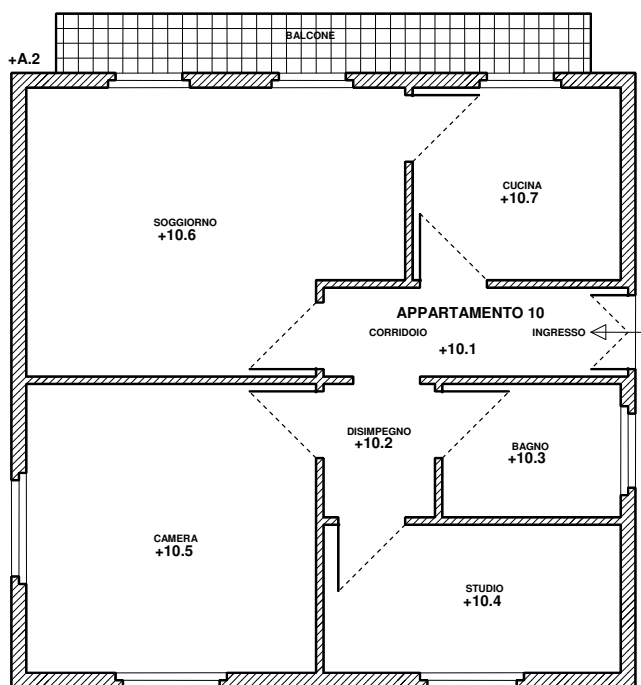


Fig. 1.8 - Esempio di numerazione dei vani di un appartamento.

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; rilevatore di fumo, di gas; relè, elementi, derivatori, trasformatori di misura; microfoni; rilevatori 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; vibratori di segnalazione; sincronoscopi; voltmetri; wattmetri; wattorametri
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 selettori	Interruttori di comando; commutatori a discordanza; tastiere; penne ottiche, mouse; pulsanti; commutatori selettori; 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; condizionare; 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 (nel CD-Rom allegato)

1.7 Raccomandazioni per la preparazione degli schemi circuitali (nel CD-Rom allegato)

1.8 Individuazione dei conduttori isolati (norma CEI 16-1) (nel CD-Rom allegato)

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

1.10 Individuazione dei morsetti negli apparecchi industriali a bassa tensione (nel CD-Rom allegato)

1.11 Marcatura dei terminali e senso di rotazione delle macchine rotanti (nel CD-Rom allegato)

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

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.

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).

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	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
	giorno	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
Volume	litro	l	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3$
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.

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.

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 ampere; 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.

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

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	Ws, Es		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_e	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	$\Omega \text{ m}$
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	$^{\circ}\text{C}$
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.

Abbreviazione	Prefisso	Valore numerico	Denominazione
E	exa	10^{18}	trilioni
P	peta	10^{15}	biliardi
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}	biliardesimi
a	atto	10^{-18}	trilionesimi

Tab. 1.24 - Prefissi dei multipli e sottomultipli delle unità di misura.

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 m^2 e non $\text{m}^2 10$. Nelle operazioni matematiche di somma o sottrazione, ogni numero è seguito dal simbolo dell'unità, oppure si fa uso di parentesi, per esempio $12 \text{ m} - 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$ oppure $(10 - 2) \text{ m} = 10 \text{ m}$ e non $12 - 2 \text{ m} = 10 \text{ m}$; in modo analogo si deve scrivere $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ oppure $(35 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ e non $35 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 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 $20 \text{ m}.$
- 3) Il prefisso k (kilo) deve essere minuscolo e non maiuscolo, perciò si scrive $4,7 \text{ k}\Omega$ e non $4,7 \text{ K}\Omega$; 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 kilometro, 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.


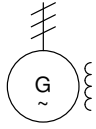

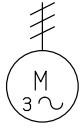
	<p>110 V 250 Ah</p>		<p>1000 kVA 3000 V 50 Hz $\cos \varphi = 0,8$</p>		<p>400 kVA 50 Hz $15000 \pm 2 \times 2,5\%$ ————— V 400÷230 Dy 11</p>		<p>20 kW 400-230 V 50 Hz</p>
---	-------------------------	---	--	---	--	---	--------------------------------------

Fig. 1.57 - Esempi di impiego.

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 kV.A./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.

1.14 Schede per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici

Di seguito, sono proposti degli esempi di schede (facilmente riproducibili) utili per la preparazione degli elenchi del materiale necessario per la realizzazione degli impianti elettrici sia civili sia industriali.

Queste schede possono servire per comprendere come si possa preparare un preventivo in base al materiale utilizzato e al tempo impiegato per realizzare l'impianto.

La prima scheda (tab. 1.26) proposta prevede la semplice descrizione dei materiali utilizzati per l'impianto e comprende, oltre al nome dell'impianto (*TITOLO*), la quantità del materiale richiesto per la sua realizzazione (*N.*), la sigla dell'apparecchiatura che compare sullo schema elettrico (*SIGLA*), la denominazione dell'apparecchiatura o, più in generale, la descrizione del materiale (*DENOMINAZIONE*), le eventuali caratteristiche tecniche come, per esempio, la tensione di lavoro, la corrente massima, la frequenza, le dimensioni, il tipo di materiale, il grado di protezione (*CARATTERISTICHE TECNICHE*), il nome della ditta produttrice del materiale (*MARCA*) e, infine, la sigla dell'articolo che contraddistingue un determinato prodotto ricavabile dal catalogo della ditta produttrice o distributrice (*ARTICOLO*).

La seconda scheda (tab. 1.27), un ampliamento della prima, consente, oltre che di elencare il materiale, di calcolare il costo complessivo di un impianto elettrico.

La scheda, infatti, comprende, in più rispetto alla precedente, il costo di ogni singolo pezzo (*PREZZO UNITARIO*) e il costo complessivo dei pezzi (*IMPORTO*).

Per il calcolo del costo dell'impianto, è prevista, nella parte inferiore della scheda, una casella dove poter riportare l'importo totale del materiale, l'eventuale riporto totale parziale di un'altra scheda, il numero di ore necessarie per la realizzazione dell'impianto con il relativo costo orario, l'importo totale relativo alla manodopera, l'importo relativo all'IVA e, infine, il costo complessivo dell'impianto, comprendente il costo del materiale, della manodopera e delle relative imposte.

Nella parte inferiore della scheda sono previsti, inoltre, il cognome e il nome dello studente, la classe frequentata e la relativa sezione, il numero dell'esercitazione, il numero del foglio e il numero complessivo dei fogli che compongono l'elenco, la data e il visto dell'insegnante.

DESCRIZIONE MATERIALI USATI					
TITOLO:					
N.	SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE TECNICHE	MARCA	ARTICOLO

Tab. 1.26 - Esempio di scheda: descrizione materiali usati.

DESCRIZIONE MATERIALI USATI E CALCOLO COSTO COMPLESSIVO							
TITOLO:							
N.	SIGLA	DENOMINAZIONE	CARATTERISTICHE TECNICHE	MARCA	ARTICOLO	PREZZO UNITARIO	IMPORTO
Cognome		Importo totale materiale					
Nome		Riporto totale parziale					
Classe		Ore lavorate	Prezzo orario				
Sezione		N.	€.				
Esercitazione		n.	Importo totale manodopera				
Foglio		n.	di	Importo totale impianto			
Data		Importo IVA		%			
Visto		IMPORTO COMPLESSIVO					

Tab. 1.27 - Esempio di scheda: descrizione materiali usati e calcolo complessivo.

1.15 Schede, da riprodurre, per la preparazione degli elenchi del materiale per la realizzazione degli impianti elettrici (nel CD-Rom allegato)

1.16 Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 2

ELEMENTI FONDAMENTALI DI CAD

2.1 Introduzione

L'acronimo di CAD (Computer Aided Design, cioè progettazione assistita dal calcolatore) indica, di norma, un software orientato alla progettazione (civile, industriale, elettrica, elettronica, ecc.). Nella fig. 2.1 viene mostrato graficamente il ruolo del CAD nella progettazione industriale.

Una stazione CAD è composta da un insieme di apparecchiature che vanno a costituire l'hardware (per esempio, personal computer con mouse, tablet e penne capacitive, stampanti, plotter, ecc.) e di programmi che costituiscono il software atti a realizzare la funzione di disegno, archiviazione e stampa.

I sistemi maggiormente utilizzati sono rappresentati da CAD bidimensionali (CAD 2 D) che consentono la realizzazione di disegni tecnici digitali (e non di modelli tridimensionali). Di norma questi disegni vengono salvati in forma vettoriale (per esempio, .dxf, .wmf, .emf, .eps, ecc.).

Storicamente si è partiti dall'informatizzazione del disegno tecnico perché:

- il disegno è una fase lunga e dispendiosa della progettazione;
- le norme per il disegno tecnico sono riconosciute e unificate a livello internazionale e ampiamente consolidate.

Il disegno CAD, come si vedrà meglio in seguito, si ottiene simulando la riga, il curvilineo, la squadra, il compasso e il goniometro, tutti strumenti ben noti ai disegnatori tecnici i quali possono facilmente modificare il disegno, archiviare, stampare e produrre nuovi progetti modificando disegni esistenti.

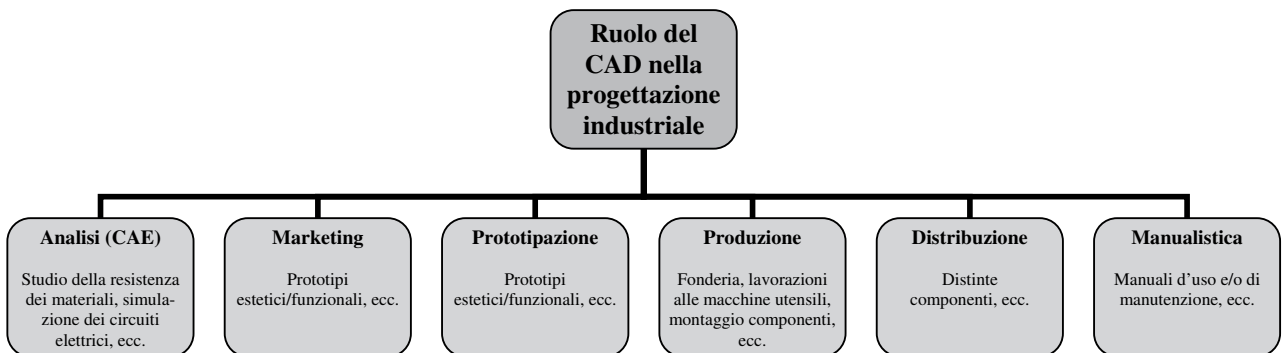


Fig. 2.1 - Ruolo del CAD nella progettazione industriale.

Nel paragrafo seguente verranno descritte le funzioni e i comandi disponibili nella maggior parte dei sistemi CAD. Sarà necessario poi approfondire la conoscenza di un determinato sistema avvalendosi dei manuali e dei supporti che vengono forniti con il pacchetto applicativo.

In seguito, a titolo di esempio, verrà preso in esame il software CAD sPlan, con il quale si potrà, facilmente e in tempi brevi, realizzare schemi di impianti (elettrici, elettronici, pneumatici, ecc.).

2.2 Disegnare con il CAD

La costruzione, o la definizione della geometria, in pratica corrisponde al tracciamento del modello geometrico del disegno che verrebbe normalmente realizzato con la matita (nel disegno manuale) da un disegnatore, per definire le distanze, le curve, le intersezioni, le proiezioni, ecc.

I programmi per il CAD (come AutoCAD) prevedono in genere le seguenti **entità** o **primitive**: punti, linee, tracce, cerchi, archi, poligoni, blocchi, polilinee, attributi, testo, disponibili in menu attivabili mediante comandi oppure premendo dei pulsanti presenti nelle varie finestre (v. fig. 2.2).

Con il termine **tracce** si intendono le linee piene la cui larghezza deve essere specificata.

I **blocchi** sono oggetti che vengono formati a partire da gruppi di altri oggetti e, ad ogni blocco, può venire attribuito un testo tramite gli attributi. Le **polilinee** sono una successione di segmenti di **linea** e di **arco**, che hanno il tipo di linea e la larghezza definibili mediante gli attributi. Gli **attributi**, in pratica, sono le caratteristiche che devono essere date a ciascuna linea, in particolare il tipo di linea (continua, tratteggiata, ecc.), lo spessore e il colore.

Nel disegno possono essere inseriti, manualmente o in modo automatico, dei **testi** per identificare componenti elettrici, meccanici, ecc.; i caratteri sono normalmente ridimensionabili (per esempio, 4, 10, 20 punti) ed è possibile cambiarne il tipo di font (per esempio, Times New Roman, Arial, Bodoni, ecc.).

Le primitive devono essere visualizzate sul display e posizionate a seconda delle necessità mediante il puntatore. Per localizzare i **punti** di un disegno, viene generalmente utilizzato un sistema di **coordinate di tipo cartesiano**, dove con la coordinata X viene specificata la posizione orizzontale, mentre con la coordinata Y quella verticale. Il punto di coordinata (0,0) normalmente corrisponde nel disegno all'angolo in basso o in alto a sinistra.

La visualizzazione può essere **zoomata in avvicinamento** (zoom In) o in **allontanamento** (zoom Out) per poter così ingrandire o ridurre l'immagine del disegno. Quando si effettua lo zoom in allontanamento, è possibile osservare una porzione maggiore del disegno; se invece si effettua una zoomata in avvicinamento, si ottiene un ingrandimento della parte di disegno su cui si sta lavorando ponendo in mostra maggiori dettagli.

Durante la stesura del disegno normalmente si usa la zoomata in avvicinamento per disegnare parti complesse e con maggiori dettagli. Con la rotella del mouse si può zoomare in allontanamento per osservare il disegno nel suo complesso (per esempio, per controllare il posizionamento del disegno sul foglio).

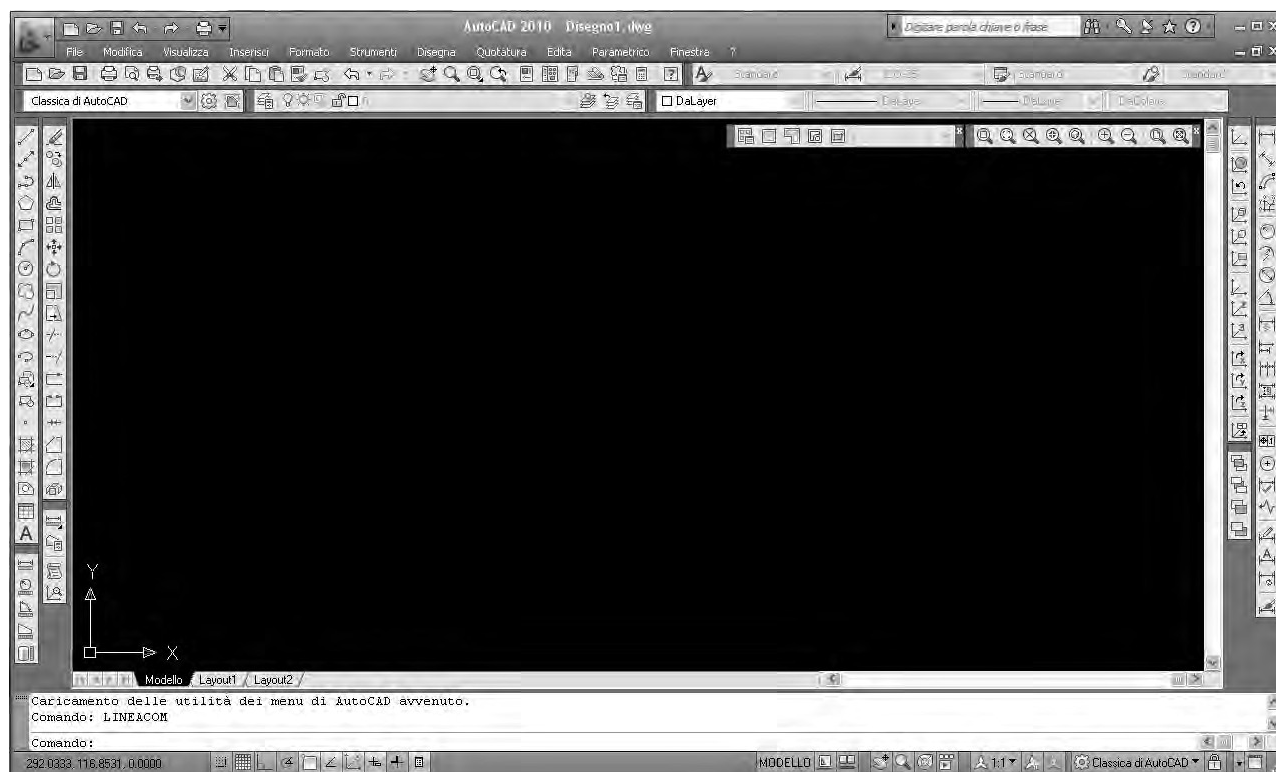


Fig. 2.2 - Esempio di finestra principale del programma AutoCAD.

I programmi CAD prevedono normalmente la visualizzazione di una **griglia** di punti con la spaziatura desiderata, che può essere utilizzata come riferimento durante la stesura del disegno. In pratica è come disegnare su un foglio quadrettato. Per facilitare le operazioni di disegno, associata all'uso della griglia è disponibile la modalità **snap**: se attivata, consente al puntatore di muoversi a scatti, saltando da un punto della griglia di snap a un altro.

Per la stesura del disegno, si fa spesso ricorso all'uso dei moduli o **layer**. Per layer si intende un disegno che può essere richiamato da un qualsiasi altro disegno cambiandone eventualmente le dimensioni e la posizione.

Normalmente il layer viene considerato, nel disegno in cui viene caricato, come un unico elemento esattamente come gli archi, i cerchi, i segmenti, il rettangolo, ecc. È possibile assegnare porzioni del disegno a diversi layer.

Ciascun layer è simile ai fogli trasparenti e sovrapposti che vengono usati normalmente nella stesura manuale del disegno di un progetto.

Questo modo di lavorare consente di visualizzare e stampare le varie parti del disegno separatamente oppure in qualsiasi combinazione.

Per esempio, un file relativo ad un progetto di una casa può essere suddiviso in tanti layer: uno che contiene la planimetria della casa, uno che contiene l'impianto elettrico e infine uno su cui si è sviluppato il disegno dell'impianto idraulico e di riscaldamento (v. fig. 2.3).

Organizzando in questo modo il progetto sarà possibile stampare o visualizzare la planimetria con il solo impianto elettrico, quindi stampare la stessa planimetria aggiungendo l'impianto idraulico e di riscaldamento, ecc.

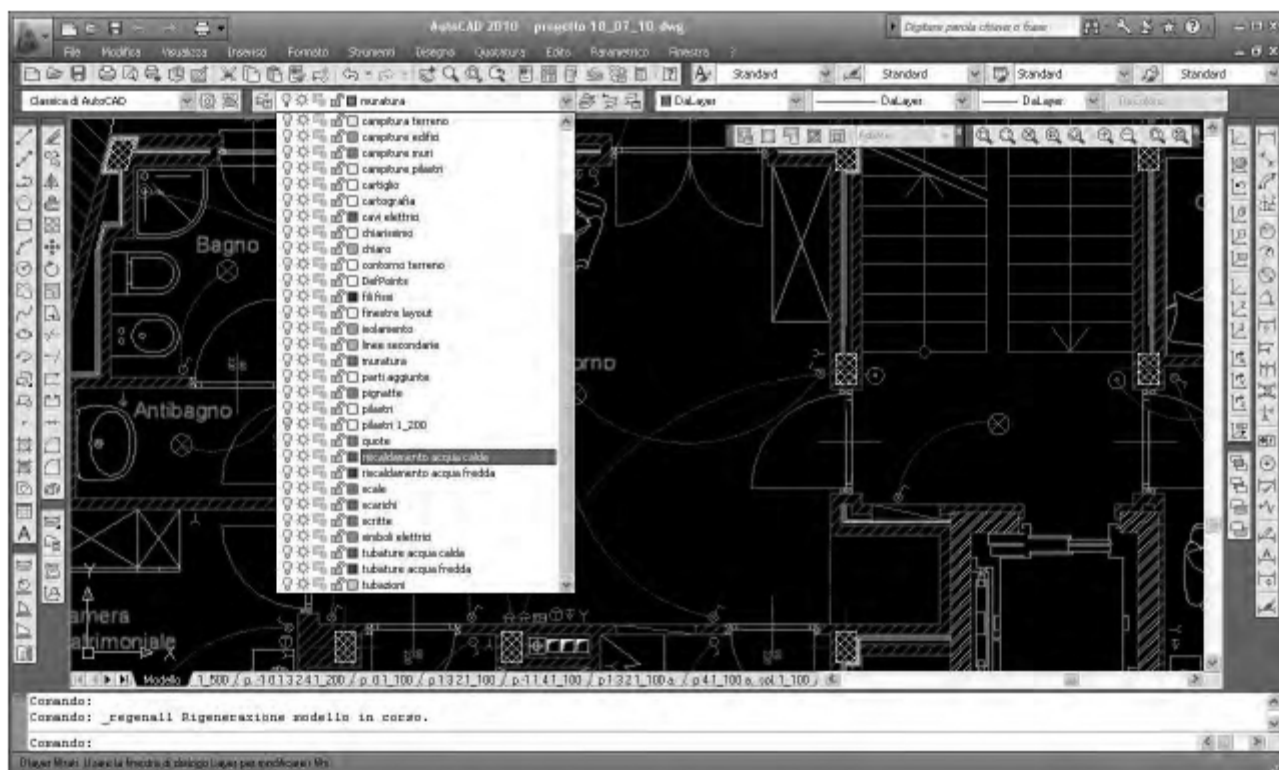


Fig. 2.3 - Esempio di finestra principale del programma AutoCAD: gestione dei layer.

I software CAD consentono l'accesso diretto ai singoli elementi del disegno, a gruppi, a simboli, a piani, in qualsiasi combinazione. Dopo aver identificato e quindi selezionato gli elementi interessati alle variazioni, si possono effettuare, per esempio, operazioni di traslazione, rotazione, copiatura, specchiatura, moltiplicazione, cancellazione, ecc. oltre che lo zoom per un unico fattore o per diversi fattori moltiplicativi.

Per quanto riguarda le linee e gli archi, i programmi CAD consentono di unirli, allungarli, troncarli contro una barriera definita, suddividerli rispetto a una intersezione o in un numero finito di parti, asportarne un tratto intermedio, ecc.

In questo modo, è possibile ridurre il tempo necessario per eseguire un disegno. Infatti, è sufficiente limitarsi a disegnare una sola parte del complesso e ottenere il resto per successive correzioni e manipolazioni.

Sfruttando le funzioni di ripetizione in serie dei simboli o dei layer, è possibile ridurre ulteriormente il tempo necessario per effettuare il disegno, facendo poche e semplici operazioni dall'effetto immediato (v. fig. 2.4).

Utilizzando le funzioni descritte è possibile apprezzare tutti i vantaggi che offrono i programmi CAD rispetto al tradizionale lavoro manuale.

In un sistema di disegno computerizzato, anche la fase di quotatura deve essere automatica; in altre parole significa che, una volta assegnato l'elemento da quotare e le rispettive quote, il sistema deve provvedere al tracciamento delle linee necessarie e al calcolo della dimensione delle quote.

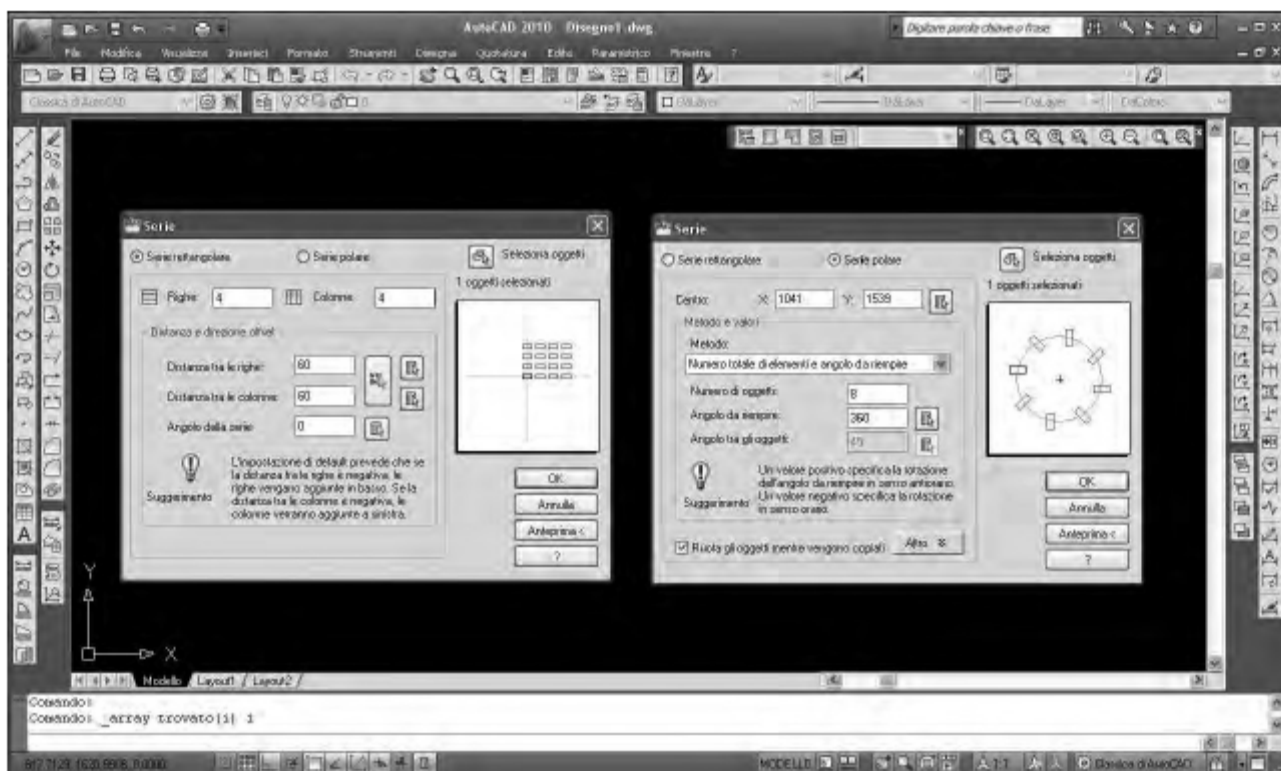


Fig. 2.4 - Esempio di finestra principale del programma AutoCAD: ripetizione in serie.

Il sistema in modo automatico provvede, in caso di stiramento o accorciamento di alcune parti del disegno, alla modifica delle quote relative. Le quote possono essere singole, a catena o a riferimento e vengono determinate automaticamente per lunghezze, angoli, raggi e diametri. Le lunghezze possono essere quotate rispetto all'orizzontale o alla verticale, parallelamente a se stesse, o rispetto ad una qualsiasi angolazione. È poi possibile intersecare un oggetto con una linea e ottenere la quotatura continua o progressiva di tutti i punti di sezione ricavati.

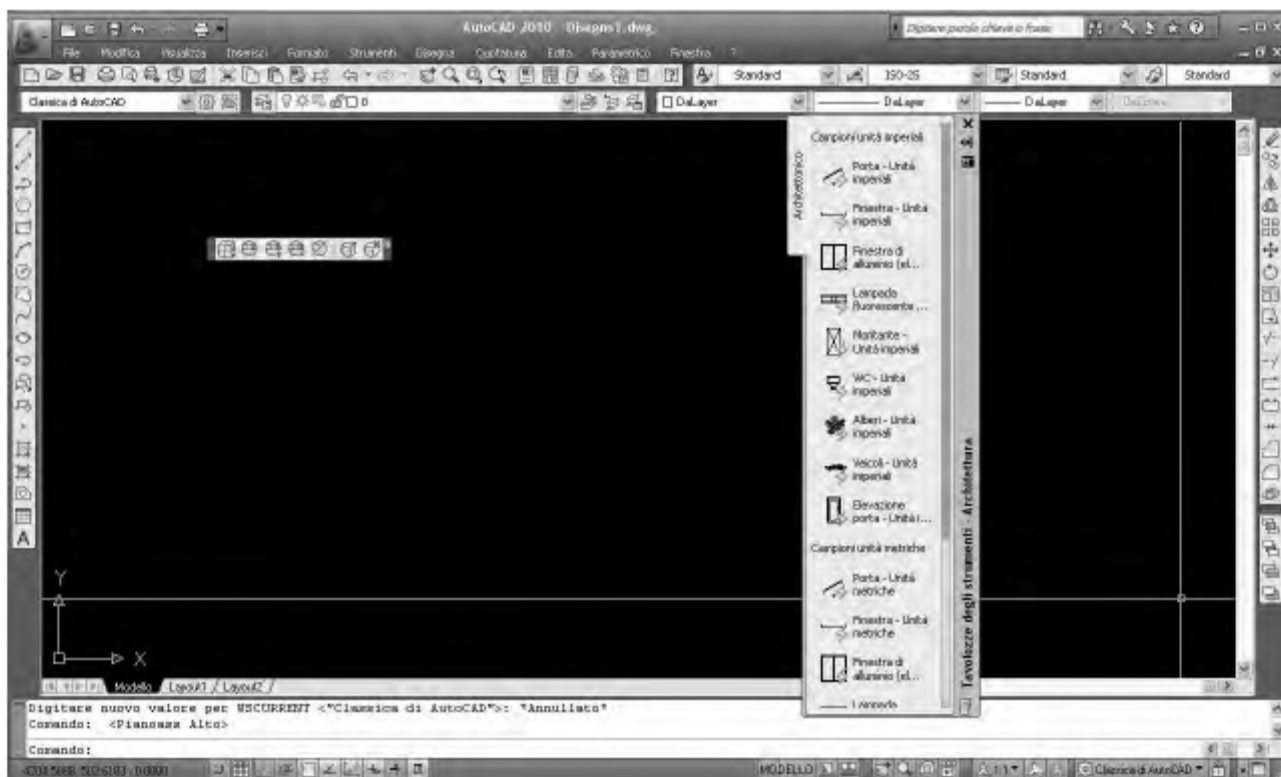


Fig. 2.5 - Esempio di finestra principale del programma AutoCAD: tavolozza degli strumenti.

In genere, è poi possibile avere la quotatura assoluta in coordinate X e Y dei vari punti di un disegno, relativamente ad un punto di origine scelto arbitrariamente. È inoltre possibile associare alle quote uno o più scostamenti di tolleranza, come pure è possibile inserire sigle convenzionali o annotazioni.

I programmi consentono all'utente di modificare i parametri delle quote come il tipo di font dei caratteri, dimensioni e posizione del testo, delle linee di quota e di riferimento, tipo di terminali, numero di decimali, ecc., al fine di ottenere la quotatura con le caratteristiche desiderate.

La fase di stampa (v. fig. 2.6) rappresenta la fase finale e consiste nella stesura fisica del disegno su un foglio di carta. Questa operazione viene eseguita mediante delle periferiche che possono essere delle stampanti (normalmente a getto di inchiostro) nel formato, in millimetri, A4 (210 x 297) e A3 (297 x 420) oppure mediante particolari stampanti anch'esse con tecnologia a getto di inchiostro, denominate plotter, che gestiscono fogli di maggiori dimensioni come A2 (420 x 594), A1 (594 x 841) e A0 (841 x 1189).

I programmi CAD hanno sviluppato nel corso degli anni una serie di opzioni che permettono il salvataggio dei disegni in svariati formati (per esempio, .pdf, .emf, .jpg, ecc.) adatti ad essere inviati facilmente via posta elettronica oppure importati in programmi, per esempio di videoscrittura, per la realizzazione di manuali d'uso e/o di manutenzione.

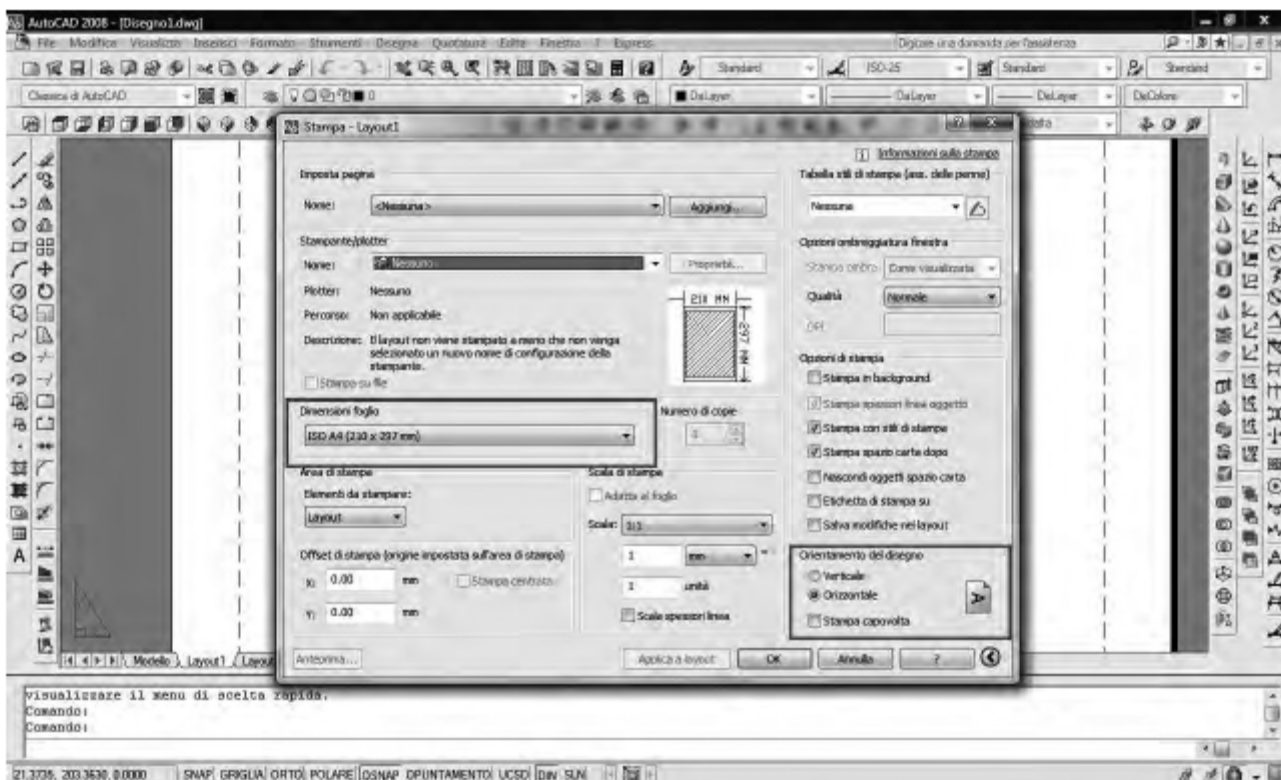


Fig. 2.6 - Esempio di finestra principale del programma AutoCAD: stampa.

Tra i software CAD disponibili in commercio vale la pena precisare che quelli sviluppati per il settore elettrico presentano caratteristiche peculiari. Per la stesura di questi disegni, infatti, esiste la necessità sia di tracciare schemi elettrici secondo le normative CEI e IEC, sia di abbinare tra loro contatti di una stessa bobina sparsi sullo stesso foglio o su più fogli del disegno. Di seguito sono riportate le principali funzioni sviluppate per i CAD elettrici.

1) Operazioni preliminari

- Caricamento automatico di un cartiglio ovvero squadratura e tabella di intestazione (per esempio, nome della ditta, titolo dello schema, ecc.).
- Disegno delle linee di collegamento con le relative denominazioni in posizioni definite dall'utente.
- Collegamento automatico dei componenti posizionati sulla stessa verticale (per esempio, schemi elettrici funzionali).
- Traslazione o copiatura di gruppi di componenti e relativi collegamenti in vari punti del foglio.

2) Simbologia

- Possibilità di creare nuovi segni grafici anche durante il normale uso del programma. Normalmente, i segni grafici sono dotati di uno o più testi variabili (per esempio, il nome del componente) che verranno inseriti nel momento in cui si utilizza il segno grafico.

- Possibilità di definire con un solo simbolo una parte dello schema costituito da singoli segni grafici; per esempio, un modulo di un PLC disegnato precedentemente con i segni grafici elementari, può essere memorizzato come unico simbolo ed essere successivamente utilizzato come qualsiasi altro segno grafico.
- Possibilità di creare segni grafici da disporre automaticamente su fogli diversi.

3) Gestione dei contatti

- Generazione automatica, per ogni bobina o contattore, dello schema di utilizzo dei contatti.
- Numerazione automatica dei morsetti con riferimento alla bobina di appartenenza.
- Controllo sul numero dei contatti utilizzati ed invio di un messaggio di errore qualora si tenti di utilizzare nel disegno un contatto non disponibile perché non esistente oppure perché è già stato utilizzato.

4) Gestione dei morsetti

- Gestione automatica delle numerazioni dei morsetti dello schema.
- Rappresentazione grafica della morsettiera e dei componenti meccanici del quadro elettrico.
- Indicazione dello schema di appartenenza del morsetto con la segnalazione di ponti oppure l'indicazione dei dati relativi ai cavi.

5) Modifica allo schema elettrico

- Possibilità di correggere eventuali errori, variare una determinata funzione, oppure riutilizzare lo schema elettrico o una parte di esso per la stesura di un disegno di un nuovo impianto.

Di particolare importanza sono infine le funzioni che consentono l'integrazione con la progettazione meccanica (layout della macchina con indicazione della posizione degli interruttori di posizione, sensori, ecc.), elettronica (schema di un circuito elettronico di una apparecchiatura inserita nella macchina) e pneumatica (sensori, elettrovalvole, attuatori, ecc.) dell'impianto di una macchina (v. fig. 2.7).

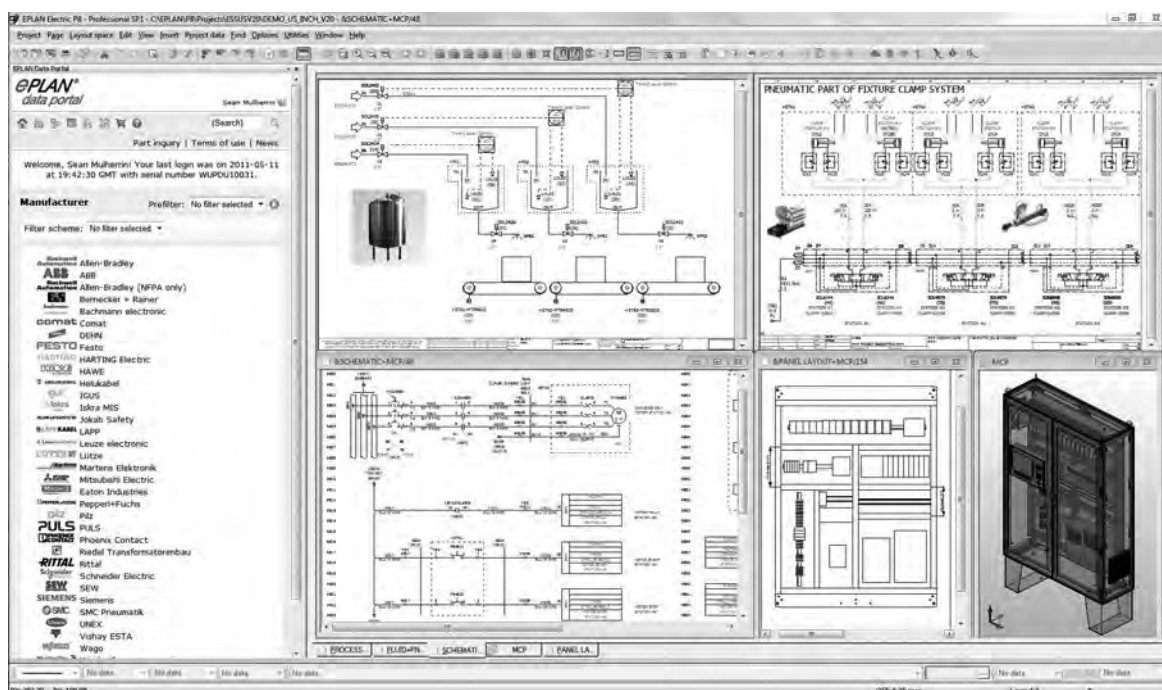


Fig. 2.7 - Esempio di finestra principale del programma EPLAN Electric. Da notare a sinistra l'elenco dei fornitori dei componenti, nella finestra in alto a sinistra il layout dell'impianto, nella finestra in alto a destra lo schema pneumatico, in basso a sinistra lo schema elettrico di potenza e di comando, infine in basso a destra il layout del quadro elettrico con i relativi disegni meccanici.

2.3 Presentazione di un programma CAD: sPlan

A partire da questo paragrafo saranno presentate le caratteristiche, le funzioni e i comandi del programma CAD sPlan, (di cui è disponibile una versione demo sul CD-Rom, mentre la versione completa può essere scaricata da Internet) software di semplice utilizzo che consente di realizzare facilmente e in poco tempo schemi elettrici, elettronici, pneumatici, oleodinamici, architettonici, diagrammi tecnici, ecc. (v. fig. 2.8).

I componenti (elettrici, elettronici, fluidici, ecc.) possono essere presi dalle rispettive librerie e riportati nel circuito. Una griglia modificabile rende intuitivi la collocazione e il collegamento dei componenti. È possibile muove-

re, ruotare, tagliare o scalare (ossia modificarne le dimensioni in scala) tutti gli elementi nel disegno. Inoltre, i diversi componenti possono essere raggruppati tra loro e riutilizzarli successivamente per semplificare il lavoro di stesura del progetto. Le funzioni standard consentono di copiare, tagliare e incollare qualsiasi parte del disegno.

Il programma prevede alcune funzioni speciali, per facilitare la stesura del disegno, come la numerazione automatica dei componenti, la funzione di catalogazione dei componenti, l'uso di variabili, la ricerca dei componenti o le funzioni di collegamento (linking).

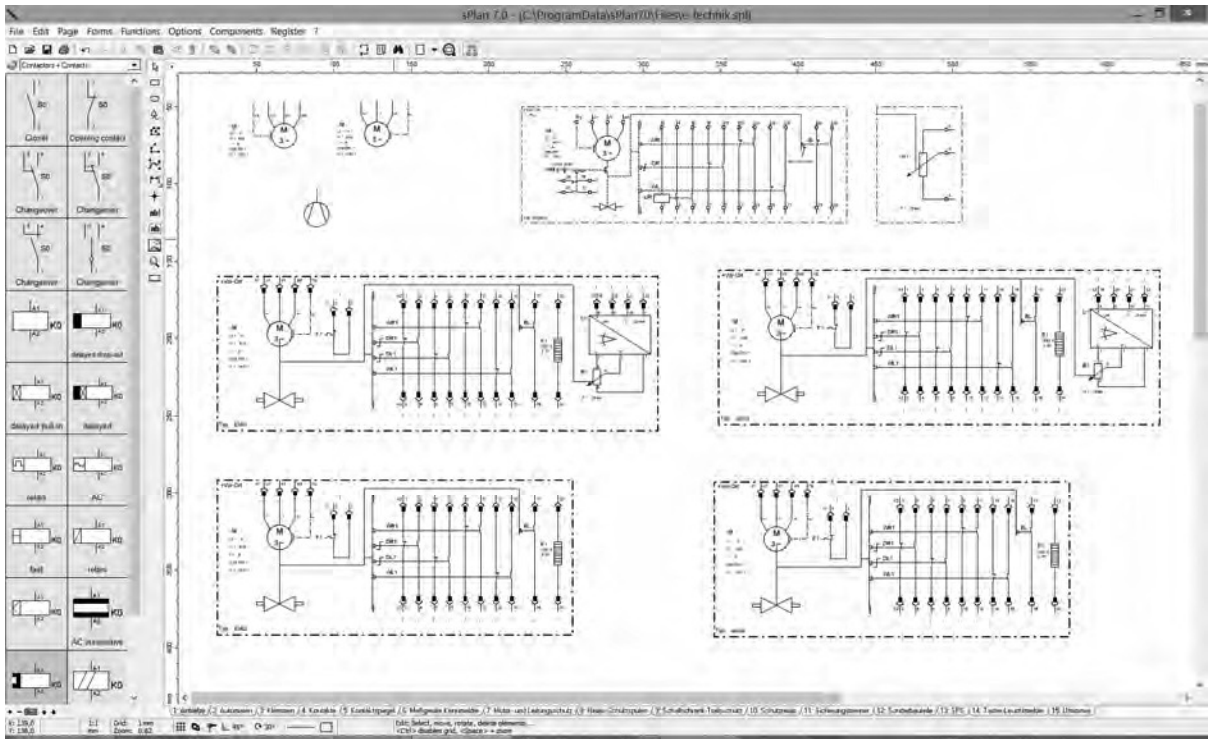


Fig. 2.8 - Esempio di finestra principale del programma CAD sPlan.

Il programma prevede una serie di librerie di simboli elettrici ed elettronici (resistori, condensatori, induttori, diodi, transistor, tiristori, triac, interruttori, motori, bobine, ecc.) di segni grafici o componenti pneumatici, oleodinamici, architettonici, ecc. che consentono immediatamente di iniziare a disegnare schemi.

Se il segno grafico dovesse mancare nella libreria, potrà essere realizzato facilmente modificandone uno già esistente oppure creandone uno nuovo. La finestra che mostra i segni grafici (v. fig. 2.9a) può essere modificata come larghezza o numero delle colonne visualizzate; inoltre, è possibile creare nuove librerie da condividere in rete.

Tutti gli elementi presenti nel disegno possono essere spostati, ruotati, tagliati o scalati semplicemente utilizzando il mouse (v. fig. 2.9e). Con il pulsante destro del mouse, infatti, è possibile attivare il menu sensibile al contesto che permette di avere rapidamente a disposizione i comandi necessari in quel momento.

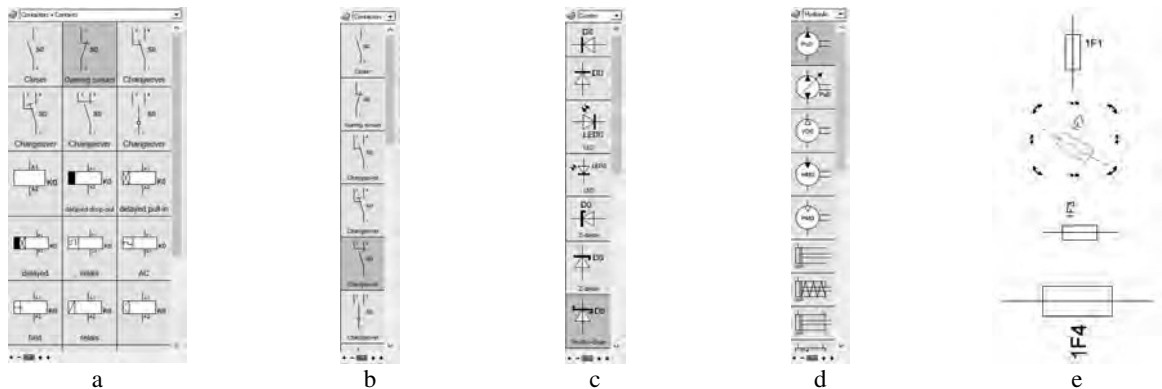


Fig. 2.9 - a) Finestra ridimensionabile che mostra la libreria attiva - b) Esempio di libreria elettrica - c) Esempio di libreria elettronica - d) Esempio di libreria pneumatica/oleodinamica - e) Esempio di segno grafico spostato, ruotato e scalato.

Il programma dispone di numerosi stili per realizzare le linee degli elementi, anche per curve di Bezier, rettangoli, cerchi, archi e poligoni.

Un progetto può essere contenuto in diverse pagine. È possibile passare facilmente da una pagina all'altra facendo clic con il pulsante di sinistra del mouse sulle etichette che portano il titolo della pagina (v. fig. 2.10a). Le pagine possono essere catalogate, aggiunte o cancellate. È possibile, inoltre, importare o esportare pagine per poterle scambiare con altri progetti.

Tutte le opzioni più importanti e maggiormente utilizzate possono essere controllate e modificate in ogni momento nella barra di stato posta in basso nella finestra principale (v. fig. 2.10b).

Il programma consente di creare delle forme geometriche speciali spesso utilizzate negli schemi (v. fig. 2.10c). Le differenti forme possono essere di aiuto per la costruzione di figure più complesse oppure per facilitare la connessione tra vari componenti. Un'importante caratteristica del programma, che può essere anche disattivata, consiste nella possibilità di numerare automaticamente i componenti.

Il programma controllerà lo schema per colonna o per riga e di conseguenza i componenti verranno numerati nel modo scelto. Questa possibilità risulta utile per avere una numerazione logica dei componenti anche se lo schema è stato disegnato siglando i componenti in modo disordinato (v. fig. 2.10d).

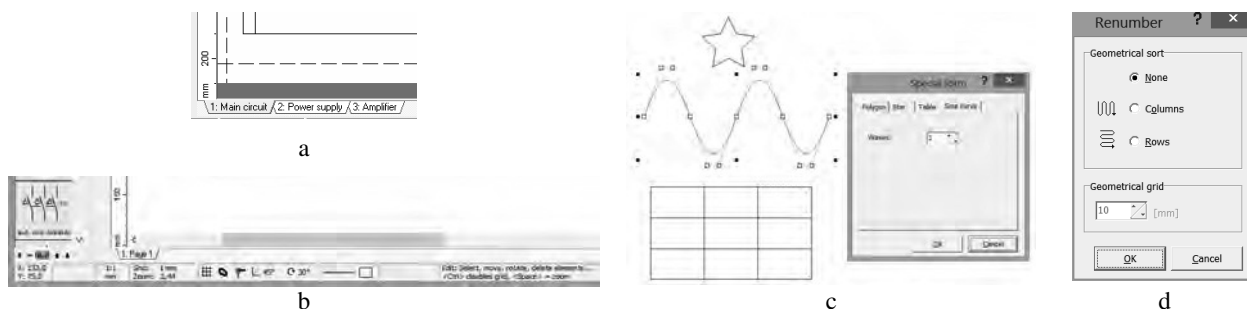


Fig. 2.10 - a) Etichette per il passaggio da una pagina all'altra di un progetto - b) Barra di stato per il controllo e la modifica delle opzioni più importanti - c) Esempi di forme speciali e relativa finestra di impostazione - d) Finestra per la rinumerazione dei componenti in uno schema.

I dati relativi ai singoli componenti come il codice identificativo e il valore (per esempio, il valore della resistenza di un resistore) vengono gestiti automaticamente dal programma che è in grado di generare una lista componenti per altro modificabile in qualsiasi momento (v. fig. 2.11a).

La lista può essere impostata in vari modi, tra cui in ordine o per raggruppamento di valori identici; inoltre, si possono scegliere le pagine o anche tutte le pagine di un progetto, oltre ad importarle in altri programmi come Microsoft Word o Excel.

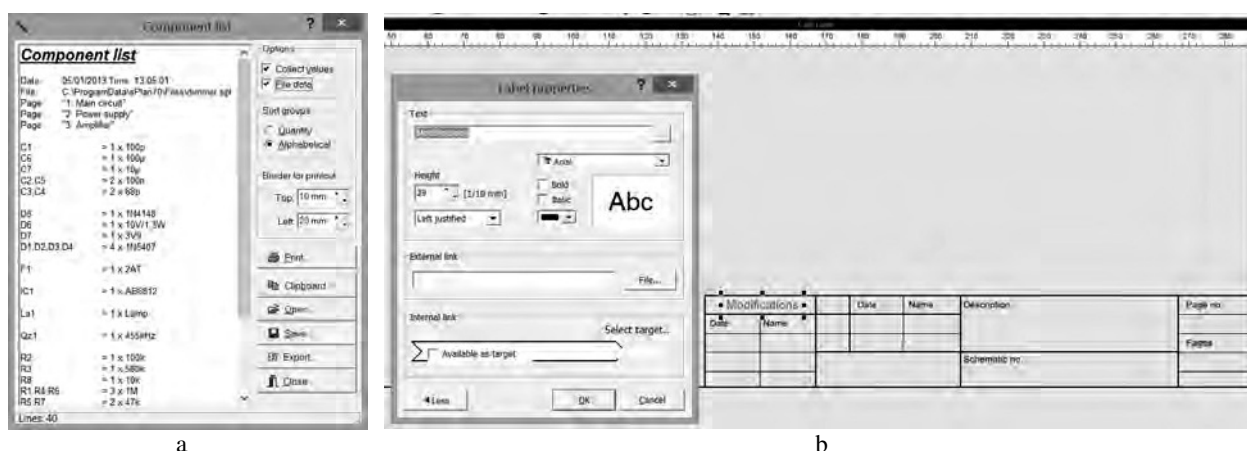


Fig. 2.11 - a) Esempio di finestra con lista di componenti relativa al progetto *dimmer.spl* - b) Esempio di modifica di una tabella moduli (form) in modalità **Edit form**. Durante la stesura del progetto il modulo non interferisce nella stesura dello schema.

Il programma può gestire delle tabelle moduli (form) che possono essere caricate in background nei disegni. I moduli sono modificabili separatamente dallo schema, evitando così che interferiscano con la stesura del progetto (v. fig. 2.11b).

Il programma consente di inserire le quote per distanze, raggi (aree circolari), diametri e angoli.

Esiste la possibilità di esportare i disegni in vari formati (.gif, .jpg, .bmp, .emf, .svg) ed essere così importati da altri programmi (come Microsoft Word), per la stesura di manuali d'uso e di manutenzione. È prevista, inoltre, la possibilità di gestire l'anteprima di stampa in modo da visualizzare in anticipo come verrà effettuata la stampa.

Nella finestra anteprima di stampa, mostrata nella fig. 2.12, è possibile selezionare il tipo di stampante, aggiustare lo zoom, la posizione del disegno sulla carta, ecc. Tutti i cambiamenti vengono visualizzati immediatamente nell'anteprima.

È possibile stampare una pagina singola, selezionare una o più pagine del progetto, oppure il disegno suddiviso su più pagine (banner), in modo da creare una stampa in formato A2 usando una normale stampante A4.

È disponibile un visualizzatore (viewer) di progetti realizzati con sPlan che consente a chi non ha il programma completo di vedere e stampare i disegni realizzati con questo programma.

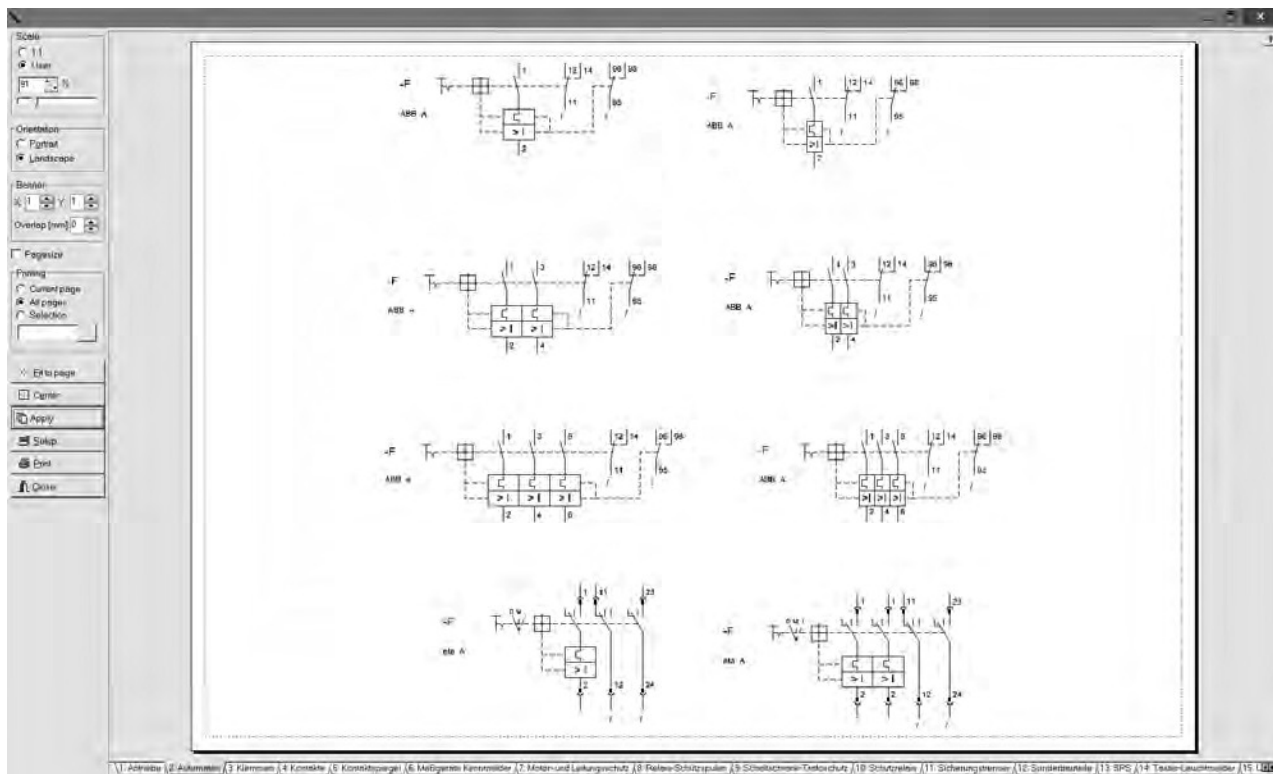


Fig. 2.12 - Finestra anteprima di stampa.

2.4 Il programma CAD sPlan: finestra principale

In alto, nella finestra principale mostrata nella fig. 2.13, si trova la barra dei menu e la barra degli strumenti. Se si posiziona il puntatore del mouse sui pulsanti presenti nella barra degli strumenti, dopo qualche istante appare una breve descrizione del comando.

Sulla sinistra, viene mostrata la finestra con la libreria dei componenti su uno sfondo azzurro. È possibile trascinare i componenti, con il mouse, dalla libreria e rilasciarli sullo schema.

Per ridimensionare la larghezza della finestra della libreria, basta muovere il puntatore del mouse sul bordo destro della finestra come qualsiasi altra finestra di Windows.

Il puntatore cambierà forma e assumerà il simbolo di divisione, a questo punto si deve tenere premuto il pulsante di sinistra del mouse e quindi modificare la larghezza muovendo il mouse.

In basso, nella finestra della libreria, vi sono alcune icone che consentono di aumentare o diminuire il numero di colonne presenti nella finestra, attivare o disattivare la descrizione del componente e infine di cambiare la libreria visualizzata nella finestra.

La barra degli strumenti verticale posta tra la libreria e l'area di lavoro contiene numerose icone per attivare diverse funzioni per il disegno e per la sua modifica.

Gli schemi vengono sviluppati nell'area di disegno (che è la finestra centrale su sfondo giallo chiaro). Ai piedi dell'area di disegno si trovano le etichette che mostrano le pagine su cui è suddiviso il progetto; basta fare clic su una di esse per mostrare, nell'area di disegno, il foglio relativo.

Una barra di stato ai piedi della finestra principale mostra alcune informazioni riguardo la posizione del puntatore del mouse, le impostazioni delle linee, dello zoom, del tipo di riempimento, ecc.

Facendo clic sulla barra di stato sulla voce interessata è possibile attivare o disattivare la griglia o impostare il valore dell'angolo della griglia stessa.

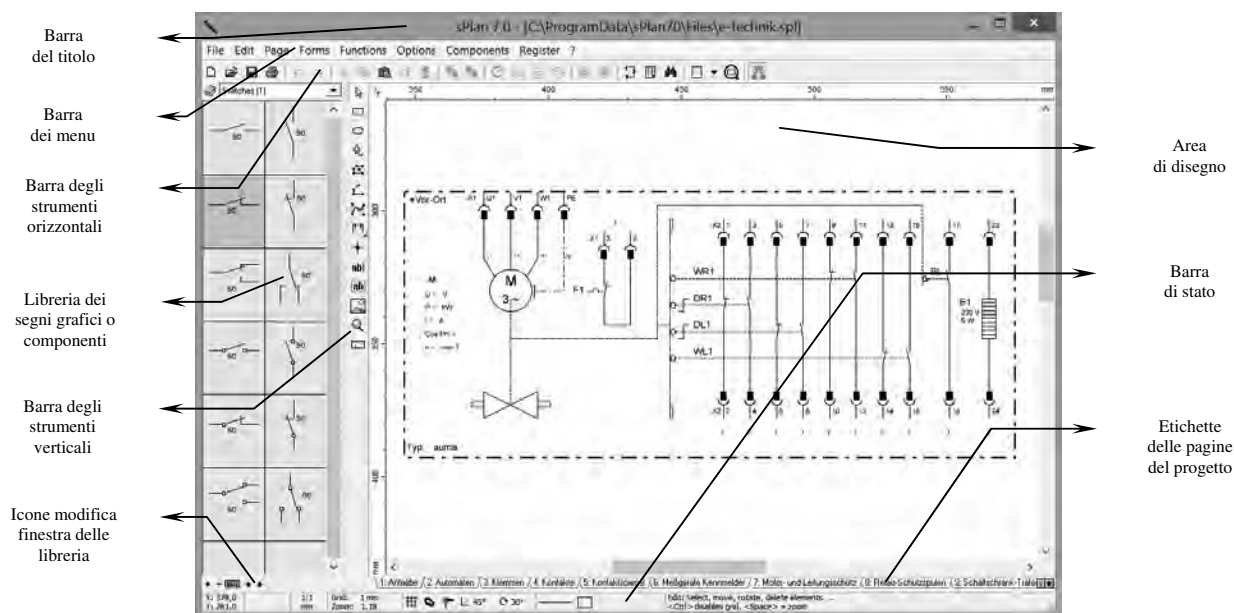


Fig. 2.13 - Esempio di finestra principale del programma CAD sPlan.

2.5 Disegno di uno schema

Impostazione della pagina (Page properties). Per disegnare uno schema la prima cosa da fare è definire il formato della pagina che si vuole usare per lo schema.

Ci sono due modi per farlo: si può selezionare **Page properties...** e poi la voce **Page** nella barra dei menu, oppure si deve fare clic con il pulsante destro del mouse sul **Page register** (posto a sinistra, ai piedi dell'area di disegno, dove normalmente all'inizio trova posto la scritta **1:Page 1**) e selezionare **Page properties...** dal menu sensibile al contesto, apribile premendo il pulsante destro del mouse con il puntatore posto sulla scritta **1:Page 1**.


Nella finestra di dialogo che appare (v. fig. 2.14a) inserire il formato, l'orientamento del disegno e il nome della pagina in uso.

Le descrizioni per esteso saranno mostrate come tooltip, che è un box con informazioni supplementari che appare quando il puntatore del mouse passa sopra le etichette delle pagine del progetto (v. fig. 2.13). Per modificare una o più impostazioni, basterà aprire questa finestra con il pulsante destro del mouse.

Impostazione della griglia. Quando si crea o si modifica uno schema, normalmente si attiva una griglia. La griglia è molto utile per posizionare gli elementi e per connettere i componenti con delle linee (collegamenti elettrici, tubazioni, ecc.).

Il valore preimpostato di default per la griglia è di 1 mm. Generalmente questo valore va bene, ma se è necessario lo si può cambiare.



La distanza sulla griglia è salvata per ciascun progetto e può essere modificata utilizzando il comando **Options** nella barra dei menu, quindi si seleziona la voce **General settings** e, una volta aperta la relativa finestra di dialogo (v. fig. 2.14b), si dà il comando **Grid** nella finestra di selezione di sinistra.

Si può aprire la finestra di dialogo **Grid** utilizzando l'icona **Grid**  sulla barra degli strumenti. Se è necessario modificare i valori della griglia, basta fare clic sul pulsante con la freccia che punta verso il basso a destra dell'icona e selezionare il valore desiderato.

Nella finestra **General settings** è possibile impostare i seguenti parametri.

- **Grid distance**, per inserire la misura della griglia con passi di 1/10 mm (10 = 1 mm).
- **Contrast**, per definire il contrasto della griglia visualizzata; è possibile anche nascondere la griglia.
- **Subdivisions**, per attivare delle sotto divisioni. Per esempio, se è fissata a 5, cioè una riga ogni 5 linee, la griglia sarà visualizzata un po' più spessa. Questa opzione è utile nel caso in cui occorra contare le griglie.
- **Lines/Dots**, questa opzione permette di definire se la griglia sarà visualizzata come linee o punti.

Se si vuole disattivare temporaneamente l'ancoraggio alla griglia, basta tenere premuto il tasto [Ctrl] sulla propria tastiera. La griglia rimarrà disattivata finché non si rilascia il tasto [Ctrl].

Consiglio. Si può disattivare la griglia completamente, utilizzando la corrispondente icona  sulla barra di stato. L'icona  viene cambiata e la griglia è ancora visibile, ma l'ancoraggio è disattivato.

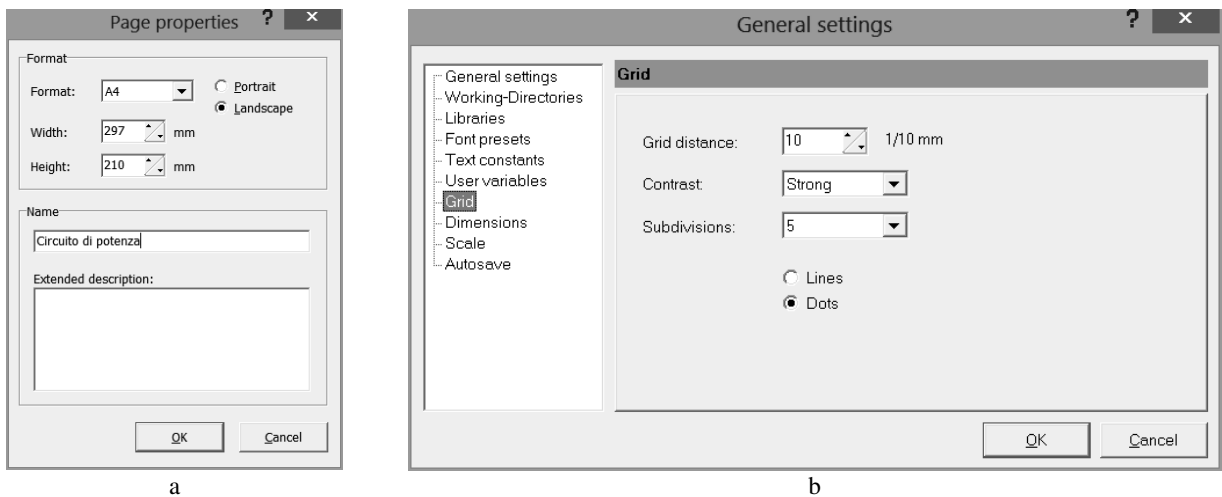




Fig. 2.14 - Programma sPlan: a) Finestra: Page properties - b) Finestra: General settings.

Funzione elastico. La funzione **Rubber band** (elastico) può aiutare a mantenere i collegamenti mentre si spostano singoli componenti o altri elementi sul disegno.

Se, per esempio, un componente collegato è spostato mentre questa funzione è abilitata , il componente trascina con sé, allungandole o accorciandole, tutte le linee collegate ad esso. Con quest'icona  nella barra di stato il programma può attivare o disattivare la funzione Rubber band.



Il programma riconosce elementi collegati solo se il collegamento è corretto. Se, per esempio, una linea si sovrappone a una connessione di un componente, questa non sarà riconosciuta come *connessa*.

La funzione **Rubber band** non funziona anche quando due componenti sono connessi direttamente (senza avere però una linea in comune tra di loro). In questo caso non esiste nessuna linea che possa essere presa con sé dalla **Rubber band**.

Dopo che si è spostato un componente con la funzione **Rubber band**, nella maggior parte dei casi è necessario risistemare le linee di connessione. Se si seleziona la linea, con il puntatore del mouse si possono spostare i nodi.

È possibile aggiungere o cancellare nodi della linea facendo clic con il pulsante destro del mouse e selezionare **Add** (aggiungi) o **Delete** (cancella) nel menu sensibile al contesto.

Snap-to-Connections. Una funzione molto utile in grado di attivare, in aggiunta alla visualizzazione generale della griglia, una visualizzazione automatica di tutti i punti di connessione.

Un punto di connessione può essere qualsiasi nodo di linea oppure ogni punto iniziale o finale di un cerchio o di una curva di Bezier. Con un'icona sulla barra di stato, il programma, può abilitare  o disabilitare  la funzione **Snap-to-connections**.

Non appena ci si posiziona vicino ad un punto di connessione, il punto di connessione cattura la posizione del puntatore del mouse. Un quadrato rosso indica che la posizione del puntatore è attualmente identificata da un punto di connessione. Questa cattura/identificazione aiuta a collegare gli elementi nello schema.

Selezionare, spostare, ruotare e cancellare elementi. Dopo aver disegnato alcuni elementi come segni grafici, forme e così via, se si vuole cambiarne la posizione, la grandezza e il colore, è necessario innanzitutto selezionare l'elemento e quindi attivare la modalità modifica (**Edit mode**).

Per selezionare un elemento è sufficiente cliccarci sopra con il puntatore del mouse, occorre però fare clic esattamente sul contorno se l'elemento non ha aree *riempite*.

Tracciando una cornice con il puntatore del mouse, è possibile selezionare più elementi (v. fig. 2.15a). Gli elementi selezionati sono sempre di colore magenta e sono circondati da otto piccoli quadrati neri (v. fig. 2.15b).

Tenendo premuto il tasto [Maiusc] e facendo clic sugli altri elementi, è possibile aggiungerli alla selezione; basterà un successivo clic per deselectionarli.

Per deselectionare tutti gli elementi basta fare clic su un'area inutilizzata dello schema.

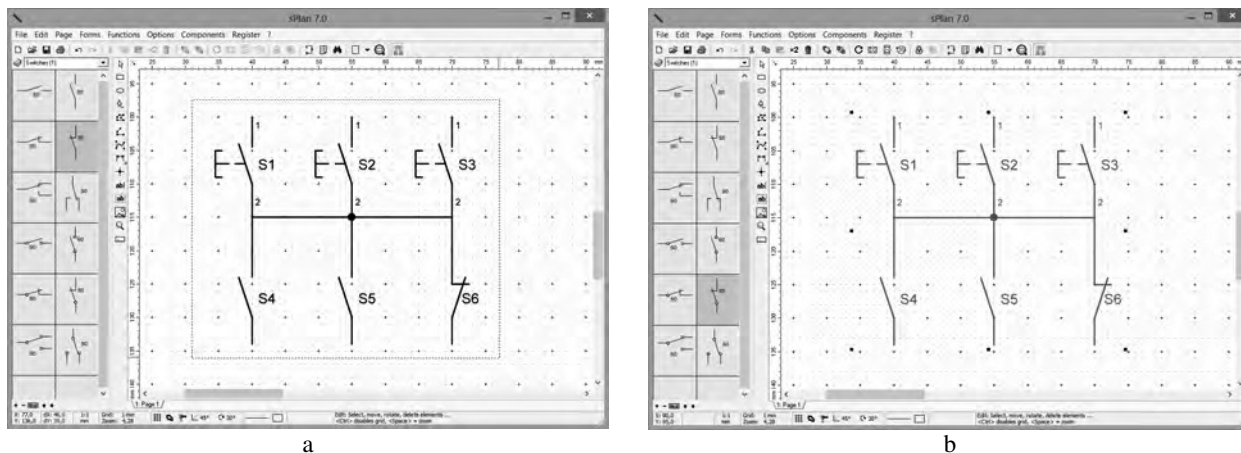



Fig. 2.15 - Programma sPlan: a) Esempio di selezione di più elementi - b) Elementi selezionati.

Spostare gli elementi. Per spostare degli elementi è necessario selezionarli: fare clic sul contorno (di colore magenta) di uno degli elementi e, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, spostare tutti gli elementi nella loro nuova posizione. Una volta effettuata la selezione, si può effettuare lo spostamento anche usando i tasti freccia della tastiera [←], [↑], [↓], [→].

Cancellare elementi. Anche per questa operazione è necessario prima selezionare tutti gli elementi che si vogliono cancellare, quindi selezionare **Edit** nella barra dei menu e selezionare il comando **Delete**. In alternativa si può premere il pulsante  (Delete) nella barra degli strumenti o usare il tasto [Canc] della tastiera.


Ruotare, modificare la dimensione e troncatura. Gli elementi selezionati possono essere ruotati, dimensionati e tagliati (nel senso di troncati) a seconda delle necessità. Per farlo, è sufficiente utilizzare il comando sizer (dimensionatore) e il comando changer (modificatore).

Sizer e changer (dimensionatore e modificatore). Quando si seleziona uno o più elementi, tutt'intorno alla selezione compaiono otto piccoli rettangoli, i cosiddetti **sizer** (v. fig. 2.16a), con i quali si possono dimensionare gli elementi selezionati.

Se si muove il mouse su uno dei sizer, il puntatore del mouse cambierà forma per visualizzare la direzione del dimensionamento.

A questo punto basta fare clic sul sizer e muovere il mouse tenendo premuto il pulsante sinistro; ottenute le dimensioni volute, è sufficiente rilasciare il pulsante del mouse.

Se si fa clic di nuovo su un elemento selezionato, i rettangoli del sizer diventeranno frecce (v. fig. 2.16b), con le quali si può ruotare e tagliare un elemento.

Per ruotare l'elemento, si deve fare clic su una delle quattro frecce curve agli angoli. Tenendo premuto il pulsante di sinistra del mouse e spostandolo intorno all'elemento, si può definire l'angolo di rotazione, che viene visualizzato sulla barra di stato  30°.

Facendo clic su tale icona è possibile modificarne il valore (per esempio, 5°, 10°, 30°, 45°, ecc.). Se contemporaneamente si tiene premuto il tasto [Ctrl] durante la rotazione, si può scegliere liberamente l'angolo di rotazione.

Changer. Per alcuni elementi si ha a disposizione il cosiddetto changer che è costituito da piccoli rettangoli bianchi sul contorno dell'elemento e che possono essere usati per spostare punti rilevanti dello stesso (v. fig. 2.16c).

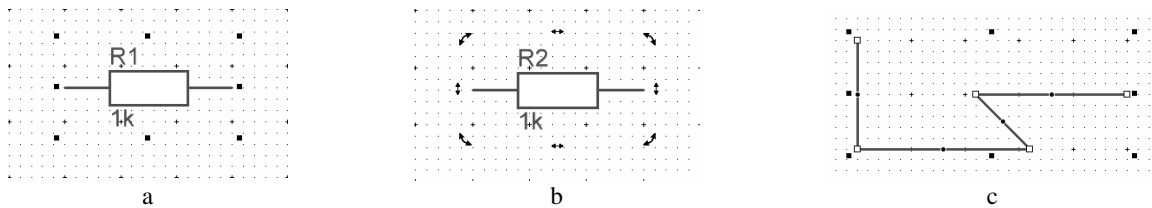


Fig. 2.16 - a) Esempio di segno grafico selezionato dove sono evidenti i sizer - b) Esempio di segno grafico selezionato (resistore) dove i sizer diventano delle frecce che consentono di ruotare e tagliare un elemento - c) Esempio di elementi selezionati dove sono evidenti i changer che consentono di effettuare modifiche agli elementi stessi.

Con il changer si possono modificare i seguenti elementi.

- **Linee, poligoni.** Si può modificare ogni nodo della linea o del poligono. Facendo clic con il pulsante destro del mouse su un changer si può aggiungere un nuovo nodo o cancellarne uno.
- **Curve di Bezier.** Si può spostare l'inizio, la fine nonché i punti di controllo di una curva di Bezier.
- **Cerchi.** Il changer definisce l'inizio e la fine di un cerchio. Lo si può usare per creare archi.
- **Rettangoli.** Il changer consente di adattare la curvatura dei quattro angoli di un rettangolo.
- **Dimensioni.** Il changer permette di adattare la posizione della linea di riferimento di una dimensione.

2.6 Strumenti di disegno

Funzioni di disegno. Il programma mette a disposizione tutti gli elementi di disegno che possono essere necessari per creare schemi di alta qualità.

- | | |
|--|---|
| | • Edit |
| | • Rettangoli, rettangoli arrotondati |
| | • Cerchi, ellissi e segmenti di cerchi (archi) |
| | • Poligoni (aree chiuse con o senza riempimento) |
| | • Forme speciali (poligoni regolari, stelle, tabelle e curve sinusoidali) |
| | • Linee |
| | • Curve di Bezier |
| | • Dimensioni (quote) |
| | • Punti di connessione |
| | • Etichette di testo |
| | • TextRect (per spiegazioni, ecc.) |
| | • Bitmap (loghi, grafica, ecc.) |

Per disegnare uno di questi elementi basta fare clic sull'icona corrispondente presente sulla barra degli strumenti verticale posta accanto alla libreria. Per selezionare e modificare gli elementi del disegno basta porsi nella modalità **Edit** (la prima icona in alto nella barra degli strumenti verticale) quindi premere il pulsante destro del mouse mentre il puntatore è posto sull'elemento da modificare o nelle sue vicinanze. Nella finestra che appare sono proposte le funzioni più frequentemente usate.

Come disegnare rettangoli e rettangoli arrotondati. Selezionare l'icona Rectangle (rettangolo) dalla barra degli strumenti e quindi fare clic sul punto iniziale del rettangolo. Tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse lo si muove fino al punto di chiusura del rettangolo (in basso a destra), per poi rilasciarlo (v. fig. 2.17a).

Premendo il tasto [Maiusc] mentre si disegna un rettangolo, si ottiene un quadrato. Per modificare dimensioni e proprietà si deve tornare alla modalità Edit.

Se si usa il changer, con il tasto [Ctrl] premuto si possono arrotondare gli spigoli del rettangolo. Con un doppio clic sul rettangolo si possono modificare le proprietà come il tipo di linea, riempimento, ecc. (v. fig. 2.17b).

Come disegnare cerchi, ellissi e segmenti di cerchi (archi). Selezionare l'icona Circle (cerchio) dalla barra degli strumenti e cliccare sul punto di inizio del cerchio. Tenendo premuto il pulsante di sinistra del mouse, muoverlo nella posizione finale (in basso a destra) e quindi rilasciarlo (v. fig. 2.18a).

Premendo contemporaneamente il tasto [Ctrl] si disegna un cerchio anziché un'ellisse.

Una volta disegnato il cerchio, tornando alla modalità Edit, è possibile cambiare dimensioni e proprietà.

Usando il changer si possono definire i punti di inizio e fine del cerchio, realizzando così degli archi.

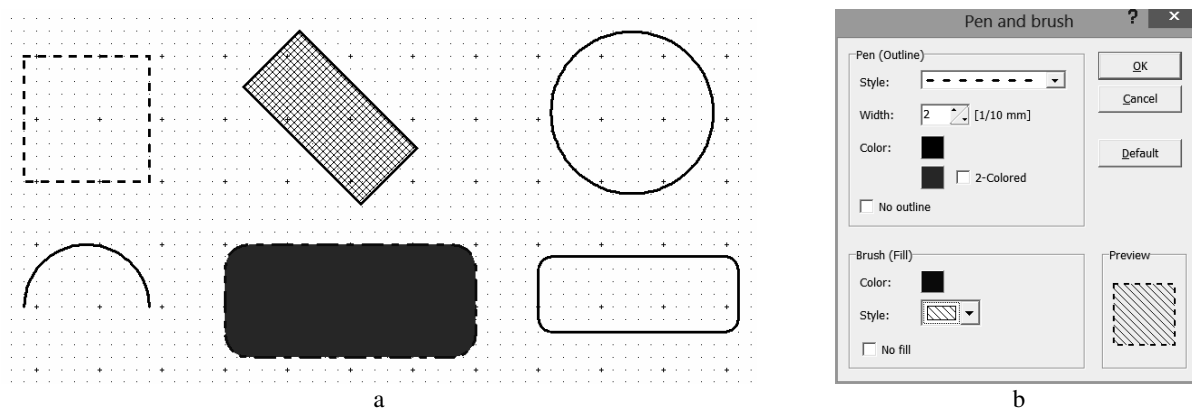


Fig. 2.17 - a) Esempio di quadrati e rettangoli realizzati con il comando *Rectangle* - b) Finestra per la modifica delle proprietà dei rettangoli: tipo di linea e riempimento.

Come disegnare poligoni. Si deve selezionare l'icona *Polygon* nella barra verticale degli strumenti. Con il primo clic si identifica il punto di inizio del poligono. Cliccando di nuovo in un'altra posizione si va a definire il punto successivo e così via (v. fig. 2.18b). Quando si vuole terminare il poligono basta fare clic con il pulsante destro del mouse. Il poligono verrà chiuso automaticamente.

Cliccando nuovamente con il pulsante destro del mouse, si ritorna in modalità *Edit* ed è ora possibile, una volta selezionato il poligono, cambiarne dimensioni e proprietà; se si usa il *changer* è possibile spostare i nodi del poligono (v. fig. 2.18c). Per aggiungere nuovi nodi al poligono si utilizzano quelli individuati da un punto blu posto nel mezzo di ogni segmento di cui è composto il poligono.

Se si fa clic su un nodo virtuale e lo si va a spostare, il nodo virtuale diventa un nodo reale. Così si possono aggiungere nuovi nodi al poligono. Un nodo può essere anche cancellato: basta semplicemente cliccare con il pulsante destro del mouse su un nodo e selezionare il comando **Delete node** nel menu sensibile al contesto.

Anche in questo caso il poligono verrà creato secondo le opzioni attive. Con un doppio clic sul poligono è possibile modificare le proprietà quali linea, riempimento ecc., come visto precedentemente.

L'inclinazione della linea è settata ad un certo valore, che è visualizzato sulla barra di stato $\angle 15^\circ$. Basta cliccare sul valore visualizzato per selezionare un altro valore. Per disattivare la cattura dell'angolo basta tenere premuto il tasto [Ctrl] sulla tastiera.

Consiglio. I poligoni sono disegnati con un valore definito di cattura dell'angolo. È possibile disattivare questa funzione premendo [Maiusc] mentre si disegna il poligono. Se, invece, si preme il tasto [Ctrl], si può disattivare anche la cattura da parte della griglia.

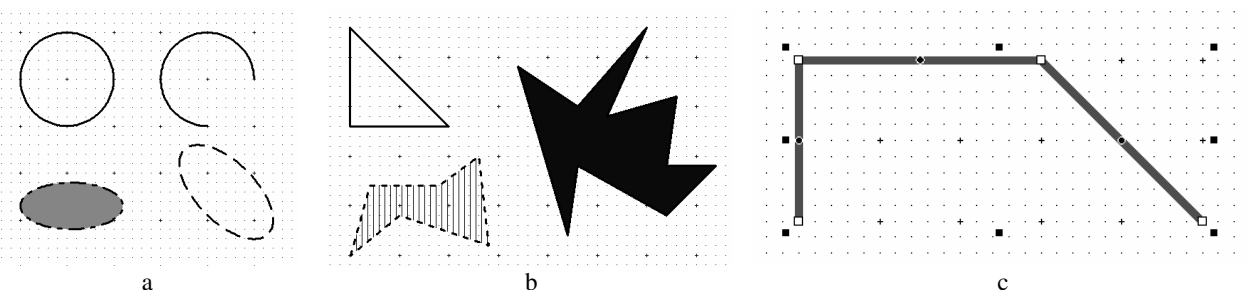


Fig. 2.18 - a) Esempio di cerchi ellissi e archi realizzati con il comando *Circle* - b) Esempio di poligoni realizzati con il comando *Polygon* - c) Esempio di modifica dei punti di un poligono selezionato.

Come disegnare forme speciali. Le forme speciali sono spesso necessarie ma difficili da creare.

Per creare una forma speciale basta selezionare l'icona **Special form** presente nella barra degli strumenti.

Quindi selezionare la forma desiderata. Sono disponibili quattro forme speciali: **Polygon** (poligono regolare), **Star** (stella), **Table** (tabella), **Sine curve** (curva sinusoidale) come mostrato nella fig. 2.19a.

Ogni forma ha delle specifiche proprietà, che devono essere impostate nell'apposita finestra di dialogo (v. fig. 2.19b).

Si deve fare clic nella posizione di inizio e, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, lo si sposta nella posizione finale (in basso a destra); una volta rilasciato il pulsante, la forma viene completata.

Se si preme contemporaneamente il tasto [Ctrl] mentre si sta disegnando una forma, quest'ultima viene costruita all'interno di un quadrato.

Le forme speciali sono sempre create secondo le opzioni selezionate precedentemente. Le forme speciali **Polygon** e **Star** possono essere create sia come linea sia come poligono. Se la forma va associata a un riempimento, occorre selezionare l'opzione **As polygon**.

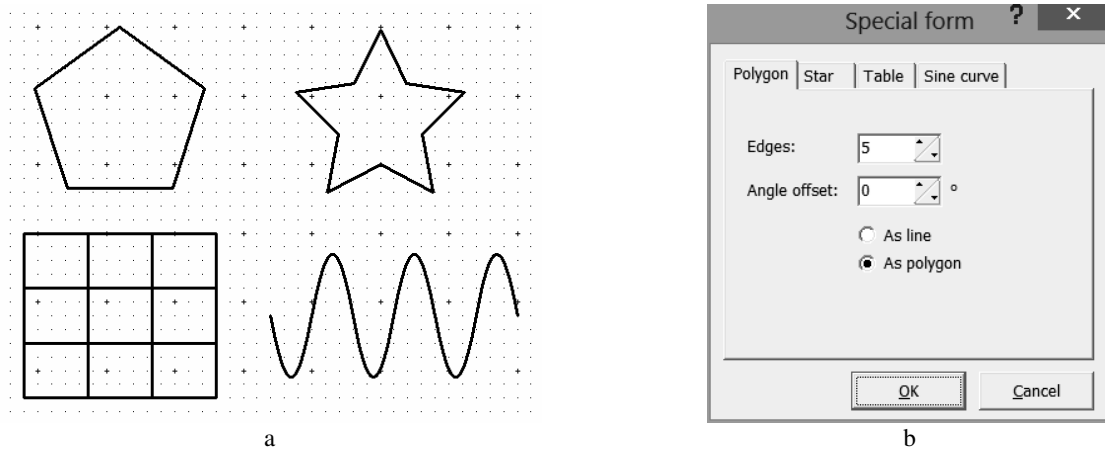


Fig. 2.19 - a) Esempio di forme speciali realizzate con il comando *Special form* (*Polygon*, *Star*, *Table*, *Sine curve*) - b) Finestra di dialogo per impostare i parametri delle forme speciali.

Come disegnare linee. Selezionare l'icona **Line** nella barra degli strumenti. Con un primo clic si fissa il punto di inizio della linea mentre facendo clic di nuovo in un'altra posizione si fissa il punto. Quando si vuole terminare la linea, basta premere il pulsante destro del mouse (v. fig. 2.20a).

Premendo una seconda volta il pulsante destro del mouse si ritorna nella modalità *Edit* da dove è possibile cambiare le dimensioni o le proprietà della linea; usando il changer è possibile spostare anche i nodi delle linee.

Usando i nodi virtuali è possibile aggiungerne di nuovi alla linea. Esiste un nodo virtuale (cerchio blu) nel mezzo di ogni segmento. Se si fa clic sul nodo virtuale e lo si sposta, questo diventa un nodo reale. In questo modo è possibile aggiungere nuovi nodi alla linea (v. fig. 2.20b).

È possibile cancellare un nodo o dividere una linea in due linee separate. Basta fare clic con il pulsante destro del mouse su di un nodo e quindi selezionare l'opzione desiderata.

La linea sarà creata sempre secondo le opzioni selezionate attive.

Facendo doppio clic sulla linea, si apre la finestra **Line properties**, dalla quale è possibile modificare le proprietà della linea come colore, spessore, stile, ecc., come mostrato nella fig. 2.20c.

L'inclinazione della linea è fissata a un certo valore, visualizzato sull'icona presente sulla barra di stato $\angle 15^\circ$. Facendo clic sull'icona è possibile impostare un altro valore. Per disattivare temporaneamente questa funzione basta premere il tasto [Ctrl].

Consiglio. I poligoni sono disegnati con l'impostazione di inclinazione definita. È possibile disattivare l'opzione di cattura dell'angolo premendo il tasto [Shift] mentre si disegna il poligono. Se si preme il tasto [Ctrl], invece, si disattiva anche la cattura della griglia.

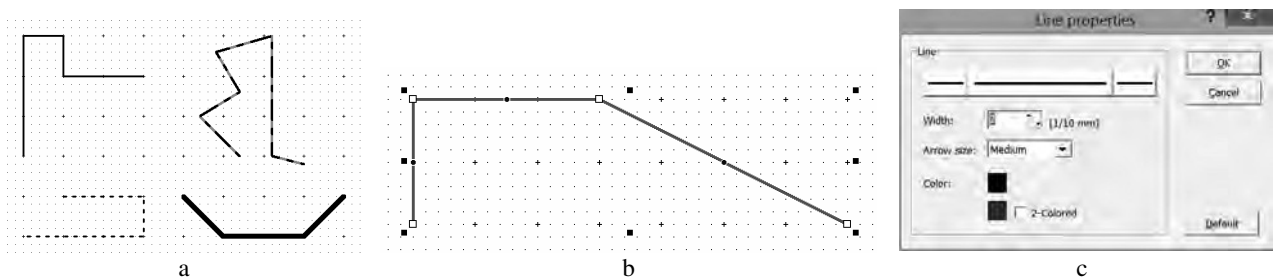


Fig. 2.20 - a) Esempio di linee realizzate con il comando *Line* - b) Esempio di modifica dei punti di una linea - c) Finestra di dialogo per la modifica delle proprietà delle linee.

Come disegnare le curve di Bezier. Le curve di Bezier sono curve speciali con un punto di inizio, due punti di controllo e un punto finale. La curva inizia sempre nel punto di inizio e finisce nel punto finale. I due punti di controllo consentono di definire la forma della curva (v. fig. 2.21a).

Una curva di Bezier semplice è costituita da quattro punti. È possibile anche definire più curve: il punto finale dell'ultima curva è anche il punto iniziale della curva successiva; quindi ci sono tre punti per ciascuna curva addizionale (due punti di controllo e un punto finale).

Una curva di Bezier consiste di almeno 4 punti e 3 punti per ogni curva addizionale, che insieme danno 4, 7, 10, 13 o più punti.

Per disegnare una curva di Bezier basta selezionare l'icona Bezier sulla barra verticale degli strumenti.

Il primo clic identifica il punto di inizio della curva; facendo di nuovo clic si fissa il primo e il secondo punto di controllo e infine il punto finale della curva. Per una curva aggiuntiva è possibile fare clic di nuovo e fissare i 2 punti di controllo successivi e il punto finale.

Per terminare il disegno fare clic con il pulsante destro del mouse. Premendo il pulsante destro del mouse si torna in modalità Edit.

Mentre si fissano i due punti di controllo di una curva di Bezier, la curva non può essere visualizzata, perché la forma finale della curva dipende dal punto finale. È possibile spostare i punti di controllo successivamente per definire la forma della curva in modo più preciso.

Quando si è terminato di disegnare la curva di Bezier, basta tornare in modalità Edit per cambiare dimensioni e proprietà. È possibile utilizzare il changer per spostare i nodi della curva. Facendo clic su un nodo, con il pulsante destro del mouse, si apre il menu che consente di modificare la curva di Bezier (v. fig. 2.21b).

La curva di Bezier sarà creata sempre secondo le opzioni selezionate attive. Anche in questo caso con un doppio clic sulla curva di Bezier, si apre la finestra di dialogo **Line properties**, dalla quale modificare colori, stile, spessori, ecc. (v. fig. 2.20c).

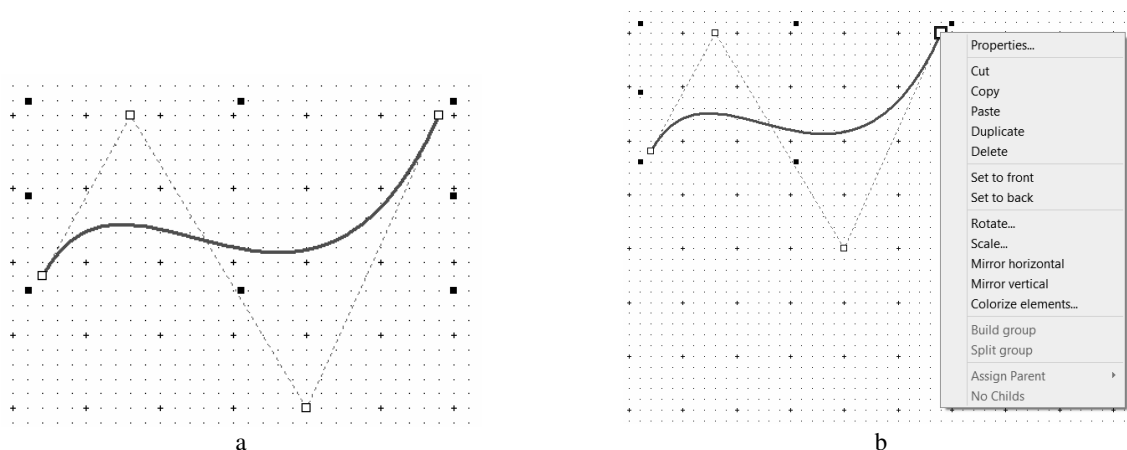


Fig. 2.21 - a) Esempio di curva di Bezier realizzata con il comando Bezier - b) Esempio di menu sensibile al contesto, attivabile con il pulsante destro del mouse. Posizionando il puntatore su di un nodo si possono modificare le proprietà (**Properties...**) di una curva di Bezier.

Come disegnare le quote. La funzione **Dimension** permette di inserire semplici quote nel disegno.

Una quota ha 2 o 3 punti di controllo, in base al tipo di quota che si intende usare.

Questi punti di controllo devono essere fissati l'uno di seguito all'altro quando si crea una nuova quota. È possibile modificare, con il changer, questi punti di controllo in qualsiasi momento, dopo che la quota è stata creata.

Come creare una nuova quota. Basta selezionare l'icona **Dimension** presente nella barra degli strumenti verticale. Per cambiare il tipo di quota si deve fare clic sul piccolo triangolo rosso presente nell'icona, quindi selezionare il tipo di quotatura desiderato: **normale**, **radiale**, **diametro**, **angolare** (v. fig. 2.22a).

Per posizionare i punti di controllo necessari alla nuova quota, occorre cliccarli; quindi spostare il mouse nella posizione voluta: dopo 2 o 3 clic la quota è completa (osservare l'effetto che ogni clic ha sulla quota).

È possibile cancellare la creazione della quota in ogni momento con il pulsante destro del mouse. Ovviamente le caratteristiche delle quote (colore, font, frecce, ecc.) che saranno usate per tutte le nuove quote possono essere stabilite prima.

Per modificare queste impostazioni occorre attivare la funzione **General settings** dal menu **Options** presente nella barra dei menu, quindi selezionare il comando **Dimensions** nella finestra di sinistra.

Come modificare una quota esistente. Dopo aver selezionato la quota desiderata, è possibile modificare i punti di controllo con il changer. Con un doppio clic si richiama la finestra di dialogo **Dimension** per modificarne le proprietà (v. fig. 2.22b).

Nella finestra di dialogo **Dimension** è possibile identificare nella parte superiore quanto segue.

- **Diameter:** se premuto, il simbolo diametro appare prima del valore numerico (\varnothing).
- **Prefix:** qualsiasi testo che deve apparire prima del valore numerico (per esempio, R).
- **Value/Auto:** se è selezionato **Auto**, il valore numerico è fissato automaticamente. Se si vuole inserire un valore numerico manualmente si deve deselezionare la funzione **Auto**.
- **Suffix:** compare qualsiasi testo dopo il valore numerico (unità di misura per esempio: mm).
- **Tolerances:** è possibile inserire tolleranze per dimensioni speciali. La tolleranza apparirà sopra e sotto il valore numerico.

Nella parte inferiore della finestra è possibile modificare l'aspetto della quota.

- **Set to default:** con questo pulsante è possibile riportare i valori a quelli di default che sono fissati dal programma e, generalmente, vanno bene per la maggior parte dei casi.

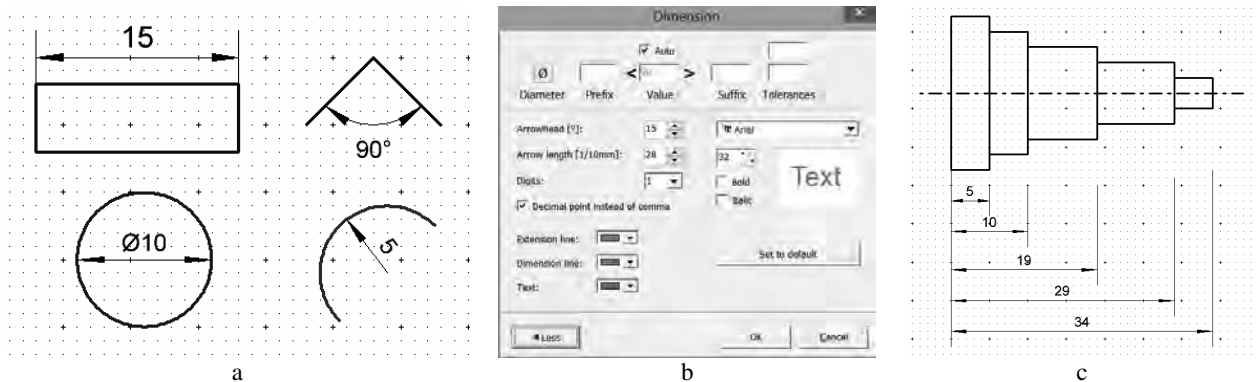


Fig. 2.22 - a) Esempio di quote realizzate con il comando Dimension - b) Finestra di dialogo Dimension per l'impostazione dei parametri principali delle quote - c) Esempio di quotatura in parallelo di un pezzo meccanico.

Come indicare le connessioni. Quando due o più linee di collegamento si intersecano e vi è una connessione, è possibile inserire un punto. Per farlo, basta selezionare l'icona **Connection** nella barra degli strumenti verticale e cliccare nel punto in cui si vuole ci sia una connessione (v. fig. 2.23a).

Premendo il pulsante destro del mouse si torna in modalità Edit.

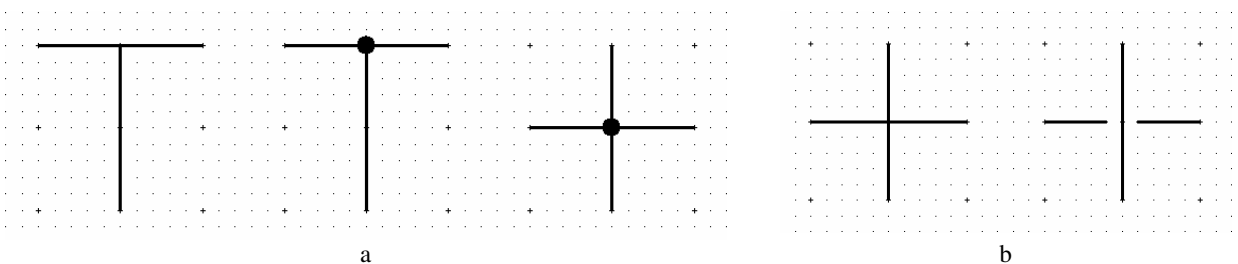



Fig. 2.23 - a) Esempio di linee di collegamento connesse. Negli schemi elettrici il punto di connessione può essere omissso - b) Esempio di linee di collegamento non connesse.

Come aggiungere etichette di testo. Innanzitutto occorre selezionare l'icona **Label** nella barra degli strumenti verticale. Basta poi cliccare nel punto in cui si vuol creare il testo (v. fig. 2.24a). Si apre la finestra di dialogo **Label properties**, da dove si seleziona **Text**, come è riportato nella fig. 2.24b.

È possibile ora inserire il testo e l'altezza del testo in passi da 1/10 mm. Si può anche, una volta definito il testo, determinare l'allineamento del testo ovvero la posizione (sinistra, centro, destra). Facendo clic sull'icona  è possibile richiamare una finestra di dialogo **Label properties** estesa (v. fig. 2.24c).

In questa finestra è possibile inserire testi variabili e testi fissi (l'argomento verrà spiegato più avanti). Con i link interni ed esterni si possono rendere le etichette di testo normali dei link attivi.

Ci sono due diversi tipi di link attivi:

- **link esterni**, per passare direttamente a un sito web o a un file speciale (per esempio, un file .pdf relativo ad un manuale di uso e manutenzione della macchina a cui fa riferimento lo schema).
- **link interni**, per passare direttamente ad un'altra parte della pagina o ad un'altra pagina del progetto.

Si possono attivare questi link con semplici doppi clic, creando così degli schemi interattivi.

Facendo clic su pulsante **OK** si può chiudere la finestra **Label properties**. Con il pulsante destro del mouse si può tornare alla modalità Edit.

Con un doppio clic su un'etichetta si può richiamare la finestra di dialogo e quindi modificare qualsiasi opzione. Dopo aver selezionato un'etichetta è possibile modificarne dimensione, forma e direzione con il sizer.

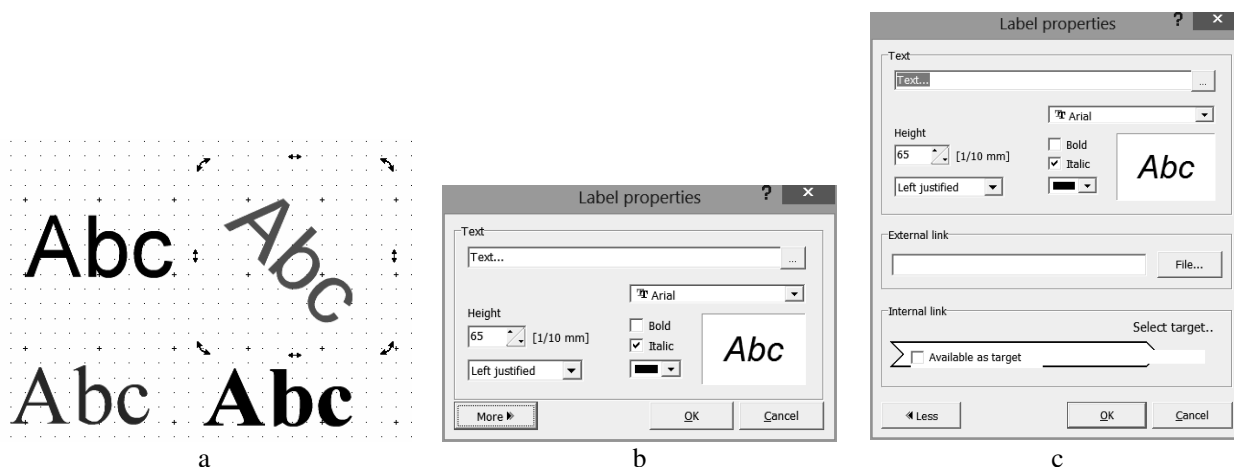


Fig. 2.24 - a) Esempi di etichette di testo - b) Finestra di dialogo *Label properties* - c) Finestra di dialogo *Label properties estesa*.

Come creare rettangoli/box di testo. Innanzitutto occorre selezionare l'icona **TextRect** nella barra degli strumenti verticale. Poi è necessario fare clic nell'angolo in alto a sinistra del box di testo; quindi, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse si deve disegnare un rettangolo, rilasciando infine il mouse.

Apparirà la finestra di dialogo **Textrect** mostrata nella fig. 2.25a. Nella finestra in alto a sinistra è possibile inserire il testo.

Durante la modifica del testo è possibile vedere i cambiamenti anche sullo schema (v. fig. 2.25b). Con la finestra di dialogo è possibile modificare sia il font sia l'allineamento.

Un doppio clic su un box di testo apre automaticamente la finestra di dialogo per eventuali modifiche.

Quando si seleziona un box di testo è possibile vedere il contorno sullo schermo; tale linea tratteggiata però non appare sulle stampe e sui file esportati.

Se il testo si sovrappone al contorno, viene tagliato. Il contorno definisce la dimensione massima del box di testo. Quando si seleziona un box di testo è possibile modificarne la dimensione, forma o direzione con il sizer, come mostrato, al centro della fig. 2.25b.

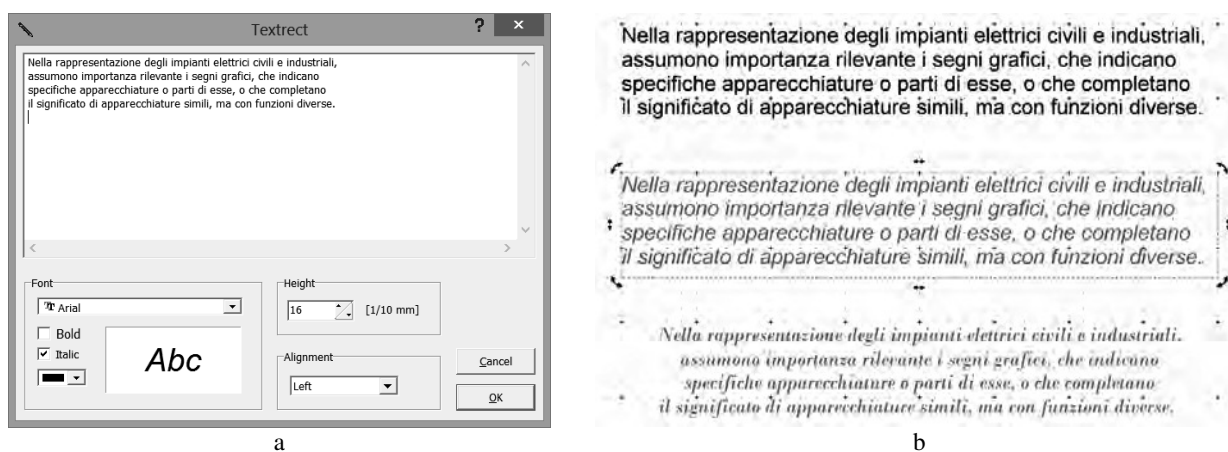


Fig. 2.25 - a) Finestra di dialogo *Textrect*, con inserito un testo - b) Esempi di box di testo. Da notare che lo stesso testo può avere dimensioni e attributi diversi.

Come importare immagini bitmap. Si deve fare clic sull'icona **Bitmap** presente nella barra degli strumenti verticali. Si deve poi fare clic sullo schema per determinare la posizione della bitmap e quindi selezionare un file bitmap (.bmp, .jpg) dalla finestra di dialogo **Apri**. L'immagine bitmap verrà inserita nello schema.

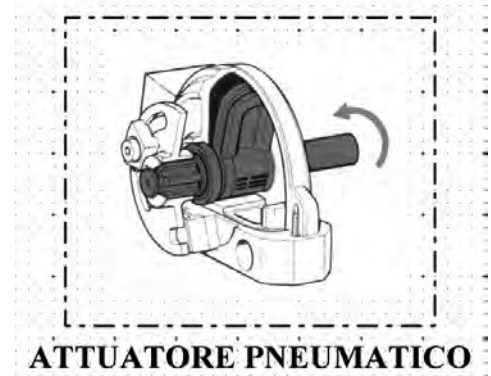
È possibile anche selezionare l'immagine mediante la voce **Import picture** dal menu **File** presente nella barra dei menu. Il programma supporta i formati .bmp e .jpg.

Se c'è la necessità di importare immagini in altro formato è necessario convertirle in formato .bmp o .jpg con un'altra applicazione.

Una volta che l'immagine è stata inserita nel disegno, dopo averla selezionata, è possibile modificarne le dimensioni, la forma e la direzione con il sizer.



a



b

Fig. 2.26 - a) Finestra di dialogo Apri per l'inserimento di immagini bitmap nel disegno - b) Esempio di disegno con inserita l'immagine bitmap selezionata mediante la finestra di dialogo Apri.

2.7 Proprietà degli elementi

È possibile cambiare le proprietà di ciascun elemento facendo un doppio clic sull'elemento stesso per aprirne la relativa finestra di dialogo oppure selezionare la voce **Properties** dal menu sensibile al contesto (premendo il pulsante destro del mouse sull'elemento).

Gli oggetti riportati di seguito hanno specifiche proprietà:

- per rettangoli, cerchi e poligoni si apre la finestra di dialogo **Pen and brush**;
- per linee e curve di Bezier si apre la finestra di dialogo **Line properties**;
- per le quote si apre la finestra di dialogo **Dimension**;
- per le etichette si apre la finestra di dialogo **Label properties**;
- per i box di testo si apre la finestra di dialogo **Textrect**;
- per componenti e simboli si apre la finestra di dialogo **Component properties**.

Pen and brush. Con questa finestra (v. fig. 2.27a) è possibile selezionare il tipo di linea e il riempimento di elementi chiusi come rettangoli, cerchi e poligoni.

- **Pen (Outline):** permette di settare lo stile della linea, lo spessore e il colore del contorno. L'opzione **2-colored** permette di creare un contorno a due colori. Questa opzione ha significato solo in combinazione con una linea puntinata o tratteggiata. Una linea continua non può avere due colori.
- **Brush (Fill):** permette di impostare un colore e uno stile di riempimento.
- **Default:** con questo pulsante è possibile reimpostare i valori di default.

Line properties. Con questa finestra (v. fig. 2.27b) è possibile selezionare le proprietà di una linea. In alto si può selezionare lo stile.

I simboli a destra e a sinistra definiscono il tipo di inizio e il tipo di fine della linea, si possono selezionare vari simboli, come freccia, diamante, ecc.

- **Width:** imposta lo spessore della linea in 1/10 mm.
- **Arrow size:** determina la dimensione dell'inizio e della fine della linea. Si può scegliere tra small (piccolo), medium (medio), large (grande).
- **Color:** permette di scegliere il colore della linea.
- **2-colored:** questa opzione consente di creare linee a due colori. Ha significato solo in presenza di una linea puntinata o tratteggiata. Una linea continua non può avere due colori.
- **Default:** con questo pulsante vengono reimpostati i valori di default.

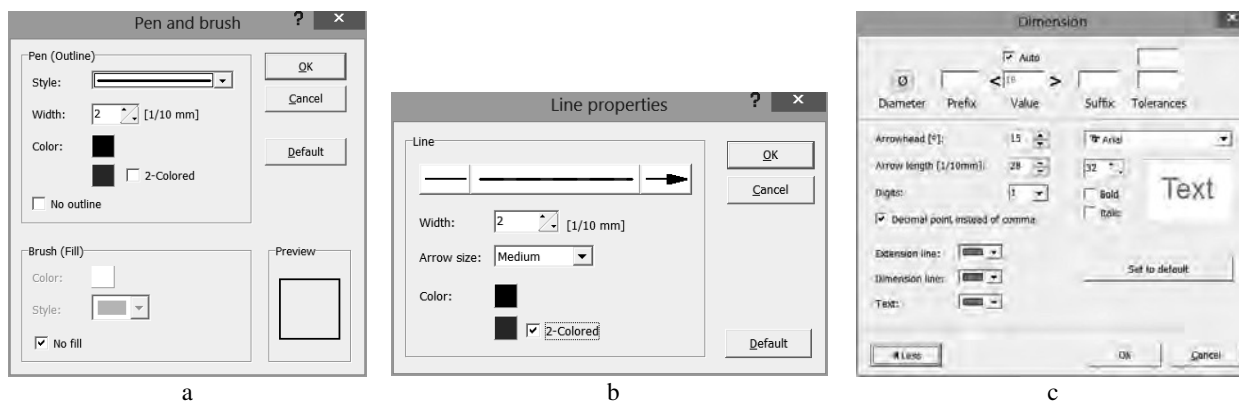


Fig. 2.27 - a) Finestra di dialogo *Pen and brush* per modificare le proprietà dei rettangoli, cerchi e poligoni - b) Finestra di dialogo *Line properties* per modificare le proprietà delle linee e delle curve di Bezier - c) Finestra di dialogo *Dimension* per modificare le proprietà delle quote.

Dimension. Con questa finestra (v. fig. 2.27c) è possibile selezionare le proprietà di una quota.

- **Diameter:** se premuto, il simbolo di diametro apparirà prima del valore numerico.
- **Prefix:** imposta qualsiasi testo che debba apparire prima del valore numerico.
- **Value/Auto:** se si seleziona **Auto**, il valore numerico sarà impostato automaticamente; se si deselecta la funzione **Auto**, è possibile inserirlo manualmente.
- **Suffix:** inserisce qualsiasi testo che debba apparire dopo il valore numerico.
- **Tolerances:** è possibile inserire tolleranze per dimensioni speciali. Le tolleranze appariranno sopra e sotto il valore numerico.
- **Design:** nella parte inferiore della finestra è possibile modificare l'aspetto della quota (per esempio, frecce, tipo di carattere, ecc.).
- **Set to default:** se si preme questo pulsante si possono reimpostare i parametri di default inerenti l'aspetto della quota. I valori di default sono fissati e corrispondono all'aspetto che viene maggiormente usato.

Label properties. Innanzitutto occorre selezionare l'icona **Label** nella barra degli strumenti verticale. Basta poi cliccare nel punto in cui si vuole modificare il testo (v. fig. 2.24a). Si apre la finestra di dialogo **Label properties**, da dove si seleziona **Text**, come è riportato nella fig. 2.24b.

È possibile ora inserire il testo e l'altezza del testo in passi da 1/10 mm. Si può anche, una volta definito il testo, determinare l'allineamento del testo ovvero la posizione (sinistra, centro, destra). La posizione del testo (sinistra, centro o destra) sarà mantenuta anche se il testo viene modificato.

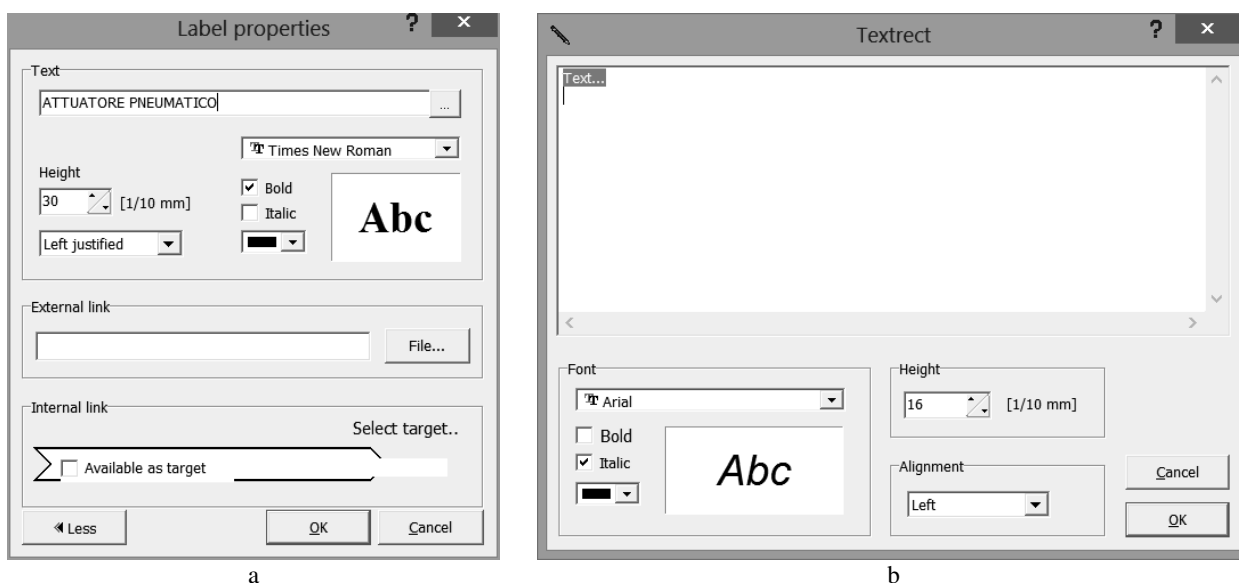



Fig. 2.28 - a) Finestra di dialogo *Label properties* estesa per modificare le proprietà delle etichette di testo - b) Finestra di dialogo *Textrect* per modificare le proprietà dei box di testo.

Facendo clic sull'icona  è possibile richiamare una finestra di dialogo **Label properties** estesa (v. fig. 2.28a). In questa finestra è possibile inserire testi variabili e testi fissi (l'argomento verrà spiegato più avanti). Con i link interni ed esterni si possono rendere le etichette di testo normali dei link attivi.

Ci sono due diversi tipi di link attivi:

- **link esterni**, per passare direttamente a un sito web o a un file speciale (per esempio, un file .pdf relativo ad un manuale di uso e manutenzione della macchina a cui fa riferimento lo schema).
- **link interni**, per passare direttamente ad un'altra parte della pagina o ad un'altra pagina del progetto.

Si possono attivare questi link con semplici doppi clic, creando così degli schemi interattivi.

Facendo clic su pulsante **OK** si può chiudere la finestra **Label properties**. Con il pulsante destro del mouse si può tornare alla modalità Edit.

Con un doppio clic su un'etichetta si può richiamare la finestra di dialogo e quindi modificare qualsiasi opzione. Dopo aver selezionato un'etichetta è possibile modificarne dimensione, forma e direzione con il sizer.

Textrect. In questa finestra, mostrata nella fig. 2.28b, è possibile modificare il testo. Le modifiche apportate compariranno automaticamente sul disegno. La finestra permette, inoltre, di cambiare anche il font e l'allineamento.

Component properties. In questa finestra è possibile impostare le proprietà dei componenti (v. fig. 2.29a).

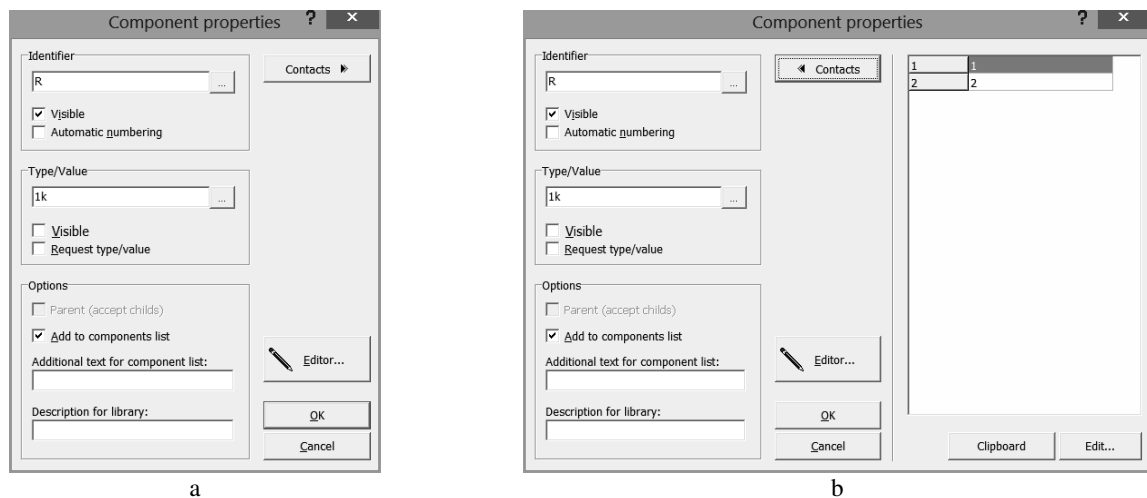



Fig. 2.29 - a) Finestra di dialogo *Component properties* per modificare le proprietà dei componenti - b) Finestra di dialogo *Component properties* estesa ove è possibile modificare le descrizioni dei pin.

- **Identifier:** l'identificativo consiste in un carattere (per esempio, R) seguito da un numero (per esempio, 1) in modo da definire un componente come R1. È possibile inserire un identificativo per ciascun componente oppure abilitare l'opzione di numerazione automatica.
- **Identifier visible:** disabilitare questa opzione per i simboli che non hanno bisogno di un identificativo visualizzato (per esempio, frecce).
- **Automatic numbering:** se si vuole utilizzare l'opzione **Automatic numbering**, basta digitare una lettera come R (senza numero) nel campo **Identifier** e attivare l'opzione **Automatic numbering**. Il software cercherà tutti i componenti che sono identificati con la lettera **R** e li numererà automaticamente. Se si dovessero cancellare alcuni componenti nello schema, la numerazione diventerebbe discontinua. Per ovviare a questo inconveniente si può attivare la voce **Renumber components...** dal menu **Functions** o dalla barra degli strumenti: i componenti verranno rinumerati automaticamente.
- **Type/Value:** usare questo campo per inserire tipi o valori di componenti, per esempio **1k** per un resistore, **BC 4547** per un transistor, ecc.
- **Type/value visible:** disabilitare questa opzione se un componente non ha nessun tipo o valore o se per un qualsiasi motivo non lo si vuole visualizzare.
- **Request type/value:** questa opzione abilita la richiesta di dati quando il componente è trascinato e rilasciato all'interno dello schema. Usare questa opzione per componenti che hanno bisogno di informazioni riguardo al valore e al tipo che non sono conosciute nel momento in cui definiscono le caratteristiche del componente. Si può usare questa opzione per confermare un valore predefinito di default.

- **Parent (accept childs):** se si seleziona questa opzione, il componente è definito come genitore (il significato verrà specificato in seguito).
- **Add to component list:** se questa opzione è selezionata, il componente apparirà nella lista dei componenti. Disabilitare questa opzione per simboli semplici come per esempio le frecce.
- **Description for library:** se si vuole, in questo campo, è possibile inserire una breve descrizione che sarà visualizzata nella libreria dei componenti. È bene usare descrizioni brevi per mantenere la libreria di piccole dimensioni.
- **Contacts:** i componenti possono essere provvisti dei cosiddetti contatti, che sono descrizioni dei pin che possono essere modificate a piacimento. Permettono di cambiare descrizioni in modo facile senza aprire il **Component editor**. Se i componenti includono contatti, è possibile estendere la finestra (v. fig. 2.29b) per visualizzare la lista dei contatti, premendo il pulsante  ove è possibile modificare le descrizioni dei pin dei contatti dei componenti.
- **Editor:** premere questo pulsante per attivare l'editor dei componenti (**Component editor**).

2.8 Gli appunti, lo zoom, la rotazione, la riflessione, l'allineamento, la colorazione, i gruppi, le guide

Appunti. Le funzioni degli appunti sono certamente conosciute da tutti, in quanto presenti in tutte le applicazioni Windows: cut (**taglia**), copy (**copia**), paste (**incolla**), duplicate (**duplica**).

Le funzioni degli appunti sono richiamate dalla voce **Edit** presente nella barra dei menu (v. fig. 2.30a), dalle icone presenti nella barra degli strumenti (v. fig. 2.30b) e infine nei menu sensibili al contesto (v. fig. 2.30c).

- **Cut:** copia gli oggetti selezionati negli appunti e li cancella dallo schema.
- **Copy:** copia gli oggetti selezionati negli appunti, che rimangono, però, anche nello schema.
- **Paste:** aggiunge il contenuto degli appunti nello schema. Gli oggetti saranno agganciati al puntatore del mouse e potranno essere posizionati dove si vuole con un clic con il pulsante sinistro del mouse.
- **Duplicate:** si esegue il copy e il paste in un solo passo.

È possibile copiare il disegno negli appunti per usarlo con altre applicazioni (per esempio, documentazioni). In generale, si può usare il comando paste per inserire l'immagine bitmap del disegno nell'applicazione.

Copiare un'immagine bitmap negli appunti. È possibile copiare un disegno negli appunti per usarlo in altre applicazioni (per esempio per realizzare manuali, ecc.). Le altre applicazioni possono usare il comando incolla (paste) per inserire il bitmap. È possibile impostare i parametri della **Clipboard** nel menu **File** presente nella barra dei menu (v. fig. 2.30d).

- **Resolution:** permette di selezionare la risoluzione della bitmap. La qualità della bitmap è migliore se la risoluzione è alta (300 dpi), a discapito però della memoria. Questo può provocare un problema con disegni estesi e alte risoluzioni perché Windows pone dei limiti all'uso degli appunti. In questo caso può essere sufficiente usare una risoluzione più bassa.
- **Output:** permette di selezionare cosa si vuole copiare: il progetto intero o soltanto alcuni elementi del disegno.

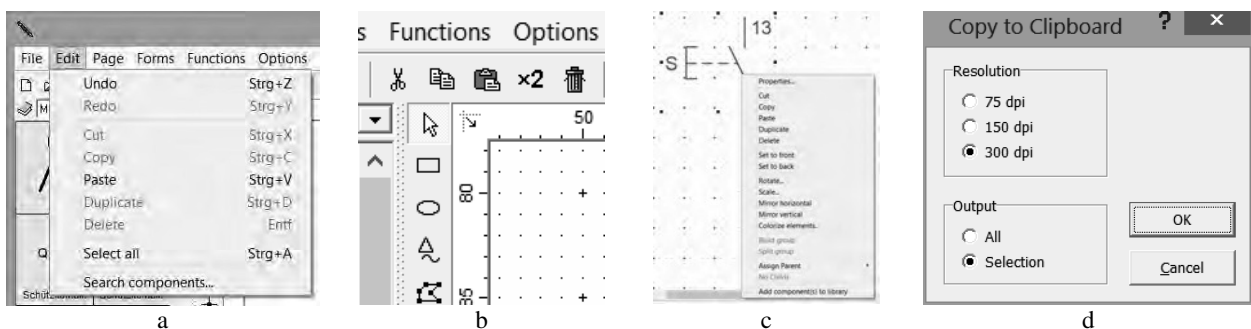


Fig. 2.30 - Funzioni degli appunti: a) Attivabili mediante la barra dei menu - b) Attivabili mediante le icone presenti nella barra degli strumenti - c) Attivabili dal menu sensibile al contesto - d) Finestra **Copy to Clipboard** per l'impostazione dei parametri della clipboard.


Zoom. Questa importante funzione permette sia di visualizzare l'intero disegno sia di ingrandire alcune parti di esso per visualizzare meglio i disegni anche di grande formato. Il modo migliore e più comodo per zoomare e navigare nel disegno è posizionare il puntatore del mouse sul disegno e quindi effettuare lo zoom ruotando la rotella.

Se si sceglie lo **zoom in**, la posizione del mouse sarà automaticamente centrata; in questo modo è possibile navigare in tutto il disegno semplicemente aumentando o diminuendo lo zoom. Se si seleziona l'icona Zoom (**lente d'ingrandimento**), premendo la barra spaziatrice è possibile aumentare lo zoom cliccando con il pulsante sinistro del mouse sullo schema, mentre con il pulsante destro del mouse lo zoom verrà diminuito.

Per selezionare un'area precisa che si vuole zoomare, basta utilizzare le funzioni aggiuntive disponibili nella barra degli strumenti: **Zoom page** (effettua lo zoom della pagina), **Zoom elements** (effettua lo zoom degli elementi), **Zoom selected elements** (effettua lo zoom degli elementi selezionati), come mostrato nella fig. 2.31a.

Ruotare, specchiare (riflettere) e organizzare oggetti. Tutti gli elementi possono essere facilmente ruotati, specchiati e organizzati. Le funzioni disponibili sono le seguenti:

- ruotare;
- riflettere (orizzontale);
- riflettere (verticale);
- portare in primo piano;
- portare in fondo.

Le funzioni sono disponibili nel menu **Functions** (v. fig. 2.31b), dalla barra degli strumenti  o dal menu sensibile al contesto (v. fig. 2.31c). Per attivare una di queste funzioni, occorre selezionare per prima cosa gli oggetti e quindi attivare la funzione desiderata.

- **To front/To back.** Queste funzioni cambiano l'ordine degli elementi selezionati. L'effetto di queste funzioni è visibile soltanto se due o più elementi sono sovrapposti. Usare **Set to front** per portare un oggetto sopra tutti gli altri, **Set to back** per portarlo al di sotto di tutti gli altri.
- **Rotate.** Con l'icona **Rotate** sulla barra degli strumenti è possibile ruotare gli elementi selezionati di 90° in senso orario. Con la voce **Rotate** del menu **Functions**, tutti gli elementi selezionati saranno ruotati in senso orario con un angolo modificabile (per esempio, 45°, 60°, ecc.). È possibile, tenendo premuto il tasto [Maiusc], tenere gli oggetti di testo in posizione leggibile, mentre si ruotano gli oggetti. È possibile ruotare gli elementi selezionati anche con il mouse (usando il sizer e il changer).
- **Mirror.** Tutti gli elementi selezionati, con questa funzione, saranno riflessi sull'asse orizzontale o verticale. Gli elementi testuali non saranno riflessi, facendo sì che il testo rimanga leggibile. È possibile tenere premuto il tasto [Maiusc] mentre si usa questa funzione, per fare in modo che anche gli elementi testuali siano riflessi.

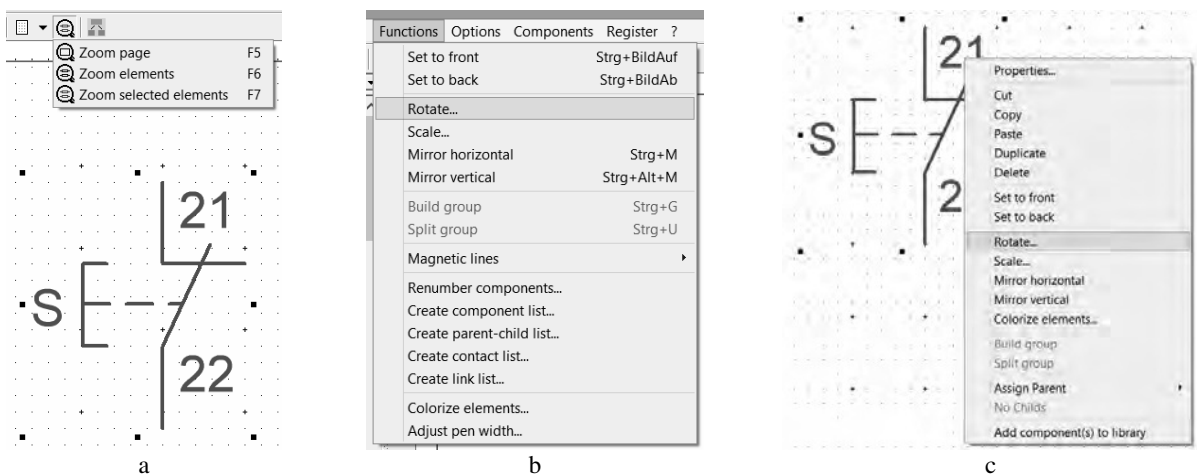


Fig. 2.31 - a) Funzioni zoom attivata mediante la barra degli strumenti - b) Funzione ruotare, specchiare e organizzare oggetti attivate mediante la barra dei menu - c) Funzione ruotare, specchiare e organizzare, oggetti selezionati, mediante il menu sensibile al contesto.

Allineare gli elementi. Con questa funzione è possibile allineare tra loro gli elementi. Per prima cosa si devono selezionare gli elementi che si vogliono allineare. Quindi si deve premere il pulsante **Adjust** presente nella barra degli strumenti e infine si deve selezionare la direzione di allineamento (v. fig. 2.32a).

Gli allineamenti possibili sono:

- **Top**, in alto;
- **Bottom**, in basso;
- **Left**, a sinistra;
- **Right**, a destra;
- **Horizontal**, orizzontalmente;
- **Vertical**, verticalmente.

Per attivare la funzione **Adjust**, è necessario selezionare almeno due elementi (per esempio, pulsanti e resistori).

Colorare gli elementi. Con questa funzione si può cambiare il colore di tutti gli elementi selezionati con un solo comando, invece di richiamare la finestra di dialogo inerente le proprietà per ciascun oggetto.

Selezionare prima gli oggetti che devono essere modificati e quindi richiamare la funzione **Colorize elements...** dal menu **Functions**. Una finestra di dialogo **Colore** permette di selezionare un nuovo colore. Non si vede l'effetto finché gli oggetti sono selezionati (magenta). Il riempimento bianco è riservato a quei componenti che spesso contengono testo, come descrizioni, che devono sempre essere leggibili.

Costruire gruppi. Gli oggetti possono essere combinati in gruppi per poterli selezionare con un solo clic. I gruppi proteggono gli elementi che ne fanno parte da cambiamenti non voluti in termini di posizione, colore, ecc. Gli elementi di un gruppo non possono essere cancellati separatamente.

Per costruire un gruppo è necessario avere almeno due elementi e un gruppo può contenere uno o più sottogruppi. Per creare un gruppo nuovo è necessario prima selezionare gli elementi, poi selezionare la funzione **Functions** e quindi la funzione **Build group** (v. fig. 2.32c) oppure basta fare clic sulla corrispondente icona presente nella barra degli strumenti.

Dividere gruppi. Se si vuole modificare un elemento di un gruppo separatamente, occorre prima dividere il gruppo, in altre parole si deve selezionare il gruppo e, dal menu **Functions**, cliccare sulla funzione **Split group**, separare gli elementi.

Se il gruppo contiene sottogruppi, questi resteranno invariati; sarà necessario ripetere le operazioni descritte precedentemente con i sottogruppi.

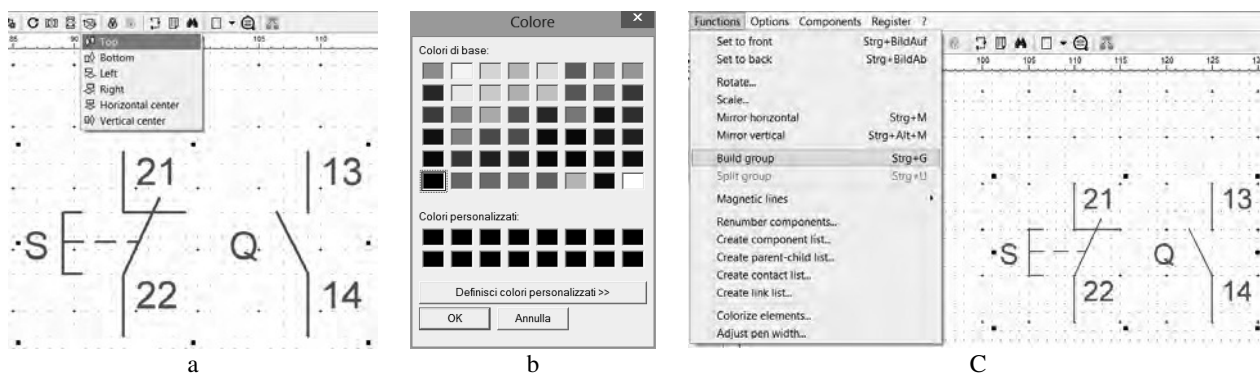


Fig. 2.32 - a) Funzioni allinea elementi (es. S o Q) attivata mediante la barra degli strumenti - b) Finestra di dialogo **Colore** che consente di cambiare il colore degli elementi selezionati - c) Funzione **Build group** per costruire un gruppo di elementi selezionati.

Guide calamitate. Le guide calamitate non hanno proprietà di stile e non saranno mai stampate. Aiutano, però, nella costruzione del disegno e per trovare la corretta posizione quando gli elementi sono spostati. Gli elementi sono allineati automaticamente alle guide calamitate quando sono posti nelle loro vicinanze (v. fig. 2.33a).

- **Aggiungere guide calamitate.** Un modo facile per creare nuove guide calamitate consiste nel disegnarle con il righello. Cliccare sul righello; tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, muovere il puntatore sullo schema e rilasciarlo quando si è nella posizione desiderata. Allo stesso risultato si arriva se si seleziona il comando **New magnetic line vertical** oppure **New magnetic line horizontal** presente nel menu **Functions** dopo aver selezionato il comando **Magnetic lines**.
- **Spostare guide calamitate.** Posizionare il puntatore del mouse su una linea calamitata; il puntatore mostrerà che è possibile muovere la guida: basta fare clic sulla guida e spostarla nella nuova posizione, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse.
- **Cancellare guide calamitate.** Per cancellare una guida calamitata basta selezionare la guida che diventerà di colore rosso. Selezionare il comando **Delete** presente nel menu **Edit** del menu principale oppure fare clic sull'icona **Delete** oppure premere il tasto [Canc]. Un altro modo semplice per cancellare le guide calamitate consiste nel riportarle nel righello. Fare clic su una guida calamitata, tenere premuto il pulsante di sinistra del mouse e spostarla verso il righello. Una volta rilasciato il pulsante del mouse, la guida verrà cancellata.
- **Fissare guide calamitate.** Occorre richiamare questa funzione dal menu **Functions** e attivare il comando **Magnetic lines** per fissare tutte le guide calamitate sulla pagina. In questo modo le guide calamitate saranno protette da spostamenti e cancellazioni. Fino a quando l'opzione resta attivata non si possono aggiungere nuove guide calamitate al disegno.

- **Nascondere guide calamitate.** Questa funzione, richiamabile dal menu **Functions** comando **Magnetic lines**, serve per nascondere tutte le guide presenti sulla pagina. Fino a quando l'opzione resta attivata non si possono aggiungere nuove guide calamitate alla pagina.
- **Usare forme.** Ogni pagina può avere un form di background personalizzato, per esempio il cartiglio utilizzato per la stesura degli schemi elettrici (v. fig. 2.33b). Il form è ad un livello separato, che si trova sotto lo schema. Normalmente il form è soltanto visibile, ma lo si può selezionare o modificare. Il vantaggio è che gli elementi del form non disturbano la stesura del disegno. Si possono creare form personalizzati o modificare quelli esistenti.
- **Come creare un form definito dall'utente.** Se si vuole modificare il form della pagina corrente si deve aprire il form per modificarlo. Selezionare la voce **Edit form** dal menu **Forms**. Lo schema che si sta eseguendo viene nascosto e si apre il form per la modifica con tutte le opzioni previste dal programma. Una volta terminate le modifiche si deve disattivare la funzione **Edit form**, cliccando sull'omonima voce di menu. Così il form modificato sarà riportato sullo sfondo e lo schema sarà di nuovo visibile.
- **Come salvare un form come file.** Un form una volta disegnato può essere salvato in un file, per poter essere usato in altre pagine a seconda delle necessità. Basta attivare il comando **Save form to file...** nel menu **Forms**. I file che contengono un form hanno come estensione **.sbk**.
- **Come caricare un form da un file.** Per caricare un form esistente nella pagina attiva basta eseguire il comando **Load from file...** nel menu **Forms** quindi selezionare un file con estensione **.sbk**. Caricando un nuovo form, quello esistente nella pagina attiva andrà perso se non salvato precedentemente.

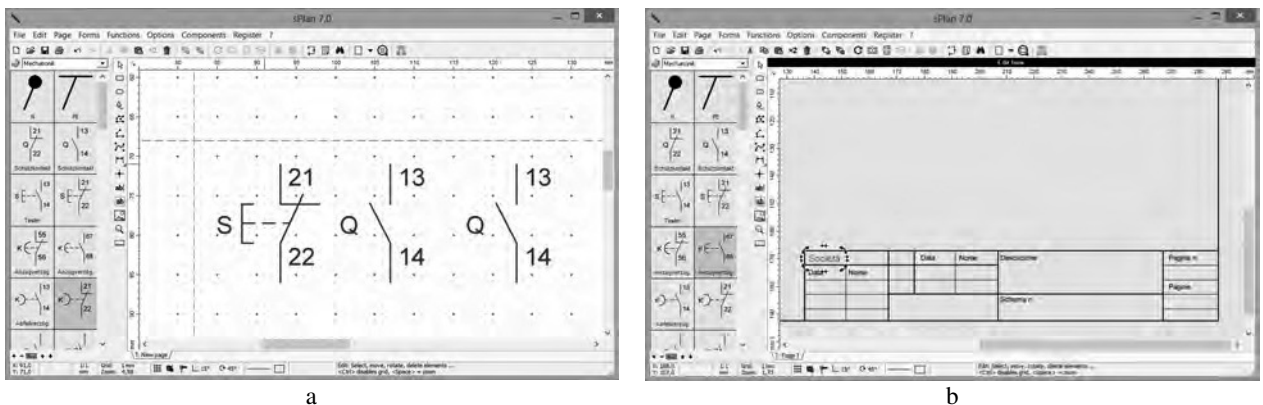


Fig. 2.33 - a) Esempio di utilizzo delle guide calamitate - b) Editare un form mediante il comando **Edit form**.


Lavorare con molte pagine. Uno schema elettrico, elettronico e idraulico si può sviluppare in diverse pagine. I grandi progetti, normalmente, vengono suddivisi in moduli più piccoli, in modo che ogni schema abbia una pagina nel documento.

Per esempio, uno schema elettronico di un amplificatore di potenza può essere suddiviso nei seguenti moduli: alimentatore, preamplificatore, controllo del suono, stadio di potenza. Gli schemi elettronici dei quattro moduli possono essere disegnati su pagine individuali e tutte insieme possono essere salvate in un file unico chiamato per esempio **Poweramp.spl**.

Ad un progetto è possibile aggiungere tutte le pagine che sono necessarie e dare a ciascuno un nome specifico. Nella finestra principale in basso è riportata un'etichetta per ciascuna pagina che compone il progetto, facendo clic su queste etichette si può attivare la relativa pagina ed è possibile aprire, con il pulsante destro del mouse, un menu sensibile al contesto dove si trovano funzioni che consentono di caricare e salvare le pagine, cambiare l'ordine delle pagine, ecc.

- **Page properties.** Per modificare la proprietà del foglio usato per la stampa. La finestra di dialogo **Page properties** permette di adattare il formato della pagina, l'orientamento. È possibile anche inserire un nome per la pagina (v. fig. 2.14a).
- **Create new page.** Per aggiungere una nuova pagina vuota al progetto. La nuova pagina è chiamata **Page x**. Per modificare le proprietà attivare la finestra di dialogo **Page properties**.
- **Copy page.** Per creare una copia della pagina corrente.
- **Delete page.** Per eliminare la pagina corrente dal progetto. Sarà chiesto di confermare la cancellazione. Un progetto deve contenere almeno una pagina. Non è possibile quindi cancellare una pagina se la pagina è la sola esistente nel progetto.

- **Sort pages.** Per cambiare la sequenza delle pagine; dopo aver selezionato una pagina, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse, occorre trascinarla nel punto desiderato della lista delle pagine, rilasciando il pulsante del mouse.
- **Go to page....** Per selezionare direttamente una pagina dalla lista delle pagine disponibili.
- **Saving pages.** Per scambiare pagine singole con altri progetti. Basta attivare la voce **Save page...** nel menu **Page** per salvare la pagina attiva come file. Le pagine singole hanno estensione .blt.
- **Loading pages.** Per caricare pagine singole esistenti attivando la voce **Load page...** nel menu **Page** per aggiungerle al progetto.

Preferenze di linea e riempimento. Per modificare alcune impostazioni per le linee e i riempimenti da utilizzare nella stesura del disegno, occorre fare clic sull'icona  presente nella barra di stato: la finestra di dialogo che si apre permette di cambiare i parametri.

2.9 Impostazioni generali

Tutte le impostazioni del programma possono essere fatte attraverso il comando **General settings...** presente nella barra dei menu alla voce **Options**; tale comando richiamerà la relativa finestra di dialogo (v. fig. 2.34a).

In questa finestra è possibile selezionare, nell'elenco posto sulla sinistra, le seguenti voci:

- General settings (**Impostazioni generali**).
- Working directories (**Cartelle di lavoro**).
- Libraries (**Librerie**).
- Font presets (**Preimpostazione per i font dei caratteri**).
- Text constants (**Definizione di testi fissi**).
- User variables (**Definizione di campi variabili**).
- Grid (**Impostazione della griglia**).
- Dimensions (**Impostazione delle quote**).
- Scale (**Impostazione della scala**).
- Autosave (**Impostazione per il salvataggio automatico**).

Impostazioni generali. Con questa opzione è possibile predisporre le impostazioni di base per lavorare con il programma. La finestra si attiva dal menu **Options** (presente nella barra dei menu); quindi, selezionando la voce **General settings**, è possibile impostare i parametri che interessano.

- **Pages with page numbers.** Se attivata, tutte le pagine avranno come prefisso il numero di pagina.
- **Components with page numbers.** Se attivata, tutti i componenti avranno il numero di pagina come prefisso nel loro identificativo.
- **Smooth text.** Il testo sarà piatto (antialias). Disattivando questa opzione, la velocità di visualizzazione sarà maggiore, ma il testo visualizzato sarà di bassa qualità.
- **Show ruler.** Mostra o nasconde i righelli.
- **Ruler in white.** Mostra i righelli in bianco o in grigio.
- **Snap to grid.** Attiva la cattura della griglia. È possibile impostare questa opzione anche dalla barra degli strumenti.
- **Rubber band.** Attiva la funzione rubber band (elastico). È possibile impostare questa opzione anche dalla barra degli strumenti.
- **Snap to connections.** Attiva automaticamente la funzione **snap to connections** (passa alle connessioni). È possibile impostarla anche dalla barra degli strumenti.
- **Compress embedded bitmaps when saving.** Se attivata, le immagini bitmap eventualmente contenute nel disegno saranno compattate in fase di salvataggio del file, riducendone la dimensione.
- **Keep Windows-Fileinfo when saving.** Se attivata, le informazioni date sui file esterni saranno conservate nel file. Questa funzione può causare rallentamenti consistenti perché salva i file in rete; è bene attivarla solo se realmente necessario.

Cartelle di lavoro. Con questa opzione è possibile impostare le directory di default per lavorare con il programma (v. fig. 2.34b). Selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi scegliere la voce **Working-Directories** nella lista a sinistra. In questa finestra di dialogo è possibile impostare valori di default per le directory di lavoro. Se i campi vengono lasciati vuoti, il programma utilizzerà le ultime directory usate.

Librerie. Questa finestra di dialogo permette di selezionare, creare, cancellare o organizzare le librerie (v. fig. 2.35a).

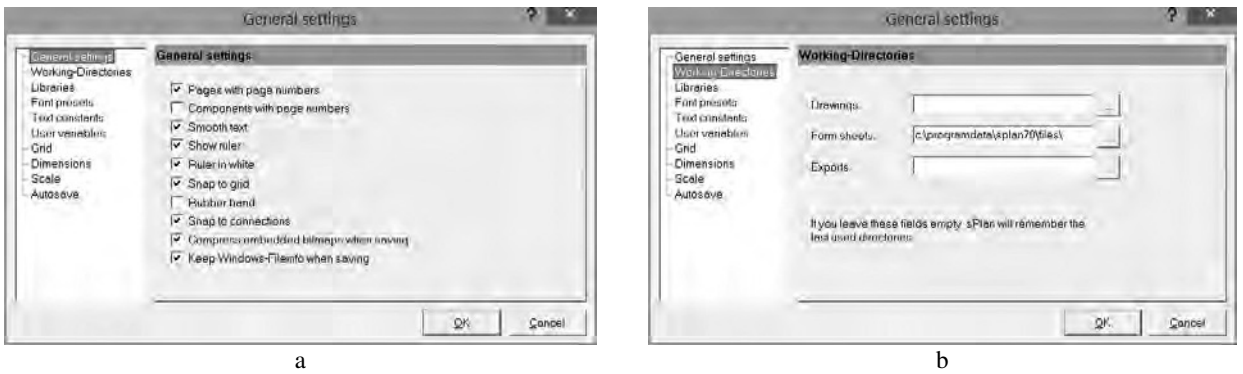


Fig. 2.34 - Finestre di dialogo: a) General setting - b) Working-Directories.

Preimpostazione per i font dei caratteri. Questa finestra di dialogo permette di impostare i font di default per lavorare con il programma (v. fig. 2.35b). Selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi **Font presets** nella lista a sinistra. In questa finestra è possibile definire i font preimpostati che saranno usati ad ogni avvio del programma. Si può impostare il programma in modo che si ricordi i font usati durante l'ultimo utilizzo.

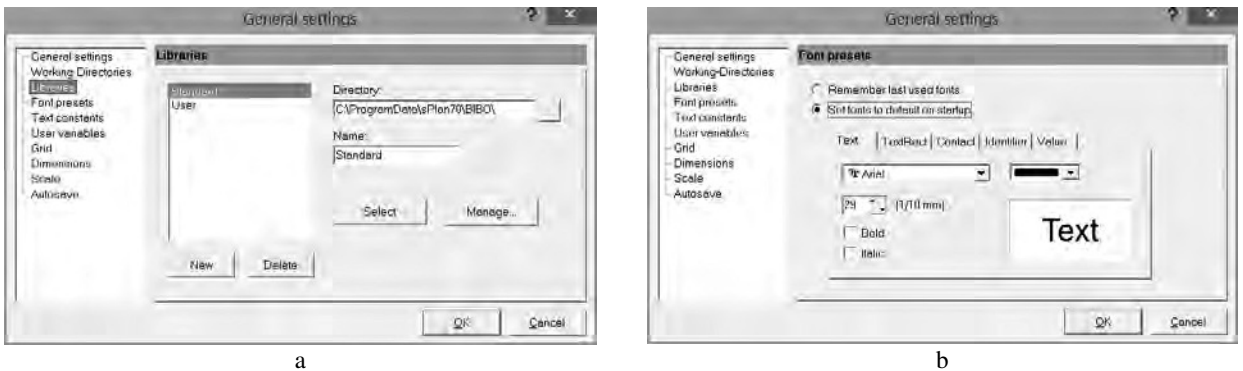


Fig. 2.35 - Finestre di dialogo: a) Libraries - b) Font presets.

Definizione di testi fissi. È possibile definire dei testi fissi (v. fig. 2.36a). Basta selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi **Text constants** nella lista a sinistra. In questa finestra di dialogo è possibile modificare, cancellare o estendere i testi fissi.

Definizione di campi variabili. Anche in questo caso è possibile definire tanti campi variabili dell'utente quante ne servono. Selezionare **General settings** dal menu **Options** presente nella barra dei menu e quindi **User variables** nella finestra di sinistra (v. fig. 2.36b).

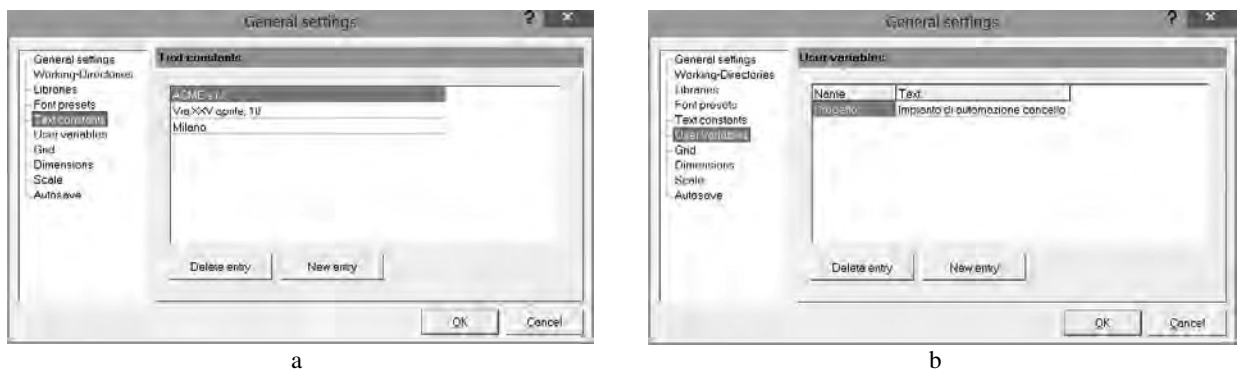




Fig. 2.36 - Finestre di dialogo: a) Text constants - b) User variables.

Impostazione della griglia. Quando si crea o si modifica uno schema, normalmente si attiva una griglia, molto utile per posizionare elementi e per connettere componenti con delle linee. Il valore di default della griglia è di 1 mm, ma naturalmente può essere modificato selezionando **Options**, quindi **General settings** dalla barra dei menu e, infine, **Grid** nella sezione di sinistra (v. fig. 2.37a).

È possibile anche aprire una finestra di dialogo apposita utilizzando l'icona sulla barra degli strumenti. Se si devono cambiare regolarmente i valori della griglia per qualche motivo, è possibile fare clic sulla freccia che punta verso il basso a destra di questa icona  per selezionare i valori di griglia più usati.

- **Grid distance.** Per inserire la distanza della griglia in passi da 1/10 mm (10 = 1 mm).
- **Contrast.** Per definire il contrasto della griglia visualizzata. Si può anche nascondere la griglia.
- **Subdivisions.** Per dividere ulteriormente la griglia. Per esempio, se si è impostato a 5, una linea ogni 5 sarà più spessa. Questa opzione è di grande utilità se si ha bisogno di contare le linee.
- **Lines/Dots.** Questa opzione definisce se la griglia sarà visualizzata in forma di linee o di punti.
- **Consiglio.** Se si vuole che la cattura della griglia sia temporaneamente disattivata, basta tenere premuto il tasto [Ctrl]. La griglia sarà disattivata finché non si rilascia il tasto. Si può disattivare del tutto la cattura della griglia utilizzando l'icona corrispondente  sulla barra di stato in basso. In questo caso la griglia sarà ancora visibile, ma la cattura verrà disattivata.

Impostazione delle quote. L'aspetto delle quote può essere modificato selezionando **General settings** dal menu **Options** e quindi **Dimensions** nella lista a sinistra (v. fig. 2.37b).

- **Set to default.** Con questo pulsante si possono cambiare le caratteristiche delle quote portandole ai valori di default che corrispondono alle caratteristiche delle quote che sono maggiormente utilizzate.
- **Assign to all dimensions.** Con questo pulsante è possibile cambiare tutte le dimensioni che sono già presenti nel disegno portandole a questi nuovi valori.

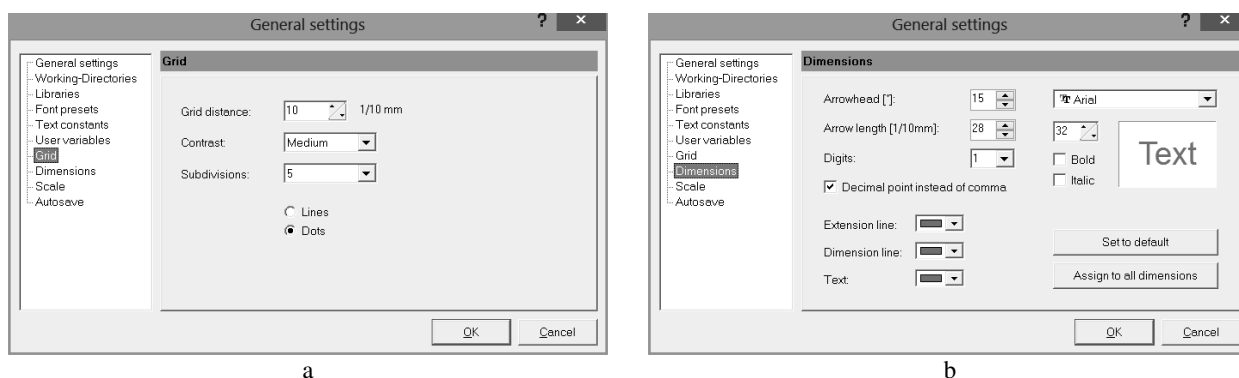


Fig. 2.37 - Finestre di dialogo: a) Grid - b) Dimensions.

Impostazione della scala. Selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi **Scale** nella sezione di sinistra (v. fig. 2.38a).

È possibile fare clic sulla scala attualmente visualizzata nella barra di stato e inserire una nuova scala. Il programma considererà questa scala in tutte le coordinate, righelli, dimensioni, ecc.

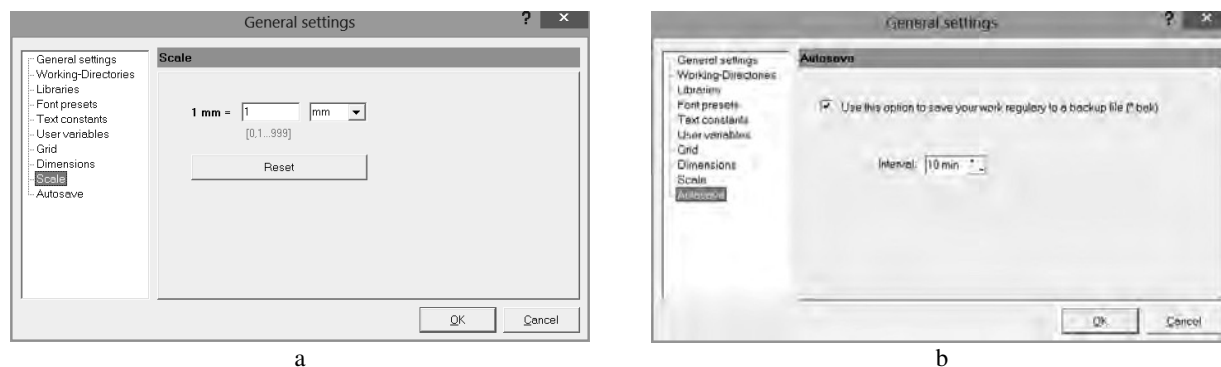


Fig. 2.38 - Finestre di dialogo: a) Scale - b) Autosave.

Impostazione per il salvataggio automatico. Questa opzione può essere usata per il salvataggio automatico a intervalli regolari. Selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi **Autosave** nella sezione di sinistra (v. fig. 2.38b).

Se Autosave è attivato, il programma salverà il lavoro regolarmente in un file di backup che ha lo stesso nome del progetto, ma con estensione .bak. È bene ricordarsi di salvare regolarmente, anche se l'Autosave è attivato. La funzione di backup è stata ideata soltanto per dare una maggiore sicurezza.

Nel caso si debba riprendere il lavoro da un file di backup, è possibile rinominare il file con estensione .bak in un file con estensione .spl. In seguito, si potrà caricare questo file come ogni altro file di lavoro.

2.10 Simboli e componenti

Simboli e componenti sono le parti più importanti di uno schema elettrico, pneumatico, ecc. Sulla sinistra della finestra principale trova posto, su più pagine, la libreria dei componenti che contiene simboli, componenti, parti e così via (v. fig. 2.8). È possibile aggiungere nuove pagine, aggiungere e scambiare componenti e personalizzare la libreria. Le pagine della libreria sono elencate in ordine alfabetico, nel menu che si apre premendo il relativo pulsante, in alto nella libreria. I componenti, una volta salvati, possono essere trascinati e rilasciati nel disegno.

Cos'è un componente? I componenti sono gruppi speciali di elementi di base come cerchi, rettangoli, ecc. Per esempio, il componente resistore consiste in un rettangolo, con due linee, che rappresentano i reofori. Quando questi elementi diventano un componente, succede che:

- 2 nuove etichette sono aggiunte (Identificativo e tipo/valore);
- un gruppo viene creato a partire dai singoli elementi.

Un identificativo può contenere R1 e il campo essere fissato a 1k per un resistore a 1 kΩ. Questo accade per tutti i componenti che si trovano nella libreria.

Il programma offre alcune caratteristiche aggiuntive per facilitare il lavoro con i componenti:

- l'etichetta per l'identificativo può essere nascosta se non è necessaria;
- l'etichetta per tipo/valore può essere nascosta se non è necessaria;
- per l'identificativo si può usare la numerazione automatica;
- si può abilitare una richiesta per tipo/valore quando il componente è aggiunto allo schema;
- si può stabilire se i componenti devono apparire nella lista dei componenti oppure no;
- si può inserire una descrizione che è visualizzata sotto i componenti nella libreria;
- si può inserire un commento, che è visualizzato nella lista dei componenti.

Il programma consente la creazione di nuovi componenti, che possono essere di qualsiasi tipo, non necessariamente elettrici o elettronici (per esempio, pneumatici, oleodinamici, ecc.).

Modificare componenti. Il programma consente di applicare cambiamenti a ciascun componente, indipendentemente che sia nella libreria o nello schema. Se si vuole che i cambiamenti siano generalizzati, conviene modificare il componente nella libreria.

Il componente della libreria è come un **genitore** per tutti i componenti che sono aggiunti allo schema. Le sue caratteristiche saranno copiate dal componente presente in libreria quando è cliccato e trascinato nello schema.

Conviene, invece, modificare il componente presente nello schema quando le modifiche riguardano solo quel componente; in questo modo, il componente originale presente nella libreria rimarrà invariato.

Per aprire la finestra inerente le proprietà, fare doppio clic sul componente; la finestra che si apre presenta le seguenti opzioni (v. fig. 2.39a).

- **Identifier.** L'identificativo consiste nel carattere seguito da un numero (per esempio R1). Si può inserire un identificativo per ciascun componente individuale o abilitare l'opzione di numerazione automatica.
- **Automatic numbering.** Se si vuole usare la funzione di numerazione automatica, digitare semplicemente la lettera (per esempio R, senza numeri) nel campo dell'identificativo e attivare l'opzione **Automatic numbering**. Il software troverà tutti i componenti con identificativo R e li numererà automaticamente. Se si cancellano alcuni componenti dallo schema, alcuni numeri potrebbero mancare. In questo caso si può attivare la voce **Renumber components...** dal menu **Functions** o dalla barra degli strumenti per rinumerarli automaticamente.
- **Identifier visible.** Disattivare questa opzione per alcuni componenti, che non hanno bisogno di avere un identificativo visualizzato (per esempio, frecce).
- **Type/value.** Usare questo campo per inserire un tipo o un valore per i componenti, come per esempio 1k per un resistore o BC547 per un transistor.
- **Request type/value.** L'opzione **Request type/value** abilita la richiesta di dati, quando il componente è trascinato nello schema. Questa opzione si utilizza per componenti che hanno bisogno di informazioni riguardo tipo e valore che non si conoscono nel momento in cui si sta creando il componente. Si può usare questa opzione per confermare un valore di default predefinito.

- **Type/value visible.** Disattivare questa opzione se un componente non ha né tipo, né valore o se non li si vuole visualizzare.
- **Parent (accept childs).** Se si seleziona questa opzione, il componente è definito come genitore per gli altri componenti.
- **Add to components list.** Se questa opzione è selezionata, il componente apparirà nella lista dei componenti. Disabilitare questa opzione per simboli semplici come le frecce, che non dovrebbero apparire nella lista dei componenti.
- **Description.** Si può inserire una breve descrizione in questo campo, che sarà visualizzata con il componente nella libreria. Usare testi brevi per mantenere la libreria di piccole dimensioni.
- **Contacts.** I componenti possono essere provvisti di contatti, che sono descrizioni modificabili dei pin. Permettono di cambiare le descrizioni in modo facile senza aprire il **Component editor**.
- **Editor.** Premere questo tasto per attivare il component editor (modificatore dei componenti) come mostrato nella fig. 2.39b.

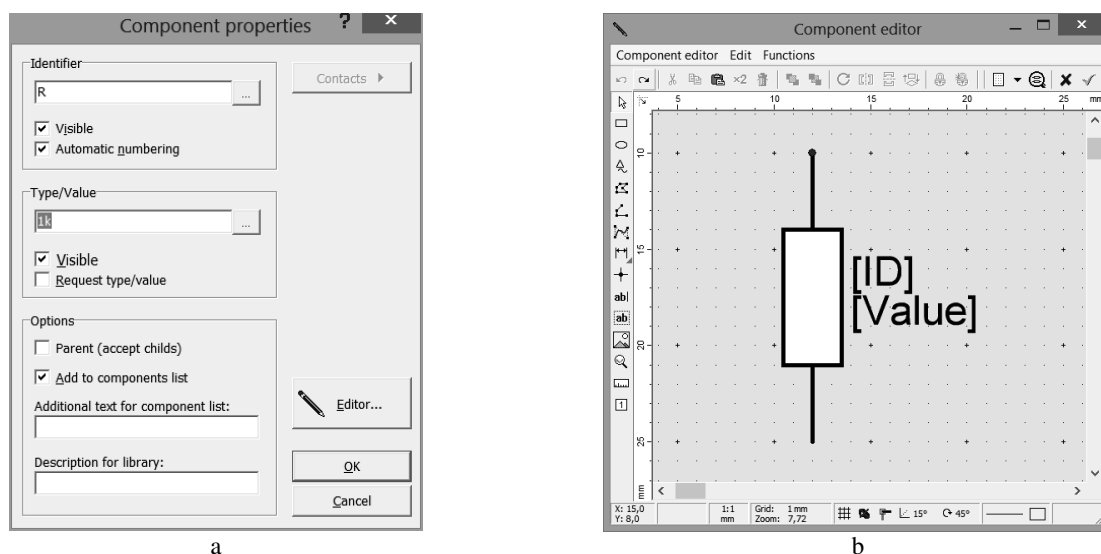


Fig. 2.39 - Finestre di dialogo: a) Component properties - b) Component editor.

L'editor dei componenti. Il funzionamento dell'editor dei componenti, mostrato nella fig. 2.39b, è più o meno lo stesso dell'editor principale dello schema elettrico. Dispone di tutte le funzioni necessarie per disegnare un simbolo o un componente. Il dato del componente (identificativo, tipo/valore) sono visualizzati come [ID] e [Value]. È possibile spostare queste etichette in qualsiasi posizione. Facendo clic due volte su di esse, è possibile cambiare caratteristiche come font, colore e altezza.

Il testo di queste etichette non può essere modificato, perché è riservato ai dati del componente come carattere jolly. Non si possono cancellare queste etichette, ma nasconderle, come si è già detto quando si è parlato della finestra inerente le proprietà di un componente. I contatti possono essere usati come componenti con descrizioni variabili dei pin. Un'altra cosa importante da considerare è il **red point** (punto rosso), visibile nel componente di fig. 2.39b in alto come un cerchietto alla fine del reoforo del resistore.

Il punto rosso. Definisce la posizione del componente sulla griglia. Il punto rosso si adatta sempre alla griglia, quando un componente è aggiunto allo schema, a prescindere dalle sue caratteristiche.

Il posizionamento del punto rosso sul componente è tanto semplice quanto importante. Basta spostare il punto rosso su un punto importante del componente che si è disegnato.

Per componenti che hanno delle connessioni, conviene spostare il punto rosso esattamente su una delle connessioni (v. fig. 2.39b). Il modo migliore per farlo è usare la griglia dell'editor dei componenti e impostare un componente e il punto rosso esattamente in un punto della griglia.

Come creare componenti e simboli personalizzati. Ci sono due modi per creare componenti personalizzati: il nuovo componente deve essere disegnato completamente dall'inizio oppure può essere creato da un componente esistente.

Creare un nuovo componente. Occorre fare clic con il pulsante destro del mouse nella libreria e selezionare **Create new component...** (v. fig. 2.40a). Si apre così la finestra di dialogo **Component properties** inerente le proprietà del componente (v. fig. 2.40b). Inserire le proprietà del componente e quindi fare clic sul pulsante **Editor...** per aprire l'editor del componente **Component editor** (v. fig. 2.40c).

Un componente deve consistere di almeno un elemento di disegno e di default viene usato un quadrato con lato di 20 mm. Si può cancellare il quadrato e disegnare il componente che si vuole. Quando si è terminato, chiudere l'editor del componente e la finestra di dialogo sulle proprietà. Il nuovo componente sarà inserito nella libreria attiva in quel momento.

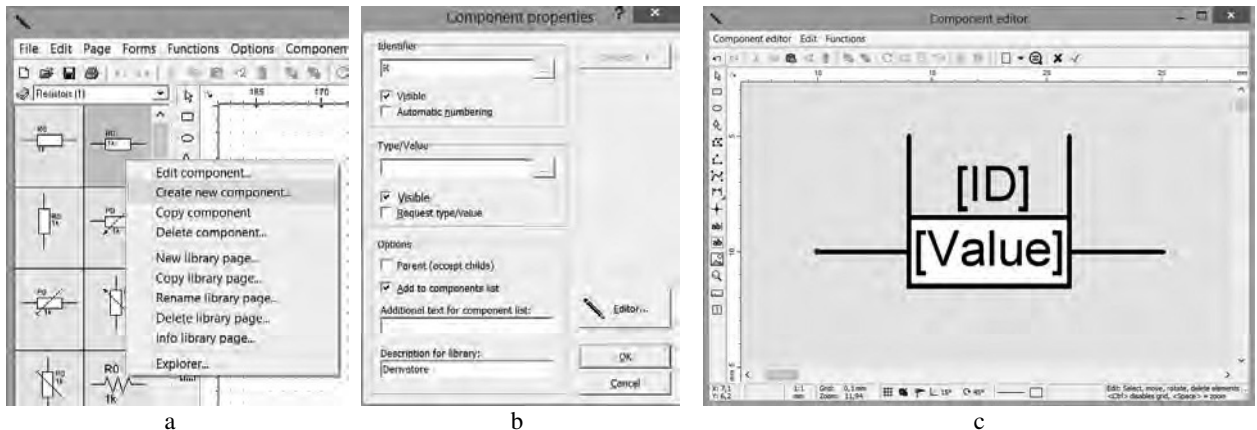


Fig. 2.40 - Creare un nuovo componente: a) Menu sensibile al contesto con selezionato il comando *Create new component...* - b) Finestra di dialogo *Component properties* - c) Finestra principale del *Component editor* con cui creare il nuovo componente. In questo caso il segno grafico si riferisce ad un derivatore.


Creare un componente da un componente esistente. Occorre fare clic con il pulsante destro del mouse sul componente della libreria che si vuol modificare e selezionare il comando **Copy component**. Una copia del componente apparirà nella libreria, ai piedi della libreria attiva.

Ora si può modificare il componente. Con un doppio clic sul componente si apre la finestra di dialogo inerente le proprietà del componente (v. fig. 2.40b); fare clic sul pulsante **Editor...** per aprire il **Component editor** e procedere come descritto precedentemente.


C'è un altro modo per creare un nuovo componente. Si selezionano gli elementi direttamente sullo schema e si richiama la funzione **Create component from selection...** dal menu **Components** presente nella barra dei menu (v. fig. 2.41a). Si apre la finestra di dialogo sulle proprietà del componente (v. fig. 2.40b) e si procede come descritto precedentemente.

Contatti. Un'altra funzione speciale dell'editor dei componenti è quella di permettere di aggiungere i cosiddetti contatti al componente. Un contatto è come un'etichetta, dove il testo dell'etichetta è facilmente modificabile nella finestra di dialogo inerente le proprietà del componente. Non è necessario attivare l'editor del componente per modificare questi contatti.

In genere si usano i contatti per descrivere i pin dei componenti. Si può procedere in questo modo per le etichette ordinarie, ma alcuni componenti sembrano uguali, mentre le connessioni dei componenti hanno nomi diversi. In questo caso, i contatti possono essere utili per avere un componente solo nella libreria e inserire le descrizioni dei pin in seguito, quando il componente è inserito nel circuito (per esempio, relè elettromeccanici, interruttori, ecc.).

Selezionare l'icona corrispondente  dalla barra degli strumenti verticale dell'editor del componente per aggiungere un contatto al nuovo componente.

Il contatto si *attacca* al puntatore del mouse e lo si può posizionare con un clic. Un doppio clic sul contatto apre la seguente finestra di dialogo **Contact** mostrata nella fig. 2.41b che prevede i seguenti campi.

- **Name.** Per inserire un nome per il contatto. Questo nome è usato per identificare il contatto quando il testo è modificato nella finestra di dialogo della proprietà del componente.
- **Text.** Per inserire un testo per il contatto. Questo testo è visualizzato con il componente nel diagramma e potrà essere modificato successivamente nella finestra di dialogo inerente le proprietà del componente. Con il pulsante  è possibile aprire una finestra di dialogo estesa dove si può inserire i testi fissi e i campi variabili.
- **Font...** Per definire i font e le dimensioni del testo del contatto.

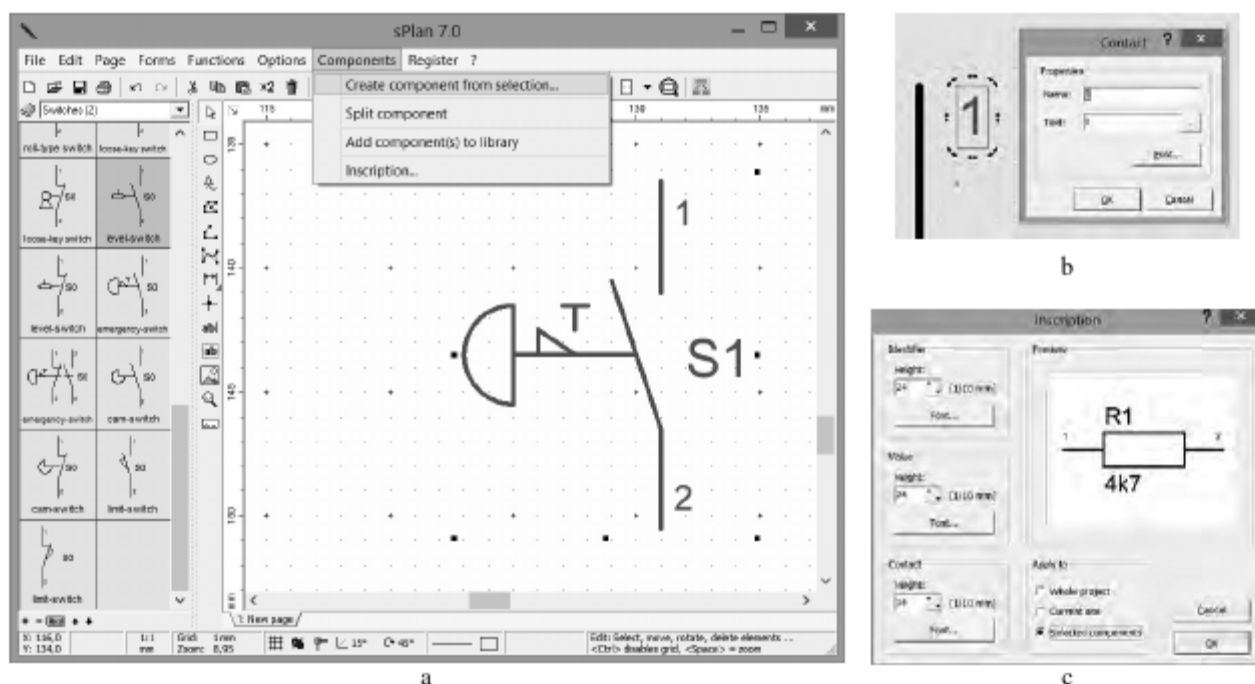


Fig. 2.41 - Creare un nuovo componente: a) Mediante il comando *Create component from selection...* del menu **Components** - b) Inserimento, nel **Component editor**, di un contatto in un componente - c) Finestra di dialogo **Inscription**.

Creare una lista dei contatti. Per creare una lista contatti che contenga tutti i contatti insieme alle descrizioni e i componenti a cui appartengono è sufficiente richiamare la voce **Create contact list...** dal menu **FUNCTIONS**.

Modificare le iscrizioni di un componente. Per modificare il font, il colore e la dimensione di alcuni o di tutti i componenti, si può richiamare la finestra di dialogo **Inscription**, mostrata nella fig. 2.41c, mediante la voce **Components** presente nella barra dei menu, quindi selezionare il comando **Inscription...** In questa finestra è possibile modificare l'altezza del testo, il font per l'identificativo, il valore e i contatti. La sezione della finestra **Apply to** permette di selezionare quali componenti modificare (per esempio, solo quelli del progetto, solo il componente selezionato, ecc.). Facendo clic su **OK**, i cambiamenti saranno applicati immediatamente.

Dividere i componenti. Un componente può essere suddiviso negli elementi (linee, archi, circonferenze, ecc.) che lo compongono. Attenzione che così facendo i dati speciali relativi al componente andranno persi. Per dividere un componente, dopo averlo selezionato, occorre aprire il menu **Components** presente nella barra dei menu e, quindi, selezionare il comando **Split component** dal menu principale (v. fig. 2.42a e fig. 2.42b).

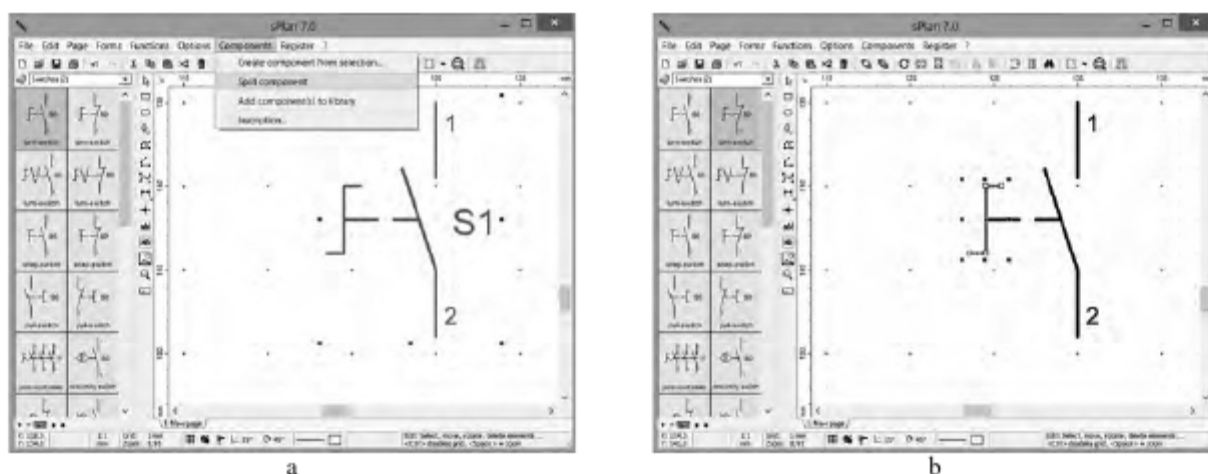


Fig. 2.42 - Dividere i componenti: a) Apertura del comando *Split component* - b) Esempio di selezione di una parte di un componente (selettore normalmente aperto). Da notare che è andato perso il dato **S1**.

2.11 La libreria dei componenti

I componenti sono le parti principali di uno schema elettrico, elettronico, pneumatico, ecc. Sulla sinistra della finestra principale si trova la libreria dei componenti, che contiene simboli, componenti e parti, in più pagine. Il programma offre diverse funzioni per personalizzare la gestione della libreria.

- Aggiungere nuove pagine.
- Rinominare le pagine.
- Cancellare le pagine.
- Creare nuovi componenti.
- Cancellare componenti.
- Classificare componenti.
- Copiare componenti.
- Creare librerie aggiuntive.

Le pagine della libreria sono elencate nel combo box in ordine alfabetico nella parte alta della libreria (v. fig. 2.43a). Basta aprire la lista e fare clic su una voce (nome di una libreria) per aprire una certa pagina della libreria (v. fig. 2.43b). A questo punto è possibile fare clic su un componente e trascinarlo nello schema.

Se si preme il pulsante destro del mouse mentre il puntatore è sopra la libreria, si apre un menu sensibile al contesto che mostra le funzioni necessarie per modificare la libreria (v. fig. 2.40a).

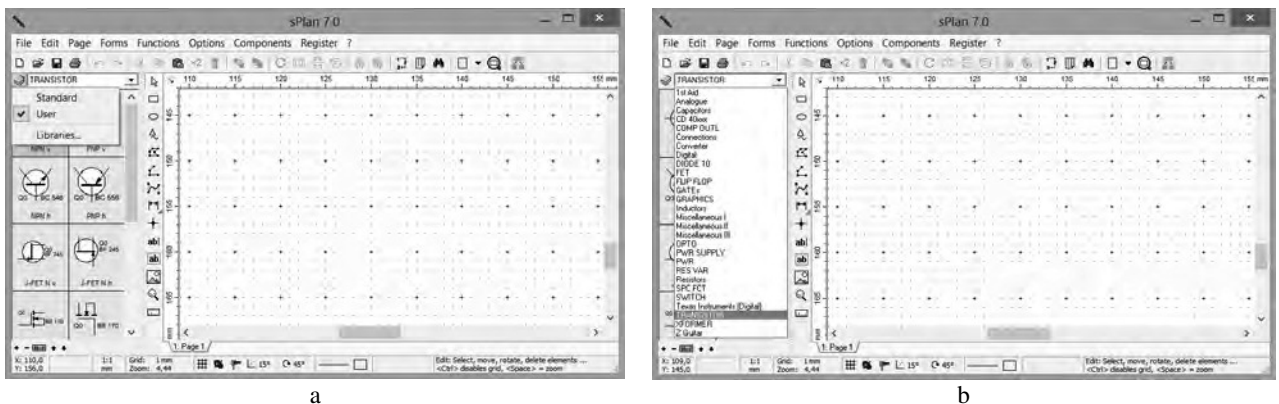


Fig. 2.43 - Gestione delle librerie: a) Selezione delle librerie - b) Lista delle librerie presenti.

Visualizzare le opzioni della libreria. Per la libreria sono disponibili alcune opzioni di visualizzazione. Facendo clic sulle icone $+ -$ [Abcd] $\uparrow \downarrow$ ai piedi della libreria, si possono determinare il numero di colonne che sono occupate dai componenti o disattivare la visualizzazione dei nomi dei componenti.

L'icona [Abcd] attiva o disattiva la descrizione dei componenti, mentre le frecce $\uparrow \downarrow$ permettono di far scorrere la libreria. La larghezza della libreria è adattabile: se si sposta il puntatore del mouse sul bordo destro della libreria, il puntatore assume la forma di una doppia freccia. Tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e spostandolo, si può modificare la larghezza a piacere.

Modificare una pagina della libreria. Se si preme il pulsante destro del mouse mentre il puntatore è posizionato sopra la libreria, si apre un menu sensibile al contesto che mostra le funzioni per modificare le librerie (v. fig. 2.40a).

- **Edit component.** Richiama la finestra di dialogo delle proprietà dell'elemento selezionato; si può attivare anche facendo doppio clic sul componente.
- **Create new component.** Apre la finestra di dialogo delle proprietà del componente. Digitare le proprietà del componente e poi fare clic sul pulsante **Editor...** per aprire l'editor dei componenti. Un componente deve consistere di almeno un elemento di disegno; per default è impostato un quadrato con lato di 20 mm che può essere cancellato e sostituito con il componente che si vuole. Quando si è terminato, si deve chiudere l'editor del componente e la finestra di dialogo delle proprietà. Il nuovo componente apparirà nella libreria ai piedi della pagina attiva.
- **Copy component.** Permette di copiare un componente all'interno di una pagina della libreria. La copia del componente selezionato apparirà ai piedi della libreria e potrà essere modificata.
- **Delete component.** Cancella il componente selezionato dalla libreria.
- **New library page.** Per aprire una nuova pagina (vuota) nella libreria, occorre inserire un nome per la nuova pagina. Le pagine della libreria sono organizzate in ordine alfabetico, così il nome determina la posizione dell'elemento nella lista. A questo punto si apre una nuova pagina (vuota) nella libreria.
- **Copy library page.** Per aprire una nuova pagina nella libreria che contiene gli stessi componenti della pagina di origine, viene chiesto di inserire un nome per la nuova pagina.

- **Rename library page.** Per rinominare la pagina corrente.
- **Delete library page.** Per eliminare una pagina intera con tutti i suoi componenti, viene chiesto di confermare il comando **Delete library page**....
- **Info library page.** Permette di conoscere alcune informazioni riguardo la pagina della libreria attiva come nome del file, numeri dei componenti, ecc.
- **Explorer.** Attiva Esplora file oppure Esplora risorse di Windows aprendo la cartella attiva della libreria. Lavorare sui file della libreria (estensione .lib) è un'operazione riservata agli utenti esperti. Si possono copiare, cancellare, aggiungere e rinominare i file della libreria; si possono ottenere più informazioni riguardo la ridenominazione, l'importazione di backup dei file della libreria nell'apposita sezione. Per catalogare i componenti di una pagina, si può trascinare e rilasciare il componente nel punto desiderato. Mentre si sta trascinando un componente, la nuova posizione verrà indicata da un piccolo rettangolo rosso. Per spostare o copiare elementi in un'altra libreria, osservare i seguenti passaggi:
 - 1) selezionare la pagina di origine della libreria e aggiungere uno o più componenti allo schema;
 - 2) selezionare i componenti che sono stati aggiunti allo schema;
 - 3) selezionare la pagina di destinazione della libreria;
 - 4) fare clic con il pulsante destro del mouse sui componenti selezionati e selezionare **Add component(s) to library**, tutti i componenti selezionati compariranno ora ai piedi della pagina della libreria. Se necessario, è possibile ora cancellare i componenti originali dallo schema.

2.12 Utilizzare più librerie



Il programma consente di lavorare con più librerie. Una libreria è salvata in una directory specifica della memoria di massa (per esempio, hard disk). Ogni pagina di questa libreria è salvata come file con estensione .lib in questa directory. Insieme al programma vengono automaticamente installate due librerie.

- 1) **Standard.** Questa è la libreria di default, che è installata nella cartella \BIBO nel percorso dell'applicazione.
- 2) **User.** Questa libreria è stata creata dagli utilizzatori di sPlan e si trova nella sottocartella \USER nel percorso dell'applicazione.

Entrambe le cartelle contengono molti file. Ciascun file contiene i dati di una pagina della libreria. Quando si aggiunge una nuova pagina alla libreria, si crea un nuovo file. Il nome del file è **LIBx.LIB** dove **x** è un numero seriale. Il comando **Info library page**... presente nel menu sensibile al contesto della libreria fornisce le informazioni sulla libreria corrente e mostra la cartella e il nome del file della libreria visualizzata.

La funzione **Explorer**... (disponibile anche a partire dal menu locale della libreria) apre Esplora file oppure Esplora risorse di Windows aprendo la cartella attiva della libreria.




Questa funzione è riservata a utenti esperti e consente di copiare, cancellare, aggiungere o rinominare i file della libreria.

Modificare la libreria. Naturalmente si può lavorare con più librerie. Si possono avere librerie con componenti elettronici e altre con componenti pneumatici. Dopo l'installazione del programma saranno installate due librerie diverse (Standard e User). Per cambiare la libreria, occorre fare clic sull'icona con il libro  Switches (2) .

Appare un elenco con tutte le librerie disponibili, dove è possibile selezionare la libreria desiderata. Con l'ultima voce **Libraries**... si può richiamare la finestra di dialogo per aggiungere, cancellare, rinominare o organizzare le librerie.

Creare nuove librerie. Ci sono ragioni diverse per le quali si devono creare nuove librerie:

- le librerie potrebbero diventare troppo grandi per essere comode da utilizzare;
- i componenti possono venir raggruppati a seconda delle applicazioni (per esempio, elettriche, elettroniche, pneumatiche, oleodinamiche, idrauliche, ecc.);
- si vuole condividere le librerie in rete;

La prima cosa da fare è creare una nuova cartella e poi con il comando **Explorer**... copiarci i file della libreria (.lib). Per registrare una nuova libreria, occorre fare clic sull'icona  Switches (2)  con il libro sotto l'elenco della libreria e quindi selezionare la voce **Libraries**... Si apre la finestra di dialogo **General settings** riportata in fig. 2.44a. Fare clic sul pulsante **New**: una nuova voce viene aggiunta alla lista. Ora si deve premere sul pulsante  e collocare la nuova libreria nella cartella creata precedentemente.

Dopo aver localizzato il percorso della libreria, si può inserire un nome per la libreria nel campo di modifica al di sotto del percorso. La nuova libreria è pronta per essere utilizzata come le altre.

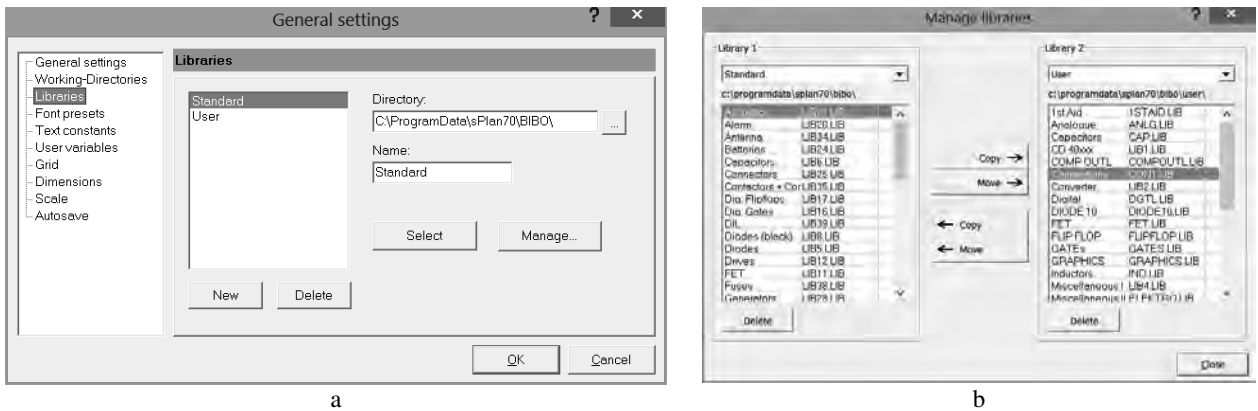


Fig. 2.44 - Finestre di dialogo: a) General settings - b) Manage libraries.

Come rinominare e cancellare librerie. Per rinominare o cancellare una libreria basta fare clic semplicemente sull'icona con il libro sotto all'elenco delle librerie. Dopo aver selezionato la voce **Libraries...** si apre la finestra di dialogo **General settings** riportata in fig. 2.44a.

Selezionare la libreria desiderata nell'elenco e quindi definire un altro percorso (con il pulsante) per la libreria o inserire un nuovo nome.

Per rimuovere una voce dalla lista delle librerie, fare clic sul pulsante **Delete**. Questa operazione deve essere confermata. Da notare che verrà cancellata soltanto la voce dall'elenco delle librerie, mentre la libreria rimarrà inalterata e potrà essere aggiunta nuovamente all'elenco.

Organizzazione delle librerie. Il programma offre un'amministrazione integrata che facilita lo spostamento, la copia e la cancellazione di pagine all'interno delle librerie. Per registrare una nuova libreria, basta fare clic sull'icona con il libro sotto l'elenco della libreria.

Quindi, dopo aver selezionato la voce **Libraries...** si apre la finestra di dialogo **General settings** riportata in fig. 2.44a. A questo punto fare clic sul pulsante **Manage...** per aprire la finestra di dialogo **Manage libraries**, mostrata nella fig. 2.44b.

Ora si possono scambiare le pagine tra due librerie selezionate (per esempio User e Standard).

I pulsanti **Move**, **Copy** e **Delete**, momentaneamente disattivati, si attivano nel momento in cui vengono selezionate delle voci nelle liste.

Rinominare, importare e fare backup di file della libreria. I file delle librerie usano l'estensione .lib; è possibile navigare e rinominare questi file con il comando Explorer. Assicurarsi di mantenere l'estensione .lib quando si rinominano i file della libreria e fare attenzione al nome assegnato: transistor.lib sarà sicuramente più chiaro di lib12.lib

È possibile copiare i file della libreria .lib in qualsiasi cartella di librerie, facendo attenzione a non sovrascrivere file esistenti. Se un file esiste già nella libreria, sarà necessario rinominarlo prima di copiarlo.

In alcuni casi le librerie sono pubblicate in Internet come diagrammi di circuito .spl. In questo caso si deve aprire il file e aggiungere manualmente i componenti contenuti nella libreria.

Per creare una copia di backup delle librerie, basta creare semplicemente una copia di tutte le cartelle delle librerie, inclusi i file .lib. Se si deve reinstallare il programma, è possibile ripristinare le librerie a partire dai file di backup. Se sono state create librerie personalizzate, si dovrà registrare nuovamente queste librerie nel programma.

2.13 Campi/testi variabili e testi fissi

È possibile utilizzare nei progetti i campi/testi variabili e i testi fissi invece di un testo statico all'interno di un'etichetta di testo.

I testi fissi sono salvati in blocchi di testo che sono sempre disponibili. Se lo schema ha spesso bisogno di alcune frasi si può salvarle come testi fissi. Ogni volta che si deve inserire queste frasi, basta richiamare il testo fisso, così non si deve riscrivere l'intera frase.

I campi/testi variabili sono una forma estesa di campi fissi. Ciascun campo variabile ha un nome (**Name**) e un contenuto testuale (**Text content**). Il nome è un carattere jolly per il testo ed è sempre racchiuso tra il segno di minore < e il segno di maggiore >. Per esempio, un nome variabile può essere scritto come <projectname>.

Nello schema non apparirà il nome del campo variabile, ma il suo contenuto. Se si è assegnato il testo “**Circuito di potenza**” al campo variabile <PROJECTNAME>, un’etichetta con il contenuto <PROJECTNAME> sarà visualizzata sullo schema come “**Circuito di potenza**”. Se si cambia il contenuto testuale di questo campo variabile, il testo visualizzato sullo schema sarà modificato ovunque e immediatamente.

Ci sono due tipi di campi variabili gestiti nel programma: i campi variabili predefiniti e i campi variabili dell’utente. I campi variabili predefiniti sono sempre disponibili ovunque. I campi variabili dell’utente possono essere definiti dall’utente all’interno di un progetto e sono disponibili solo nel progetto in cui sono stati definiti.

I campi variabili predefiniti sono:

<TIME> ora corrente;	<PAGENAME> nome della pagina corrente;
<DATE> data corrente;	<FILENAME> nome del file (solo se salvato);
<PAGENO> numero di pagina corrente;	<FILEPATH> percorso del file (solo se salvato);
<PAGECOUNT> numero di pagine nel progetto;	<VERSION> versione del programma.


I campi variabili predefiniti possono essere usati come campi variabili definiti dall’utente ed è possibile anche mescolare le parti variabili con testi costanti.

Per esempio, un’etichetta con testo: “**Questa è la pagina <PAGENO> di <PAGECOUNT>**” sarà visualizzata sullo schema come: “**questa è la pagina 2 di 4**” (ammesso che quest’etichetta sia alla pagina 2 di un totale di 4 pagine). Se si copia questa etichetta in un’altra pagina, o il numero delle pagine cambia, il testo visualizzato cambierà immediatamente.

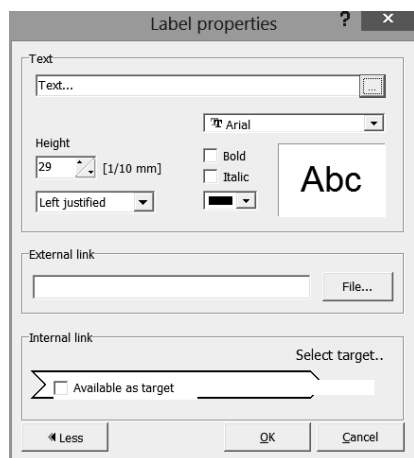
Ci sono 3 campi variabili aggiuntivi che sono importanti se si sta usando delle relazioni Parent-Child (genitore-figlio): <PARENT_ID> identificativo del parent/genitore; <PARENT_VALUE> valore del parent/genitore; <CHILDNO> numero del child/figlio; <CHILDCHAR> carattere alfabetico del numero del figlio (a, b, c, ...).

Questi 4 campi variabili sono i caratteri jolly per la designazione automatica dei figli.

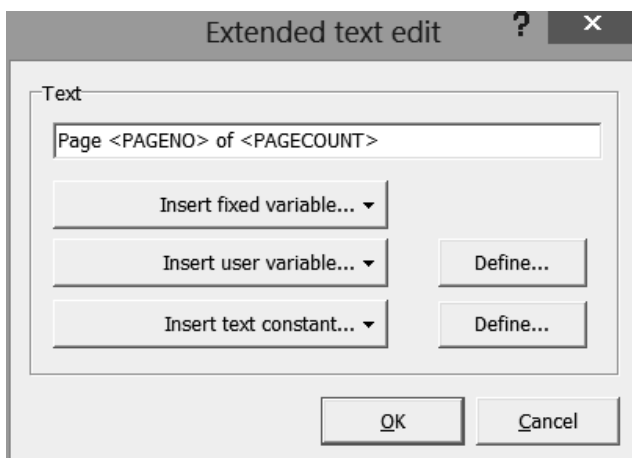
Uso dei campi variabili e dei testi fissi. Ogni volta che si vuole modificare un’etichetta di testo nel programma, è possibile anche estendere questo testo con campi variabili e testi fissi.

Alla destra di questi campi (per esempio, nella finestra di dialogo Label properties, mostrata nella fig. 2.45a) c’è un pulsante con ‘...’ . Per inserire un campo variabile o un testo fisso occorre fare clic sul pulsante corrispondente. Viene visualizzata una lista di voci disponibili e si deve semplicemente selezionare la voce che si vuole inserire (v. fig. 2.45b).

Il campo variabile o il testo fisso sarà inserito in corrispondenza della posizione del cursore nel campo di modifica. Chiaramente si può inserire il testo manualmente, ma con questa finestra di dialogo è molto più semplice. Con i due tasti **Define...** si può definire o modificare i campi variabili dell’utente o i testi fissi.



a



b

Fig. 2.45 - Finestre di dialogo: a) Label properties - b) Extended text edit.

Definizione di testi fissi. È possibile definire tanti testi fissi quanti ne servono. Basta selezionare **General settings** dal menu **Options** presente nella barra dei menu e quindi **Text constants** nella finestra di sinistra (v. fig. 2.46a).

Definizione di campi variabili. Anche in questo caso è possibile definire tanti campi variabili dell'utente quanti ne servono. Selezionare **General settings** dal menu **Options** presente nella barra dei menu e quindi **User variables** nella finestra di sinistra (v. fig. 2.46b).

Ogni campo variabile ha un **Name** (nome) e un **Text** (contenuto). Se si modifica il contenuto di un campo variabile in un momento successivo, tutte le etichette che usano questo campo variabile saranno cambiate automaticamente.

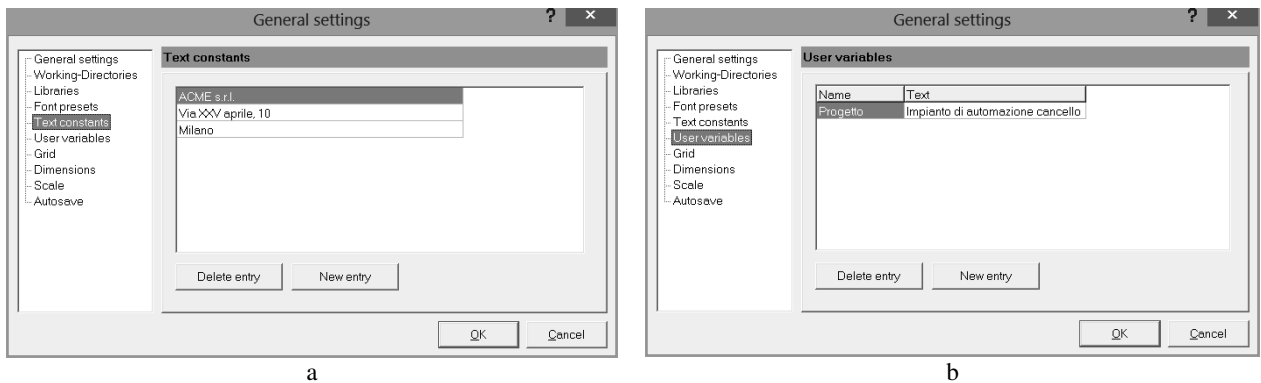


Fig. 2.46 - Finestre di dialogo: a) General settings: Text constants - b) General setting: User variables.

2.14 Funzioni aggiuntive

Numerazione automatica dei componenti. I componenti negli schemi sono di solito chiamati con **identificativi numerati**, come R1, R2, R3 e così via.

È possibile attivare o disattivare questa opzione per ciascun componente individualmente. Basta fare clic due volte su un componente per aprire la sua finestra di dialogo ed effettuare le modifiche.

Se si vuole utilizzare l'opzione di numerazione automatica (per esempio per un resistore) basta digitare semplicemente la lettera R (senza numero) nel campo **Identifier** e attivare l'opzione **Automatic numbering**. Il software troverà tutti i componenti con l'identificativo R e li numererà automaticamente.

Suggeriamo di fare cambiamenti di questo tipo ai componenti nella libreria, affinché tutte le copie acquisiscano le stesse proprietà nel momento in cui sono trascinate e rilasciate nello schema.

Il software non rinumererà automaticamente le parti se vengono cancellati componenti dallo schema. In questo caso, si deve richiamare il comando **Renumber components...** dal menu **Functions** (oppure facendo clic sull'icona corrispondente della barra degli strumenti).

Nella finestra **Select pages**, mostrata nella fig. 2.47a, è possibile selezionare le pagine che devono essere incluse nella rinumerazione automatica. Nella finestra di dialogo **Renumber**, mostrata nella fig. 2.47b, è possibile selezionare l'ordine secondo il quale si vuole che avvenga il riordino.

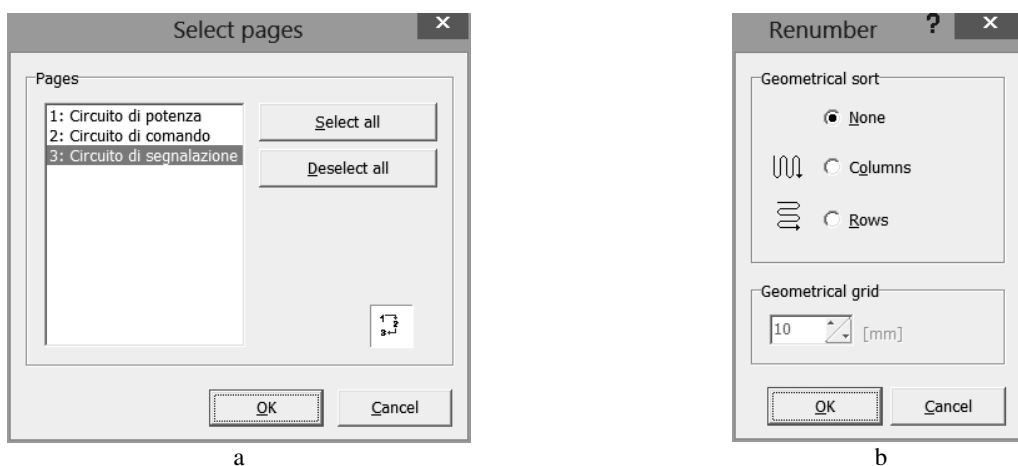


Fig. 2.47 - Finestre di dialogo: a) Select pages - b) Renumber.

Selezionando **None**, i componenti sono numerati nell'ordine in cui sono stati aggiunti al circuito.

Selezionando **Columns**, la funzione di numerazione inizia con la prima colonna, cerca i componenti verso il basso e quindi continua con le colonne successive.

Selezionando **Rows**, la funzione di numerazione inizia con la prima riga, cerca i componenti verso destra e quindi continua con la riga successiva.

Geometrical grid. Questo parametro determina un quadrato, che è usato per la ricerca dei componenti in righe o colonne. La rinumerazione parte con tutti i componenti nel primo quadrato in alto a sinistra dello schema.

Quindi il quadrato è spostato lungo la riga o la colonna e così via. In base alla dimensione del quadrato, il risultato finale della rinumerazione può essere diverso.

Lista dei componenti. Una funzione importante del programma è la creazione di liste dei componenti che può avvenire in modo automatico. Dopo la creazione, le liste possono essere modificate, stampate, salvate e caricate.

Basta selezionare la voce **Create component list...** dal menu **Functions** presente nella barra dei menu, o fare clic sull'icona corrispondente nella barra degli strumenti.

Nella finestra di dialogo **Create component list**, mostrata nella fig. 2.48a, si possono selezionare una o più pagine da considerare per la creazione della lista dei componenti. Dopo aver premuto il pulsante **OK**, la lista sarà visualizzata con il suo editor di testi così da poter essere modificata (v. fig. 2.48b).

Occorre chiudere l'editor della lista dei componenti, prima di continuare il lavoro sullo schema.

Nella finestra **Component list**, di fig. 2.48b, ci sono alcune opzioni utili per la creazione di liste di componenti.

Collect values (raccolgi valori uguali). Questa opzione può essere utile per accorciare una lista che contenga parti identiche, come mostrato nella fig. 2.48c. Occorre però fare attenzione perché attivando questa opzione, la lista sarà ricreata sovrascrivendo le modifiche.

File data. Usare questa opzione per visualizzare informazioni aggiuntive nella lista dei componenti: ora e data, percorso e nome del file, nome della pagina (v. fig. 2.48d).

Attenzione, la lista sarà ricreata quando viene attivata questa opzione e le modifiche saranno sovrascritte.

- **Sort groups Quantity.** I componenti che sono usati maggiormente appariranno in cima alla lista.
- **Sort groups Alphabetical.** I componenti saranno visualizzati in ordine alfabetico.
- **Print...** Fare clic sul pulsante **Print...** per stampare la lista dei componenti; se necessario, prima di farlo, adattare i margini sinistro e destro dell'area di stampa.
- **Clipboard.** Fare clic sul pulsante **Clipboard** per copiare la lista dei componenti negli appunti. In seguito sarà possibile incollare i dati in altre applicazioni.
- **Open....** Usare questa funzione per caricare nell'editor una lista dei componenti salvata precedentemente. (non utilizzare il comando **File** e di seguito **Open** nella barra dei menu, perché funziona solo per gli schemi).
- **Save....** La lista dei componenti può essere salvata in un file.rtf (Rich Text Format), in modo da poter essere letto con un comune editor di testo.
- **Export....** È possibile esportare una lista dei componenti in altri programmi come Microsoft Excel.
- **Close.** Fare clic su **Close** per continuare a lavorare sullo schema e chiudere l'editor della lista componenti.

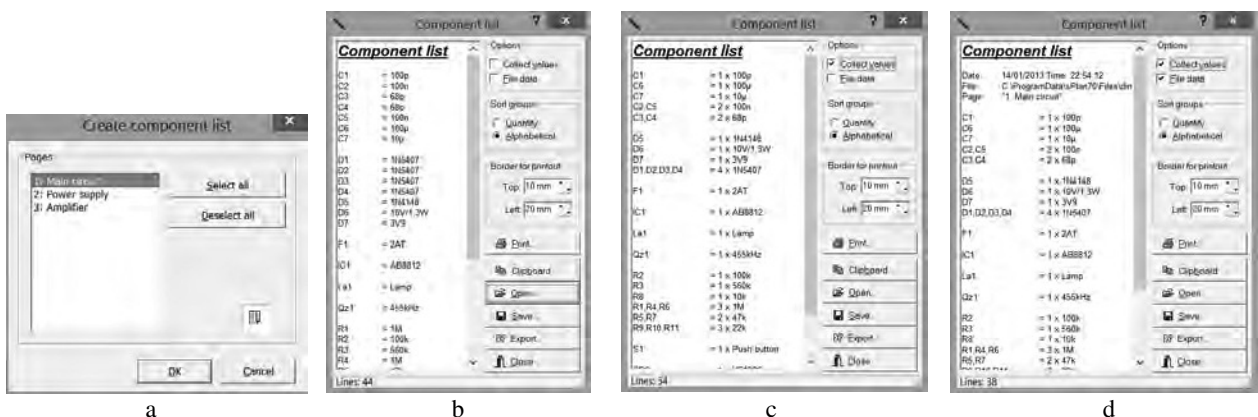


Fig. 2.48 - Finestre di dialogo: a) Create component list - b) Component list senza opzioni - c) Component list con raccolti i valori uguali - d) Component list con raccolti i valori uguali e con informazioni aggiuntive.

Link attivi. Con il programma è possibile creare link attivi (active link) che sono sempre legati a un'etichetta. Ci sono due tipi diversi di link attivi:

- **external link** (link esterno), per creare un link a un sito Internet o a un file.
- **internal link** (link interno), per creare un link da un punto dello schema a un altro punto. Non importa che il link sia sulla stessa pagina o su un'altra. Si può seguire il link con un semplice clic con il pulsante sinistro del mouse, creando così schemi interattivi.

Il link sarà creato nella finestra di dialogo delle proprietà dell'etichetta (v. fig. 2.49a).

- **External link.** L'etichetta di testo sarà visualizzata con carattere sottolineato. Facendo un doppio clic sul testo sottolineato, si aprirà il collegamento, come mostrato nella fig. 2.49b.
- **Internal link.** Si può seguire il link con un semplice clic con il pulsante sinistro del mouse, creando così schemi interattivi. Selezionando l'opzione **Available as target** si può definire se il testo selezionato debba essere disponibile come destinazione di altri link. Se si seleziona **Select target...** si può selezionare la destinazione a partire da una lista di destinazioni disponibili. Se non si è ancora definita un'etichetta di testo come destinazione disponibile, la lista sarà vuota. Per rimuovere una destinazione, occorre prima fare clic su **Select target...** e quindi selezionare **Delete target**. Tutte le destinazioni saranno nominate secondo il testo della rispettiva etichetta.

Si deve prestare attenzione ai seguenti due punti:

- 1) non usare lo stesso testo nell'etichetta per più di una destinazione per evitare confusione;
- 2) se si deve modificare il testo di un'etichetta di destinazione, adattare tutte le etichette che usano questo link come destinazione, altrimenti la destinazione non sarà più trovata.

Tutte le etichette che sono "**Available as target**" (disponibili come destinazione) assumono una freccia verso l'interno sul lato sinistro. Tutte le etichette che sono link attivi (che hanno una destinazione) assumono una freccia verso l'esterno sul lato destro. In questo modo si può sempre vedere quali etichette sono link attivi e quali non lo sono, come mostrato nella fig. 2.49c.

Dopo aver posizionato il puntatore del mouse su un link attivo, con un doppio clic, con il pulsante sinistro, sulla freccia di destra lo si segue, mentre con un doppio clic sulla freccia di sinistra (verso l'interno) si visualizza la destinazione. Se si fa un doppio clic su un testo sottolineato, verrà richiamato il link esterno.

Il programma consente di creare una lista dei link attivi insieme alle loro etichette di testo e di pagina. Per creare questo elenco occorre selezionare **Create link list...** dal menu **Functions** presente nella barra dei menu.



Fig. 2.49 - a) Finestra di dialogo *Label properties* - b) Esempio di collegamento ad un file esterno - c) Esempi di etichette di link attivi e disponibili come destinazione oppure come destinazione e link attivo.

Relazioni Parent-Child (genitore-figlio). I componenti possono avere una relazione genitore-figlio. Un genitore conosce tutti i suoi figli e un figlio conosce il proprio genitore.

Questo permette ad un componente figlio di avere l'identificativo e il valore del suo componente genitore. Se il componente genitore viene modificato, il componente figlio cambierà automaticamente il suo identificativo.

Questa caratteristica è di grande utilità, specialmente se si sta usando dei contattori o relè con i relativi contatti oppure dei circuiti integrati digitali con molte uscite.

Nella fig. 2.50a viene mostrato un esempio di un relè con 3 contatti.

La bobina di un relè è un componente genitore e ha l'identificativo K1, mentre i contatti sono subordinati come componenti figli alla bobina del relè e adottano l'identificativo K1 automaticamente. Se l'identificativo della bobina del relè cambia, l'identificativo di tutti i contatti cambierà automaticamente (per esempio da K1 a K2, v. fig. 2.50a). I contatti possono anche essere collocati su tutte le pagine del progetto.

Nella fig. 2.50b viene mostrato un esempio di un circuito integrato digitale 7400.

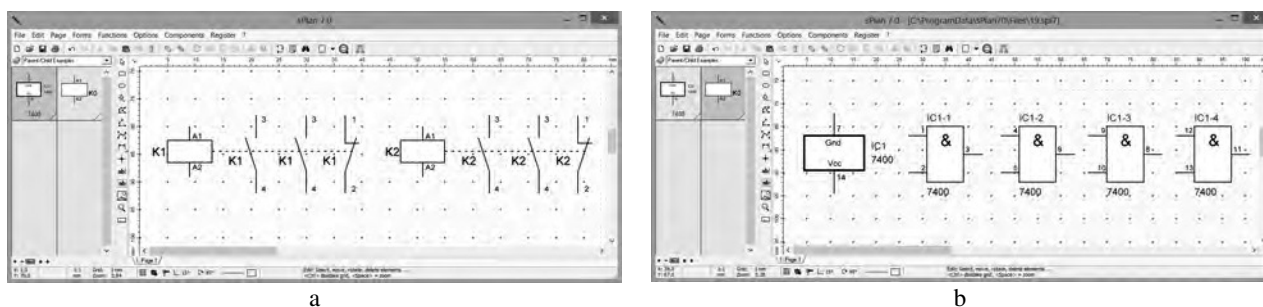


Fig. 2.50 - a) Esempio di relazione genitore-figlio in un relè con 3 contatti - b) Esempio di relazione genitore-figlio in un circuito integrato digitale e le relative porte logiche AND.

Il componente principale sulla sinistra è il componente genitore e le 4 uscite sono i componenti figli. Nell'esempio, i 4 figli adottano l'identificativo IC1 e anche il valore 7400 del componente genitore.

Se l'identificativo o il valore del genitore è modificato, tutti gli identificativi o i valori dei figli cambieranno automaticamente. Le uscite, anche in questo caso, possono essere collocate su tutte le pagine del progetto.

Per la creazione di una relazione genitore-figlio basta fare clic con il pulsante destro del mouse su di un componente, quindi selezionare il comando **Assign Parent**, come indicato nella fig. 2.51a.

Se si vuole impostare un componente genitore per più di un componente figlio, occorre selezionare tutti i componenti in questione e attivare il comando **Assign Parent**. Il componente genitore sarà impostato per tutti i componenti figli selezionati.

Se si ha un relè con 3 contatti (proprio come nell'esempio riportato precedentemente) è necessario selezionare 3 contatti, quindi fare clic con il tasto destro del mouse su uno dei contatti e impostare la bobina del relè K1 come genitore.

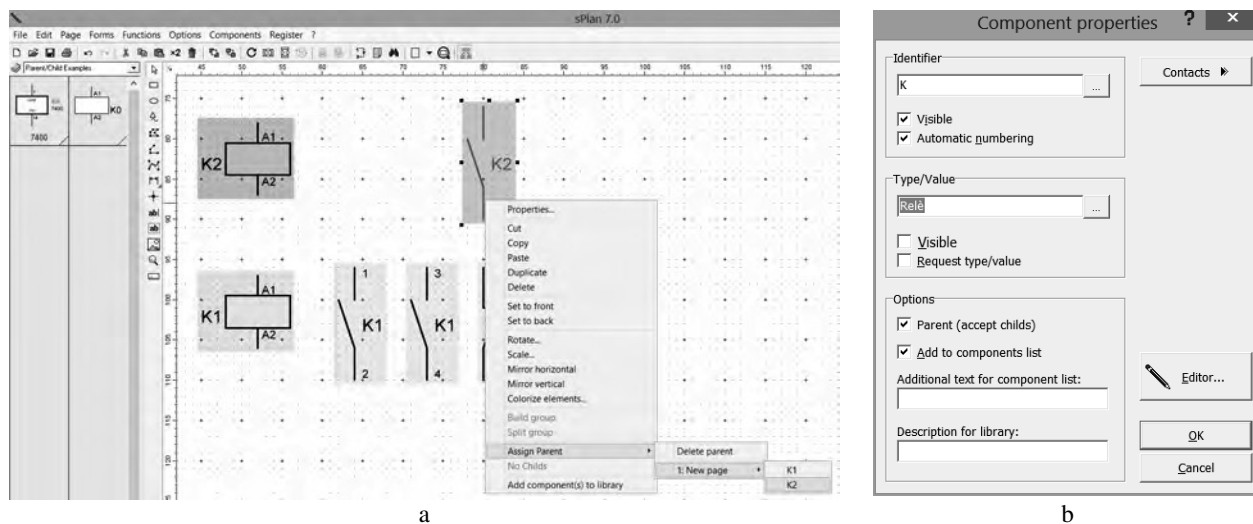


Fig. 2.51 - a) Creazione di una relazione genitore-figlio selezionando il comando Assign Parent - b) Definizione di un componente come genitore.

Un componente, per poter essere definito genitore, deve essere inserito nella lista dei genitori disponibili. Dopo aver fatto doppio clic sul componente, occorre attivare, nella finestra di dialogo, l'opzione **Parent (accept childs)**, come mostrato nella fig. 2.51b.

Ora il componente comparirà nell'elenco dei genitori disponibili come indicato nella fig. 2.52a.

Un componente diventa automaticamente **figlio** se è impostato un **genitore**. Il **figlio** avrà due campi variabili tra le sue proprietà, per ricevere automaticamente l'identificativo e il valore dal **genitore** (v. fig. 2.52b).

In particolare **Identifier** permette di cambiare, mediante il pulsante e la relativa finestra **Extended text edit**, la variabile **<PARENT_ID>**, mentre **Type/Value** consente di modificare, in modo analogo, la variabile **<PARENT_VALUE>**.

Questi due campi variabili, selezionabili aprendo la finestra **Extended text edit**, sono in pratica i caratteri jolly per l'identificativo e il valore del genitore assegnato. Queste impostazioni si possono modificare o estendere.

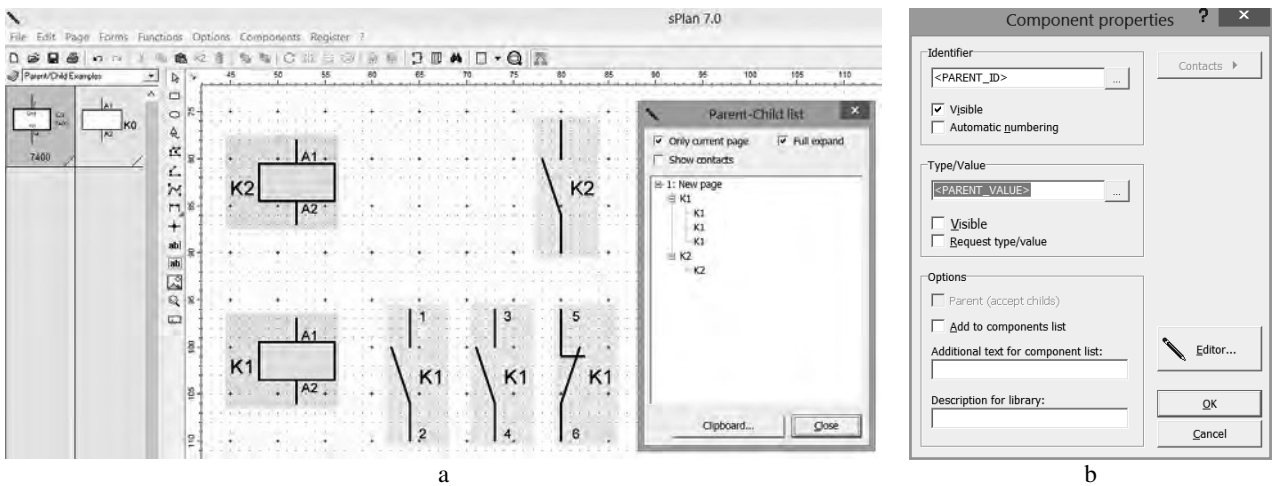



Fig. 2.52 - a) Esempio di elenco dei componenti genitori disponibili - b) Impostazione delle variabili di un componente figlio per ricevere automaticamente l'identificativo e il valore del genitore .

È possibile aggiungere una struttura completa genitore-figlio come un solo componente nella libreria. Questa soluzione può essere utile come nell'esempio relativo al circuito integrato IC 7400 e le sue 4 porte logiche AND.

Per creare la struttura completa genitore-figlio occorre selezionare il genitore e tutti i suoi figli nello schema, poi fare clic con il pulsante destro del mouse sul genitore e selezionare il comando **Add component(s) to library**.

Solo il componente **genitore** sarà visualizzato nella libreria, ma è possibile osservare un piccolo triangolo nel componente della libreria corrispondente al genitore (che diventa rosa quando viene selezionato).

Spostando il puntatore del mouse sopra questo triangolo, saranno visualizzati anche i figli assegnati a questo genitore (v. fig. 2.53a). Se si trascina un componente genitore nello schema, il genitore e tutti i suoi figli saranno aggiunti al disegno.

Il programma permette di visualizzare tutti i componenti genitore-figli con colori diversi, in modo da capire subito quali sono i componenti genitori e quali i componenti figli. L'icona , presente nella barra degli strumenti, permette di attivare o disattivare questa funzione (v. fig. 2.53b).

Tutti i genitori sono visualizzati in azzurro e tutti i figli sono visualizzati in rosso chiaro. Se si seleziona un genitore o un figlio, il genitore e tutti i suoi figli assumeranno un colore più scuro, affinché li si possa vedere nel loro insieme.

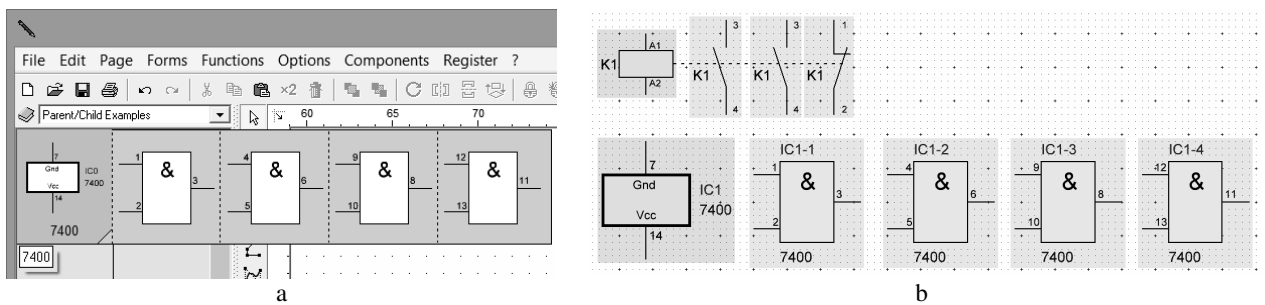


Fig. 2.53 - a) Esempio di visualizzazione di figli assegnati al loro genitore. - b) Esempio di relazione genitore-figlio in un relè con tre contatti; sotto, esempio di relazione genitore-figlio in un circuito integrato digitale e le relative porte logiche AND. I genitori sono visualizzati in azzurro e tutti i figli in colore rosso chiaro.

È possibile creare una lista gerarchica di tutti i genitori con i relativi figli. L'elenco contiene tutti i genitori e i loro figli accessori in tutte le pagine del progetto.

Per creare questa lista, occorre selezionare dalla barra dei menu la voce **Functions**, quindi il comando **Create parent-child list...** (v. fig. 2.54a); il risultato è mostrato nella fig. 2.54b.

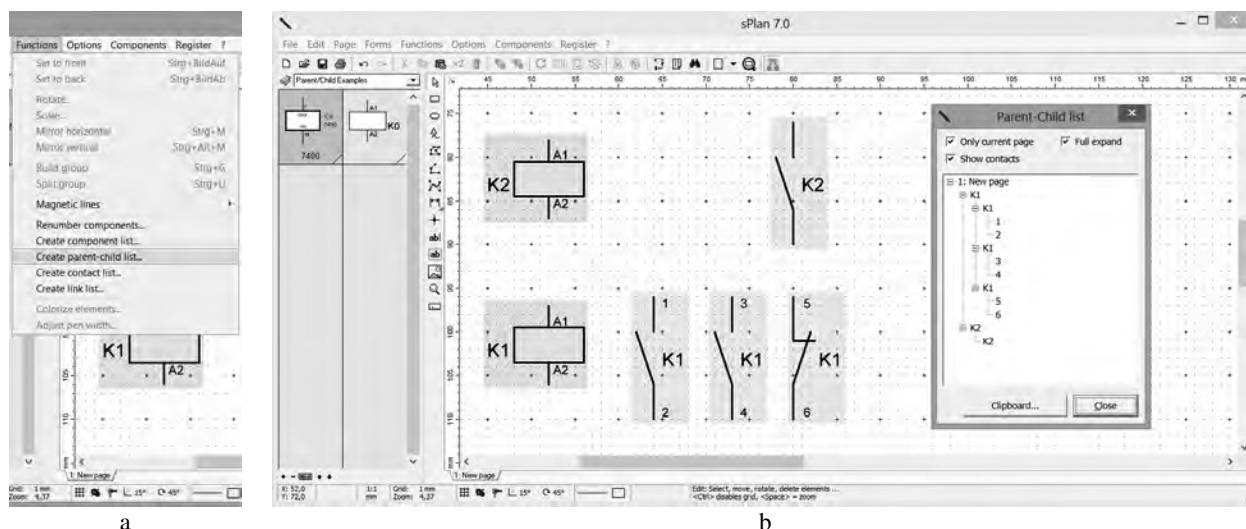


Fig. 2.54 - a) Modalità di creazione di una lista gerarchica di tutti i componenti genitori con i relativi figli - b) Esempio di lista gerarchica di componenti genitori-figli.

È possibile, inoltre, creare una lista dei contatti di tutti i genitori con i relativi figli. L'elenco, che contiene tutti i genitori e i loro figli accessori di tutte le pagine selezionate, si ottiene mediante la finestra di dialogo **Create contact list**, che si apre selezionando dalla barra dei menu la voce **Functions** e il comando **Create contact list...** (v. fig. 2.55a). Il risultato è mostrato nella fig. 2.55b.

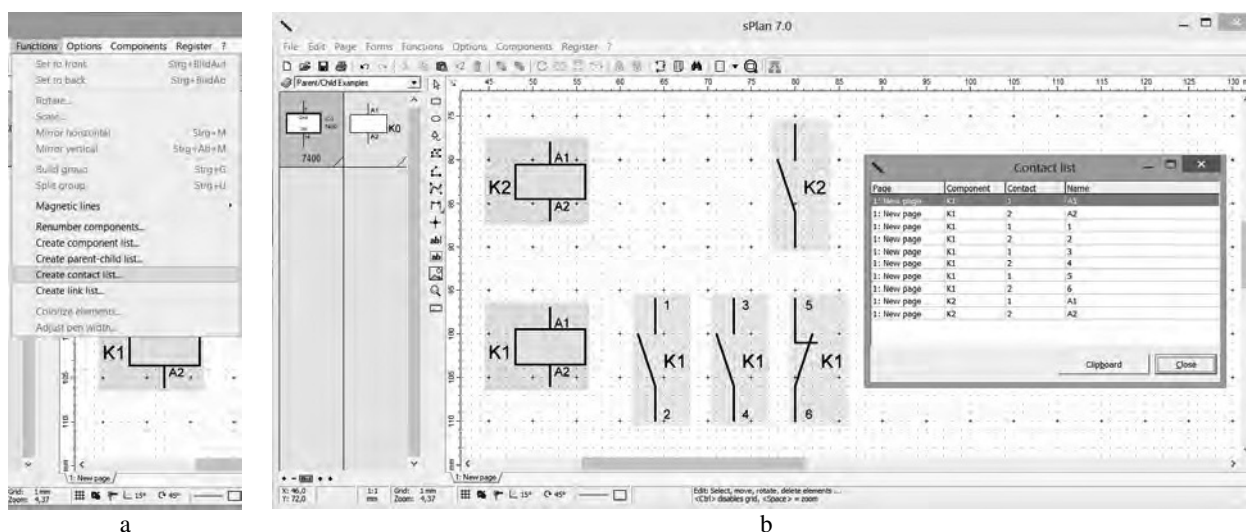



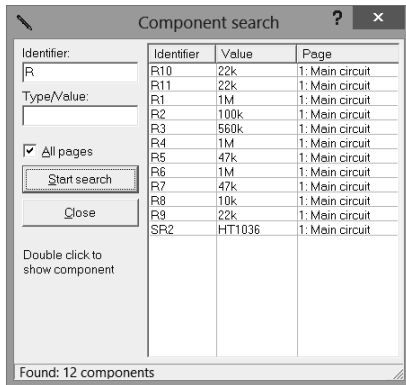
Fig. 2.55 - a) Modalità di creazione di una lista dei contatti di tutti i componenti genitori e dei relativi figli - b) Esempio di lista dei contatti di tutti i componenti genitori e dei relativi figli.

Ricerca dei componenti. Questa funzione è molto utile per grandi progetti distribuiti su più pagine. I componenti possono essere cercati usando i loro identificativi e i loro valori.

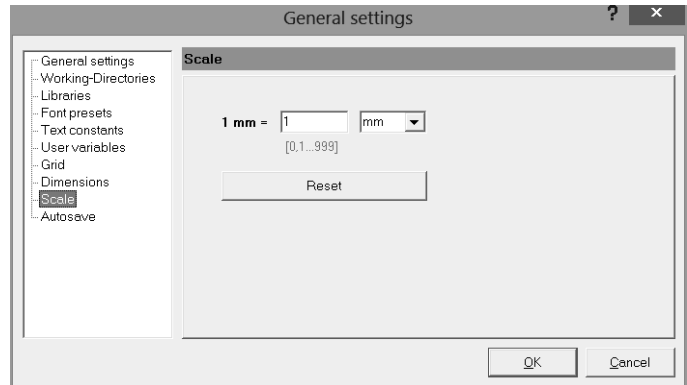
La funzione può essere attivata selezionando la voce **Search components...** dal menu **Edit** presente nella barra dei menu o mediante l'apposita icona  presente nella barra degli strumenti (v. fig. 2.56a).

- **Identifier (Identificativo).** Un filtro può essere impostato per trovare componenti con identificativi specifici.
 - 1) Lasciare questo campo vuoto per fare l'elenco di tutti i componenti.
 - 2) Digitare, per esempio R, per cercare tutti i componenti con R nel loro identificativo (per esempio, R1, R12, ecc.).
 - 3) Il filtro R1 troverà tutti i componenti con R1 nell'identificativo (R1, R11, R12, ecc.).
- **Type/value (Tipo/Valore).** Un filtro può essere impostato per trovare componenti di un certo tipo o con valori specifici.
 - 1) Lasciare questo campo vuoto per fare l'elenco di tutti i componenti.

- 2) Se questo filtro è impostato a '6' tutti i componenti contenenti 6 nel tipo/valore saranno inseriti nella lista (0,68 μ F, 16 k, ecc.).
 - 3) Se questo filtro è impostato a '0,68' tutti i componenti contenenti 0,68 nel tipo/valore saranno inseriti nella lista (0,68 μ F, ecc.).
- I due filtri possono essere utilizzati in combinazione.



a



b

Fig. 2.56 - a) Ricerca dei componenti mediante la finestra di dialogo: Component search - b) Impostazione della scala mediante la finestra di dialogo General settings.

- **All pages.** Selezionare questa opzione per cercare componenti in tutte le pagine. In caso contrario la ricerca dei componenti avviene soltanto nella pagina attiva.
- **Start search.** Questo comando avvia la ricerca dei componenti. L'elenco conterrà tutti quei componenti che rispondono ai requisiti dei filtri. Si può fare clic due volte sul campo dell'identificativo della lista per selezionare e visualizzare dove è posizionato il componente nello schema.

Consiglio. Il campo del tipo/valore dell'elenco è modificabile, garantendo un modo efficiente per inserire valori per i componenti.

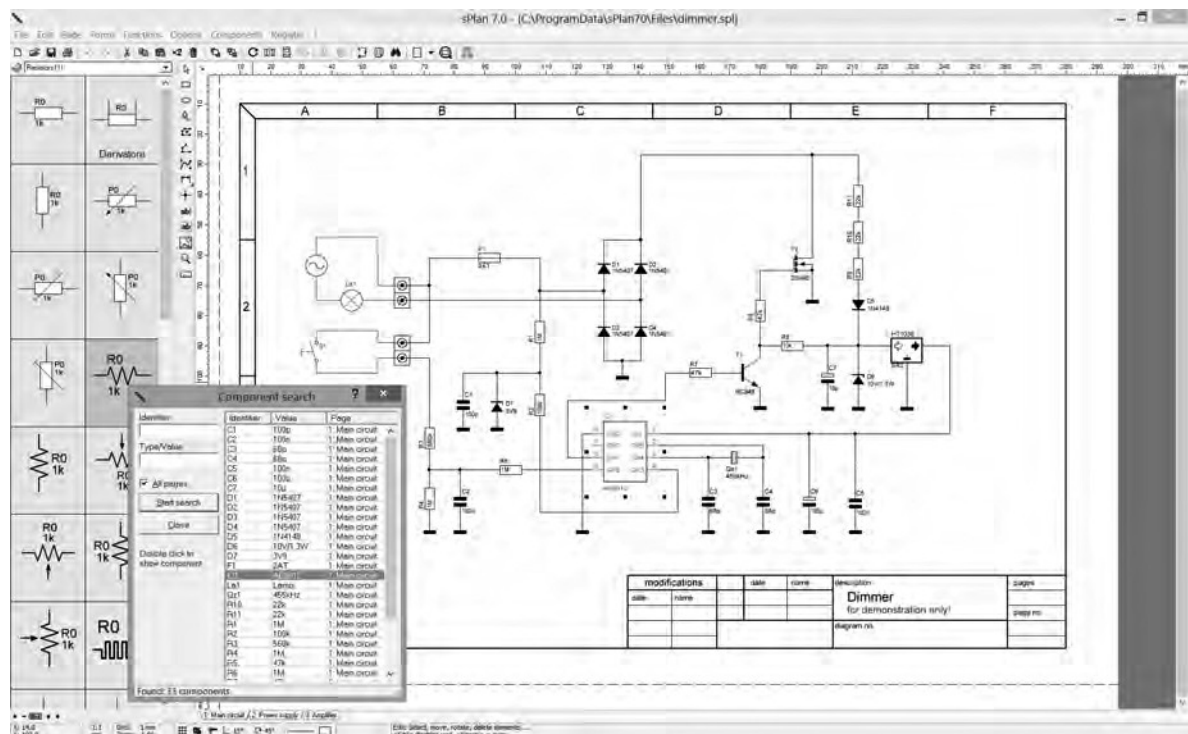



Fig. 2.57 - Finestra principale. Si può fare clic due volte sul campo dell'identificativo della lista per selezionare e visualizzare dove è posizionato il componente nello schema. In questo caso il circuito integrato IC1: AB8812 al centro dello schema.

Scala. Selezionare **General settings** dal menu **Options** e quindi selezionare **Scale** nella sezione di sinistra, per visualizzare la finestra di dialogo di fig. 2.56b, ove impostare la scala.

Si può anche cliccare sulla scala impostata nella barra di stato ai piedi della finestra principale. È possibile inserire una nuova scala. Il programma applicherà la nuova scala a tutti gli elementi, righe, dimensioni, ecc.

Stampa. La funzione anteprima di stampa permette di vedere che effetto produce un comando prima di procedere con la stampa. È possibile selezionare la stampante, adattare la scala e la posizione della stampa, ecc.

Selezionare **Print** dal menu **File** presente nella barra dei menu oppure fare clic sull'icona  corrispondente nella barra degli strumenti per aprire la finestra di anteprima, mostrata nella fig. 2.58.

L'anteprima sarà più precisa se si ingrandisce al massimo la finestra; sulla sinistra sono presenti le opzioni di stampa.

L'area bianca a destra rappresenta il foglio di carta, mentre la cornice rossa indica la zona stampabile della stampante selezionata. Una pagina può essere selezionata ai piedi dell'anteprima. Il nome della stampante viene visualizzato nel titolo.

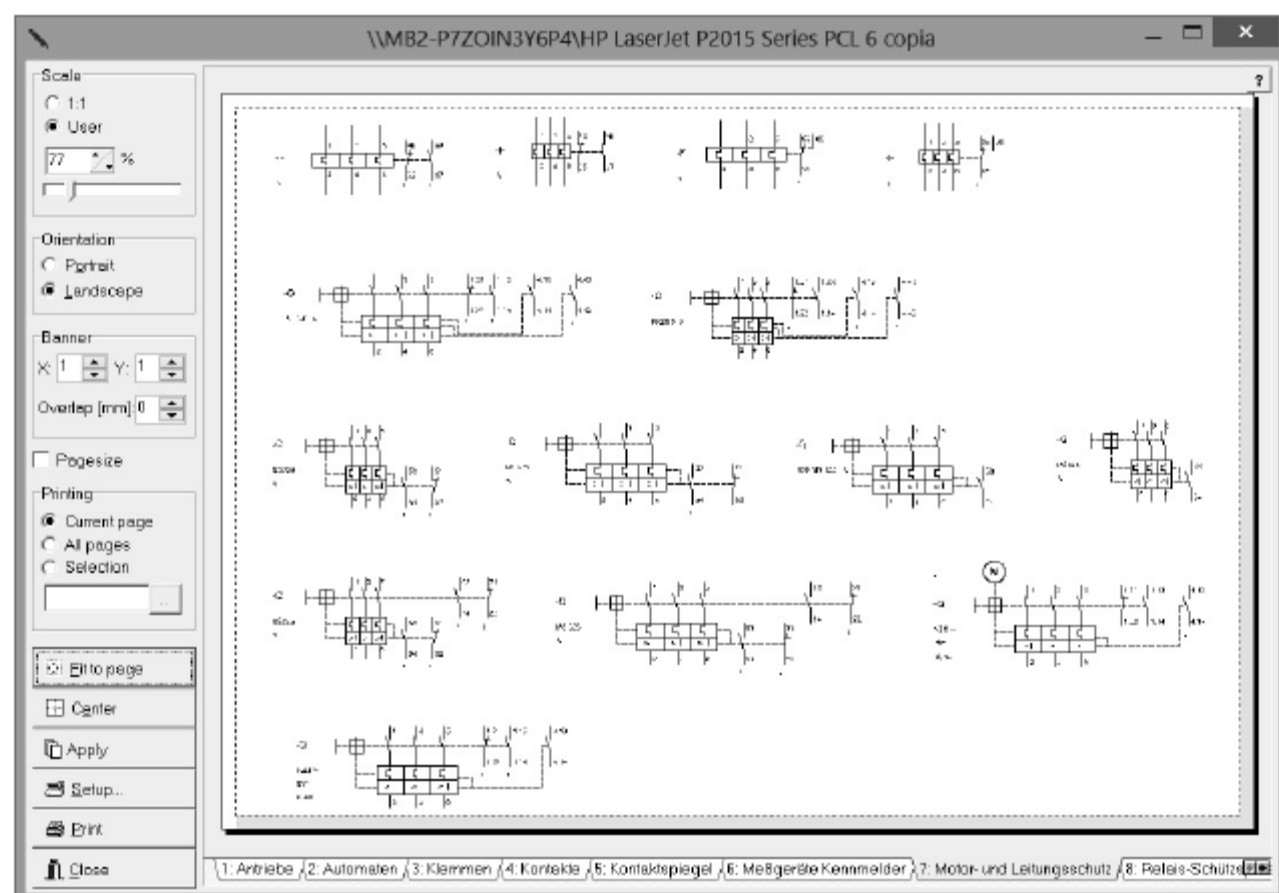


Fig. 2.58 - Finestra anteprima di stampa.

Cambiare la posizione della stampa. La posizione della stampa è modificabile direttamente dall'anteprima. È possibile spostare lo schema nella posizione desiderata sul foglio bianco.

Fare clic sullo schema nell'anteprima e spostarlo dove si vuole, tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse.

- **Scale.** Selezionare l'opzione "1:1" se non c'è bisogno di adattamento. Selezionare "User" per modificare la scala con il cursore. Attenzione: in genere le stampanti non possono stampare esattamente fino ai margini del foglio. Se lo schema occupa l'intero formato pagina si dovrà scegliere un adattamento almeno al 95% per evitare che la stampa fuoriesca dal foglio.
- **Orientation.** La stampante dovrebbe usare lo stesso orientamento del formato della pagina scelto per la stesura del disegno. In caso contrario, verrà chiesto di cambiare l'orientamento della pagina.
- **Banner.** Questa funzione consente di stampare il disegno suddiviso su più pagine, in modo da realizzare una stampa in formato A2 con una normale stampante A4. Si può definire quante pagine si vuole usare nella dire-

zione X o Y. È possibile anche definire l'**Overlap** (sovrapposizione) in mm delle pagine. Si può spostare la stampa per adattare il progetto su tutte le pagine.

- **Pagesize.** Selezionare questa opzione per visualizzare la dimensione della pagina, visibile soltanto nell'anteprima come sfondo grigio chiaro. Questa opzione non ha alcun effetto sulla stampa reale.
- **Printing.** Si può decidere se stampare solo la pagina attiva, tutte le pagine o una selezione di esse. Selezionando **Selection**, fare clic sul pulsante e indicare le pagine del progetto che si intende stampare.
- **Fit to page.** Fare clic su questo pulsante per adattare automaticamente lo schema al foglio.
- **Center.** Cliccare su questo pulsante per centrare lo schema rispetto al foglio.
- **Apply.** Se si preme questo pulsante tutte le impostazioni correnti come scala, orientamento o posizione saranno applicate a tutte le altre pagine del progetto.
- **Setup.** Questo pulsante apre la finestra di dialogo per il setup delle stampanti disponibili. Si deve scegliere la stampante e quindi aprire la finestra di setup della stampante selezionata.
- **Print.** Questo pulsante avvia la stampa.
- **Close.** Usare questo pulsante per chiudere l'anteprima di stampa senza stampare.

Esportare diagrammi di circuito. Se si vuole usare uno schema con altre applicazioni, è possibile esportarlo in un formato standard. È possibile scegliere tra i seguenti formati: .gif, .jpg, .bmp, .emf, .svg.

I file caratterizzati dalle estensioni .gif, .jpg e .bmp sono file in formato bitmap.

Il programma, però, lavora con una grafica di tipo vettoriale e la conversione di una grafica vettoriale in una grafica bitmap comporta una riduzione di qualità dei disegni. Si può ovviare a questo inconveniente utilizzando un'alta risoluzione. I formati .gif e .jpg sono file compressi (la dimensione del file resta piccola), mentre il formato .bmp, invece, non è compresso e produce file di grandi dimensioni.

Il formato .emf è invece di tipo vettoriale e quindi produce file di alta qualità. Sfortunatamente questo formato può creare problemi di importazione con alcune applicazioni. Anche il formato .svg (Scaleable Vector Graphics) è di tipo vettoriale ed è accettato da molti browser e da molte altre applicazioni.

Per effettuare l'esportazione occorre utilizzare la funzione **Export...** che è disponibile nel menu **File**, come mostrato nella fig. 2.59a. Nella finestra di dialogo Export, mostrata nella fig. 2.59b, si trovano le seguenti voci.

- **Filetype.** Scegliere tra .gif, .jpg, .bmp, .emf o .svg per il formato di esportazione.
- **Size (solo per .gif, .jpg e .bmp).** Usare la barra per adattare la risoluzione. Vale la pena ricordare che le alte risoluzioni richiedono più memoria rispetto alle risoluzioni più basse. La memoria necessaria viene visualizzata nella finestra (solo per i file .bmp). È bene cercare di ridurre il più possibile la risoluzione, cercando di mantenere una qualità accettabile.
- **Color (solo per .bmp).** Ogni volta che è possibile, usare **B & W** (bianco e nero) per ridurre la dimensione del file. Selezionare **Colored** soltanto se si usano oggetti colorati nello schema. Un bitmap monocromatico che usa 500 KB ha bisogno di circa 12 MB se esportato a colori con la stessa risoluzione. Questa operazione potrebbe richiedere un po' di tempo. Si può usare il formato B & W se lo schema contiene oggetti colorati, ma si vuole risparmiare risorse. La finestra consente di monitorare la memoria richiesta quando si fanno i cambiamenti al colore o alla risoluzione.
- **Selection.** Definisce se si vuole esportare l'intera pagina, tutti gli elementi o solo gli elementi selezionati.

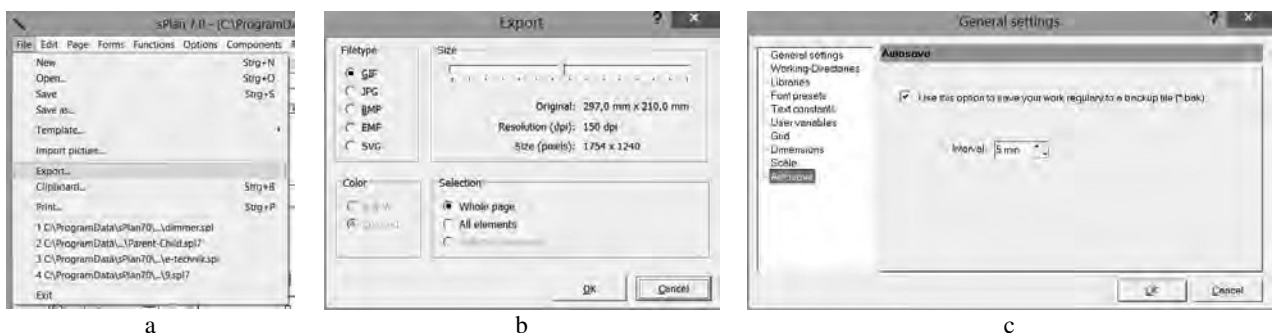


Fig. 2.59 - a) Menu per effettuare l'esportazione utilizzando la funzione **Export...** che è disponibile nel menu **File** - b) Finestra di dialogo: **Export** - c) Finestra di dialogo: **General settings** - **Autosave**.

Autosalvataggio. Questa opzione può essere usata per il salvataggio automatico a intervalli regolari. Selezionare **General settings** dal menu **Options** presente nella barra dei menu e **Autosave** nella sezione di sinistra, come mostrato nella fig. 2.59c.

Se Autosave è attivato, il programma salverà il lavoro a intervalli regolari in un file di backup che avrà lo stesso nome del progetto, ma l'estensione modificata in .bak. Non dimenticare di salvare il lavoro regolarmente anche se Autosave è attivato. Ogni volta che si vuole ripristinare un file di backup si deve rinominare l'estensione .bak in .spl, così facendo è possibile caricare il file come un qualsiasi altro file del programma sPlan.

Cartelle di lavoro. Si possono impostare le cartelle di default di lavoro selezionando **General settings** dal menu **Options**, quindi **Working directories** nella sezione di sinistra, come mostrato nella fig. 2.60a.

In questa finestra di dialogo si possono impostare dei percorsi di default per quanto riguarda le cartelle di lavoro. Lasciando vuoti questi campi, il programma salverà nell'ultima cartella utilizzata.

Controlli da tastiera. Molte delle funzioni del programma possono essere attivate con la tastiera. Le funzioni usate comunemente come copia, incolla, cancella, taglia possono essere attivate con speciali combinazioni di tasti, che sono visualizzate nel menu principale accanto alla voce, come mostrato per esempio nella fig. 2.60b (**Nota bene: Strg = [Ctrl] e Entf = [Canc]**).

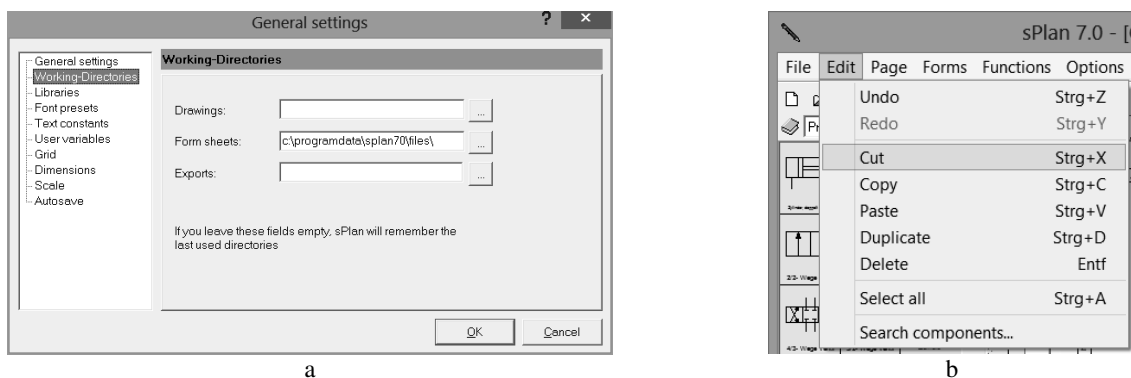


Fig. 2.60 - a) Finestre di dialogo: General settings - b) Combinazione di tasti per attivare i comandi del menu **Edit** presente nella barra dei menu.

Sono disponibili anche altre funzioni aggiuntive.

- **Spostare elementi con i tasti freccia.** Gli elementi selezionati possono essere spostati con i tasti freccia [←], [↑], [↓], [→]. Si sposteranno sempre di una tacca nella griglia. Se si preme il tasto [Maiusc] simultaneamente, si può spostare gli elementi di 1/10 mm per volta.
- **Selezionare elementi con il tasto [Tab].** Si può selezionare elementi uno dopo l'altro con il tasto [Tab]. Ogni volta che si preme [Tab] verrà selezionato l'elemento successivo. Se lo si preme contemporaneamente al tasto [Maiusc], verrà selezionato l'ultimo elemento anziché quello successivo.
- **Richiamare la finestra di dialogo delle proprietà con [Alt] + [Invio].** Si può richiamare la finestra di dialogo delle proprietà di un elemento selezionato premendo [Alt] + [Invio]. Questo comando funziona soltanto se è selezionato un solo elemento.
- **Zoom con la tastiera.** Con [F5] si zooma l'intera pagina, con [F6] tutti gli elementi dello schema, con [F7] tutti gli elementi selezionati dello schema; con [+] si zooma in avvicinamento e con [-] in allontanamento.
- **Seguire un link attivo.** Con [F8] si può seguire un link attivo. Occorre selezionare il link attivo affinché questo comando sia abilitato.

2.15 Trucchi e suggerimenti (nel CD-Rom allegato)

2.16 Esempio di applicazione del programma CAD sPlan: esempi di quotature di pezzi meccanici (nel CD-Rom allegato)

2.17 Esempio di applicazione del programma CAD sPlan: grafica nei progetti edilizi (nel CD-Rom allegato)

2.18 Documentazione prodotta con il personal computer: GWCAD (nel CD-Rom allegato)

2.19 Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 3

TECNOLOGIA DEI MATERIALI USATI IN ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA

3.1 La materia

Prima di iniziare a studiare le caratteristiche e le proprietà dei materiali che si utilizzano in particolare in elettrotecnica ed elettronica, è necessario dare alcuni cenni sulla costituzione della materia.

Dallo studio della chimica è noto che tutte le sostanze (naturali e artificiali) sono costituite dalla combinazione di un limitato numero di particelle denominate **atomi**, i quali a loro volta sono composti da un nucleo centrale, dotato di una carica positiva, intorno a cui ruotano, un po' come i pianeti attorno al sole, delle piccole particelle dotate di carica negativa denominate **elettroni** (-).

Gli elettroni ruotano attorno al nucleo e descrivono delle orbite circolari o ellittiche aventi raggi di rotazione diversi; tali orbite sono posizionate su altrettanti piani passanti per il nucleo, come mostrato nella fig. 3.1.

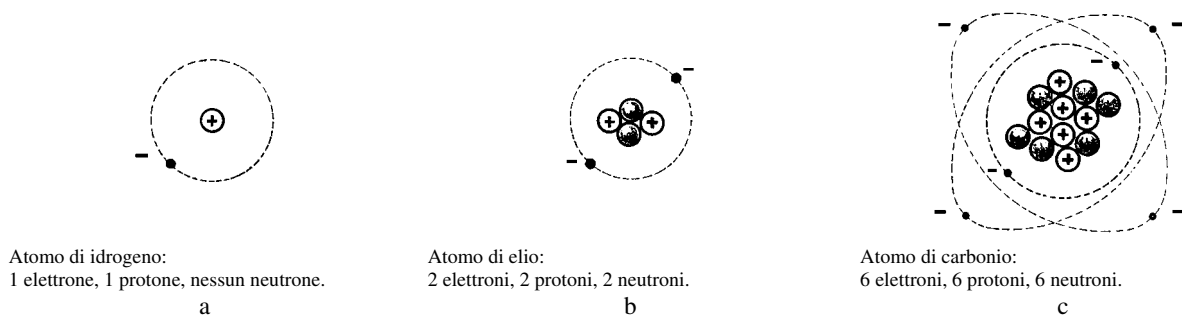


Fig. 3.1 - Esempi di strutture atomiche: a) Idrogeno - b) Elio - c) Carbonio.

In particolare il nucleo dell'atomo è costituito da particelle elementari, caricate positivamente, denominate **protoni** (+) e da particelle chiamate **neutroni**, che presentano all'incirca la stessa massa, ma che sono privi di carica elettrica. I protoni e i neutroni hanno una massa che è circa 1840 volte più elevata di quella di un elettrone, perciò tutta la materia dell'atomo è in pratica concentrata nel nucleo.

Gli elettroni hanno una massa molto piccola, per questo motivo vengono considerate cariche elettriche pure, prive cioè di massa. In natura è possibile trovare 92 tipi di atomi che differiscono tra loro per il numero di particelle che li costituiscono.

In ogni atomo, di una determinata sostanza, il numero dei protoni è uguale al numero degli elettroni, così le cariche positive di tutti i protoni e le cariche negative di tutti gli elettroni, uguali e contrarie, rendono l'atomo neutro.

I 92 elementi che sono presenti in natura si distinguono fra loro per il numero di elettroni del loro atomo ovvero per quello che in chimica si chiama **numero atomico**. Inoltre, in ogni atomo la somma del numero dei protoni e dei neutroni rappresenta ciò che in chimica viene chiamata la **massa atomica** o peso atomico.

Gli atomi normalmente sono riuniti a due o più e vanno a formare le molecole. Le molecole degli elementi chimici sono formate da atomi uguali, mentre atomi diversi vanno a formare le molecole dei composti.

L'elemento che ha la struttura atomica più semplice è l'idrogeno il cui atomo è costituito da un nucleo, privo di neutroni, con un solo protone attorno al quale ruota un solo elettrone.

Il numero atomico dell'idrogeno è 1, perché ha un solo elettrone, e la sua massa atomica è anch'essa data dalla somma dei protoni e dei neutroni presenti nel nucleo.

L'elio presenta nel nucleo 2 protoni e 2 neutroni, determinando una massa atomica di 4, mentre gli elettroni sono 2 da cui il numero atomico uguale a 2.

Il rame, che è un elemento molto utilizzato nelle applicazioni dell'elettrotecnica, ha un nucleo con 29 protoni e 34 neutroni determinando una massa atomica di 63, mentre gli elettroni sono 29 da cui il numero atomico uguale a 29. L'ultimo elemento che è possibile ritrovare in natura è l'uranio che ha una struttura molto più complessa, in quanto ha 92 protoni e 146 neutroni (massa atomica 238), mentre gli elettroni sono 92 (numero atomico 92).

Attualmente sono conosciuti più di 92 elementi ottenuti artificialmente e perciò denominati elementi artificiali o transuranici.

Elementi	Nucleo centrale: numero dei		Numero degli elettroni (-)	Numero atomico (protoni o elettroni)	Massa atomica (protoni più neutroni)
	protoni (+)	neutroni			
Idrogeno	1	0	1	1	1
Elio	2	2	2	2	4
Litio	3	4	3	3	6,94 (7)
Carbonio	6	6	6	6	12
Ferro	26	30	26	26	55,84 (56)
Rame	29	34	29	29	63,54 (63)
Uranio	92	146	92	92	238

Tab. 3.1 - Caratteristiche atomiche di alcuni elementi.

Per capire le proprietà degli elementi è necessario precisare meglio come gli elettroni sono disposti in un atomo.

Gli elettroni si distribuiscono in 7 strati che vengono contrassegnati con le lettere *K, L, M, N, O, P, Q* andando rispettivamente dal nucleo verso l'esterno. Ogni strato è costituito da più orbite che al massimo possono essere 4 e distinte con le lettere *s, p, d, f*.

Lo strato più interno *K* è formato da una sola orbita *s* che può contenere al massimo 2 elettroni; lo strato successivo *L* è formato dalle due orbite *s* e *p* che possono contenere rispettivamente 2 e 6 elettroni (complessivamente al massimo 8 elettroni); lo strato *M* è formato dalle orbite *s, p, d* che possono contenere al massimo rispettivamente 2, 6, 10 elettroni (complessivamente al massimo 18 elettroni); gli strati successivi possono essere formati dalle orbite *s, p, d, f* con la possibilità di contenere al massimo 2, 6, 10, 14 elettroni (complessivamente al massimo 32 elettroni).

In genere gli elettroni tendono a occupare gli strati e le orbite più interne cercando di completarli, per esempio, come mostrato nella fig. 3.2, l'atomo di idrogeno e quello di elio che hanno rispettivamente 1 e 2 elettroni hanno solo lo strato *K*, mentre l'atomo di rame (numero atomico 29) ha 2 elettroni nello strato *K*, 8 (2+6) nello strato *L*, 18 (2+6+10) nello strato *M* e infine 1 elettrone nello strato *N*.

Sono gli elettroni che si trovano nelle orbite più esterne, cosiddetti **elettroni di valenza**, che concorrono a definire le caratteristiche di un elemento ed a formare i legami con gli altri atomi.

L'atomo si può trovare in tre stati particolari: **neutro, eccitato o ionizzato**.

Nel caso dell'atomo **neutro** le cariche elettriche positive presenti nel nucleo equilibrano quelle degli elettroni che ruotano attorno al nucleo stesso.

Ad ogni orbita percorsa da un elettrone corrisponde un determinato livello energetico, che diventa sempre più alto con l'aumentare dell'orbita; ovvero gli elettroni che eseguono le orbite più esterne hanno maggiore energia rispetto a quelli che eseguono le orbite più vicine al nucleo.

Se si fornisce energia all'atomo, un elettrone può saltare da un'orbita più interna a un'orbita più esterna, si dice in questo caso che l'atomo è **eccitato**.

La situazione risulta, però, instabile in quanto l'atomo tende a cedere l'energia acquistata e a ritornare allo stato neutro, con l'elettrone che torna a eseguire l'orbita originaria.

Se l'energia fornita all'atomo supera un certo valore, la nuova orbita dell'elettrone può avere raggio infinito, in pratica l'elettrone non ritorna più spontaneamente nell'orbita iniziale, si dice in questo caso che l'atomo è **ionizzato**, ovvero ha perduto elettroni. Di conseguenza l'atomo risulta caricato positivamente in quanto le cariche positive sono in numero maggiore di quelle negative.

Gli elettroni che si sono svincolati dal proprio atomo vanno a finire su atomi vicini che presentano quindi un eccesso di cariche negative.

L'atomo che ha perduto o acquistato elettroni diventa rispettivamente **ione positivo** o **ione negativo**.

I metalli, in modo particolare, e alcuni tipi di gas o liquidi, in specifiche condizioni, presentano la caratteristica di poter essere facilmente privati di elettroni periferici o di riceverne dagli atomi vicini.

Questo è possibile in quanto gli elettroni delle orbite più esterne hanno un vincolo piuttosto debole.

Si parla in questo caso di **conduttori elettrici**, come per esempio l'argento, il rame, l'alluminio, la grafite, le soluzioni acide e saline e i gas ionizzati.

Se gli atomi hanno nello strato esterno un numero di elettroni inferiore a 4 si è in presenza di metalli che tendono a cedere gli elettroni dell'ultimo strato e a diventare ioni positivi.

Per esempio, l'atomo di sodio, che ha numero atomico 11, ha 2 elettroni nello strato *K*, 8 nello strato *L* e infine 1 elettrone nello strato più esterno *M*, è questo elettrone che se ceduto fa diventare l'atomo di sodio uno ione sodio positivo.

La perdita di elettroni fa sì che l'atomo assuma una carica positiva uguale in valore a quella di un elettrone (la carica dell'elettrone vale $1,6 \cdot 10^{-19}$ C) per il numero di elettroni persi, come mostrato nella fig. 3.2.

Se gli atomi presenti nello strato esterno sono da 5 a 7 si è in presenza invece di non metalli che viceversa tendono generalmente ad acquistare elettroni in modo da portare fino a 8 il numero di elettroni dell'ultimo strato.

Per esempio, l'atomo di cloro, che ha numero atomico 17, ha 2 elettroni nello strato *K*, 8 elettroni nello strato *L*, 7 elettroni nello strato più esterno *M* e quindi tende ad acquisire un elettrone e a diventare un ione cloro negativo.

L'acquisizione di un elettrone da parte di un atomo conferisce una carica negativa uguale a quella di un elettrone per il numero di elettroni acquisiti.

Quando un atomo acquista o perde un elettrone si dice che diventa uno ione **monovalente**, quando invece ne acquista o ne perde due si dice ione **bivalente** e così via.

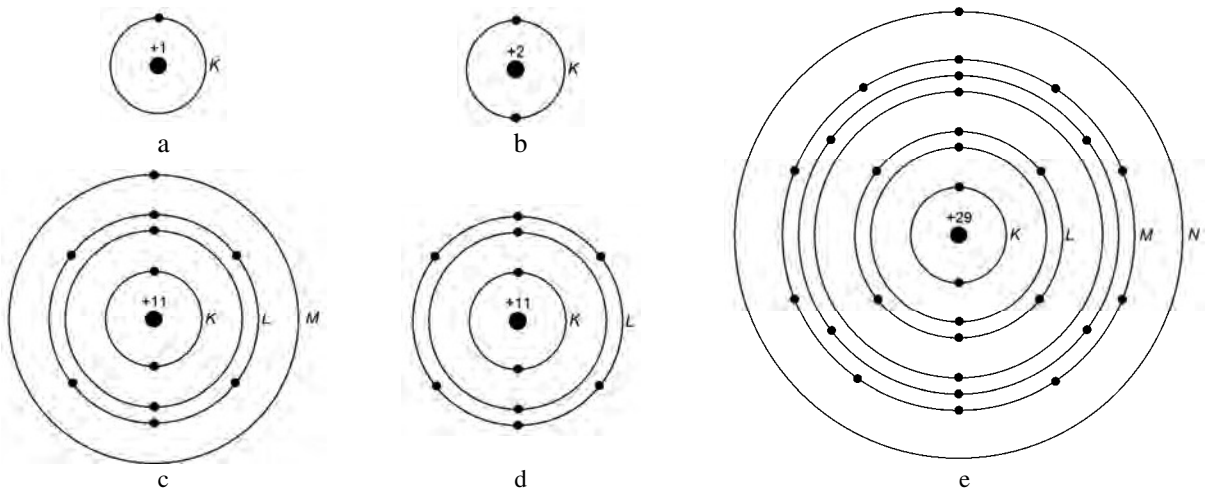


Fig. 3.2 - Esempi di atomi: a) Atomo di idrogeno (H) - b) Atomo di elio (He) - c) Atomo di sodio (Na), sono presenti 11 protoni e 11 elettroni - d) Ione positivo di sodio, sono presenti 11 protoni e 10 elettroni - e) Atomo di rame (Cu).

Nei corpi isolanti, invece, tale vincolo è molto forte e l'elettrone può passare da un'orbita interna a una più esterna, ma non può svincolarsi dal nucleo, in altre parole l'atomo di questi corpi può eccitarsi, ma non può ionizzarsi.

In questo caso si parla di **isolanti elettrici** come il vetro, la porcellana, la carta, le resine sintetiche, la gomma, l'aria secca. Gli atomi, in questo caso presentano nello strato più esterno 8 elettroni e qualora l'atomo abbia una sola orbita *K* (gas inerti) 2 elettroni, non hanno la tendenza a perderne o acquistarne.

Conduttori	Semiconduttori	Isolanti
Argento, rame, alluminio, ferro, grafite, soluzioni acide, soluzioni saline, gas ionizzati	Silicio, germanio, ossido di zinco, boro	Vetro, quarzo, porcellana, carta, resine sintetiche, gomma, zolfo, oli, aria secca

Tab. 3.2 - Esempi di conduttori, semiconduttori, isolanti.

Vi sono inoltre delle sostanze, come il silicio e il germanio, che hanno un comportamento particolare e vengono denominate **semiconduttori**, elementi fondamentali per la realizzazione dei dispositivi elettronici come i diodi, i transistor e i circuiti integrati. Queste sostanze hanno un numero di elettroni liberi di muoversi inferiore a quello dei conduttori, ma notevolmente superiore a quello degli isolanti.

Data la loro enorme importanza per la moderna tecnologia verranno trattati successivamente.

In realtà non esiste una separazione netta tra gli isolanti e i conduttori, perché la caratteristica di avere cariche elettriche in movimento varia molto a seconda dello stato in cui si trova il materiale.

Per esempio, l'aria secca è un buon isolante, ma se diventa umida e salata (per esempio in vicinanza del mare) diventa conduttrice; anche l'acqua è quasi isolante, ma se vi si scioglie, anche in piccole quantità, un sale o un acido diventa conduttrice.

Per le applicazioni pratiche vengono utilizzati quei materiali che presentano in modo spiccato una delle proprietà citate precedentemente (conduttore o isolante) e su cui si ritornerà in seguito.

In particolare nei metalli, lo spostamento degli elettroni, sollecitati in modo opportuno, per esempio con un apposito generatore, può avvenire con continuità, ottenendo un flusso continuo di elettroni ovvero una **corrente elettrica**.

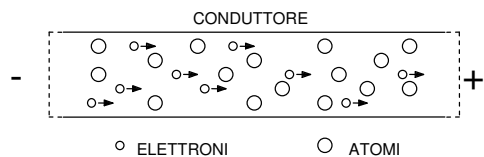


Fig. 3.3 - Movimento di elettroni in un conduttore (corrente elettrica). Si noti il movimento degli elettroni aventi carica negativa verso la parte del conduttore collegata al polo positivo del generatore.

3.2 I legami chimici

I legami che si formano tra i vari atomi di uno stesso elemento e tra gli atomi di elementi diversi variano sensibilmente sia per quanto riguarda la stabilità, sia per quanto riguarda la natura e la forza di questi legami.

Di seguito sono riportati i vari tipi di legame atomico nelle tre tipologie fondamentali.

Il **legame covalente** (v. fig. 3.4a) nasce quando due atomi mettono ciascuno in comune uno o più elettroni di valenza. Le coppie di elettroni che si formano vanno a ruotare in un orbitale in comune che si viene a formare quando gli elettroni dell'orbita esterna sono soggetti ad un potere di attrazione pressoché uguale dai rispettivi nuclei.

Una proprietà delle sostanze ove sono presenti legami covalenti è la loro scarsa conducibilità elettrica e termica, dovuta alla mancanza di elettroni liberi, non impegnati nei legami chimici, in grado di spostarsi sotto l'azione di una differenza di potenziale elettrico (generatore elettrico) o di una differenza di temperatura.

Si è in presenza di un **legame ionico** (v. fig. 3.4b) quando sono presenti degli ioni positivi e negativi ovvero si hanno una o più cariche elettriche positive o negative in eccesso. Questa eccedenza di carica elettrica deriva dall'aver perso (ione positivo) o dall'aver catturato un elettrone (ione negativo).

Il legame ionico perciò è essenzialmente un legame di natura elettrica tra atomi che si sono trasformati in ioni.

Si manifesta generalmente in quei composti formati da un metallo con un non metallo come per esempio i sali, gli ossidi metallici, ecc.

Per esempio, la molecola del cloruro di sodio NaCl (sale da cucina) è costituita da un legame ionico, nel quale l'elettrone più esterno libero del sodio (Na) viene catturato dal cloro (Cl) per saturare la sua orbita più esterna.

Queste sostanze, come il sopraccitato cloruro di sodio, hanno la proprietà di condurre l'elettricità per conduzione ionica, infatti, se si scinde il legame (sciogliendo il cloruro di sodio in acqua) le molecole si dividono in ioni positivi e ioni negativi i quali sono attratti rispettivamente dall'elettrodo negativo e positivo di un generatore elettrico.

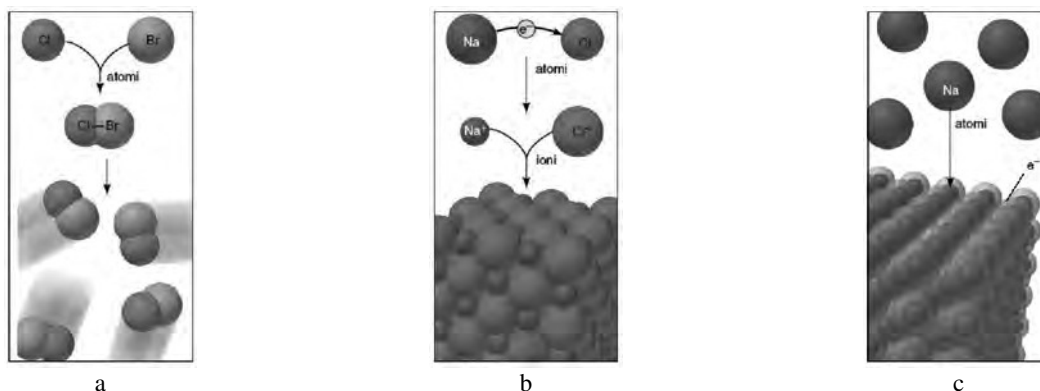


Fig. 3.4 - Legami chimici: a) Covalente - b) Ionico - c) Metallico.

Gli atomi dei metalli sono noti per la loro tendenza a perdere elettroni e a trasformarsi in ioni positivi. Quando gli elementi metallici si combinano fra loro, instaurano un particolare tipo di legame, definito **legame metallico** (v. fig. 3.4c), in cui gli ioni positivi si comportano come sfere rigide e di dispongono in modo regolare nello spazio originando una struttura che viene definita **reticolo cristallino** dove gli elettroni di valenza, allontanandosi, si delocalizzano intorno ai nuclei dei diversi ioni.

Nel legame metallico gli elettroni sono perciò liberi di muoversi all'interno del solido; proprio a questa caratteristica si deve la facile deformabilità dei metalli e la loro elevata conducibilità di calore e di elettricità.

I metalli hanno quindi una struttura cristallina con gli atomi disposti secondo delle figure geometriche solide, vincolati dalle forze del legame metallico in posizione di equilibrio, rispetto alle quali vibrano in continuazione, anche a temperature prossime allo zero assoluto, con moto oscillatorio di ampiezza estremamente ridotta.

Unendo le linee immaginarie che uniscono i centri degli atomi, si ottiene la figura geometrica tridimensionale denominata reticolo cristallino che a sua volta è composto dalla ripetizione nello spazio di una cella elementare (v. fig. 3.5) definibile come il più piccolo solido ottenuto congiungendo i centri degli atomi contigui.

In pratica un metallo è costituito dall'insieme di reticoli cristallini a loro volta costituiti, ripetendo nello spazio lungo le tre direzioni, una cella elementare.

In uno stesso metallo, allo stato solido, gli atomi si strutturano sempre secondo lo stesso reticolo per formare un cristallo. Può capitare che due metalli diversi abbiano lo stesso reticolo, ma questo sarà formato da atomi differenti. Per esempio, il rame ha un reticolo uguale a quello del piombo, ma con atomi più piccoli.

Le celle elementari possono essere di 14 forme diverse, ma la grande maggioranza dei metalli cristallizza secondo tre tipi di celle elementari: cubica a corpo centrato, cubica a facce centrate ed esagonale compatta, come mostrato nella fig. 3.5.

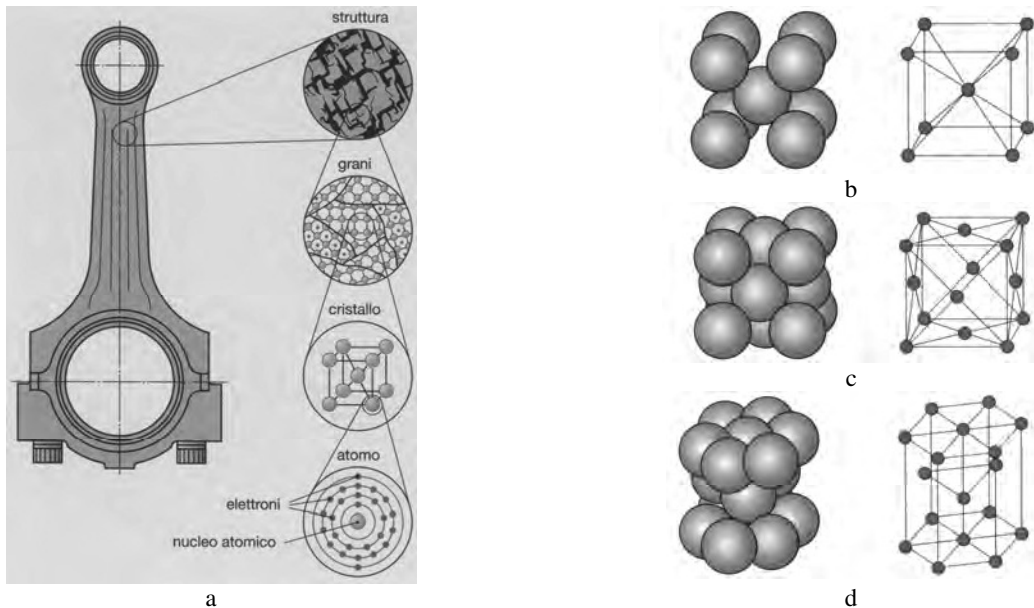


Fig. 3.5 - a) Struttura dei materiali metallici. Le celle elementari possono essere di 14 forme diverse, ma la grande maggioranza dei metalli cristallizza secondo tre tipi di celle elementari: b) Cubica a corpo centrato - c) Cubica a facce centrate - d) Esagonale compatta.

La cella cubica a corpo centrato (v. fig. 3.5b) è costituita da 9 atomi: uno su ciascuno degli otto vertici di un cubo e uno al centro del cubo stesso. Gli atomi sono a contatto sulla diagonale interna del cubo. Questo tipo di cella è caratteristico dei materiali aventi una media conducibilità elettrica, di durezza elevata con una resistenza alle deformazioni e una duttilità media, come il tungsteno, il molibdeno, il cromo, il potassio e il sodio.

La cella cubica a facce centrate (v. fig. 3.5c) è costituita da 14 atomi: uno su ciascuno degli 8 vertici del cubo e uno al centro di ciascuna delle 6 facce. Gli atomi sono a contatto sulla diagonale delle facce. Questo tipo di cella è caratteristico dei metalli più duttili (trafilabili in fili sottili), malleabili (cioè laminabili in fogli), buoni conduttori del calore e dell'elettricità, come il rame, il nichel, l'alluminio, il piombo, l'oro e l'argento.

Infine, la cella esagonale compatta (v. fig. 3.5d) è costituita da 17 atomi: 14 disposti in modo da formare con i loro centri un prisma esagonale e 3 disposti all'interno del prisma stesso.

Gli atomi sono a contatto sui lati degli esagoni di base. Questa cella è propria dei materiali caratterizzati da una certa fragilità e un grado di compattezza intermedio rispetto alle altre due forme, come il magnesio, il cadmio e lo zinco.

È importante ricordare che alcuni metalli, come il ferro, sono caratterizzati dal fenomeno del **polimorfismo**, ovvero la possibilità di variare la forma della cella elementare al mutare delle condizioni esterne (mediante la temperatura), cambiando così le proprietà del metallo al fine di esaltarne le caratteristiche meccaniche come accade per esempio nei trattamenti termici di tempra (per ottenere acciai più duri e resistenti all'usura) e ricottura (per ottenere acciai più facilmente lavorabili oppure per eliminare tensioni interne prodotte da precedenti lavorazioni).

Il passaggio da una forma all'altra prende il nome di **trasformazione allotropica**.

I metalli costituiscono la maggior parte degli elementi chimici e hanno, oltre alle sopra citate caratteristiche uno splendore caratteristico, lucentezza metallica (che si genera perché la luce assorbita dalla superficie del metallo viene riemessa totalmente; la lucentezza è di tipo argenteo per tutti i metalli, ad eccezione di rame e oro) e possono formare facilmente leghe (miscuglio omogeneo di metalli diversi che si ottiene quando i metalli sono fusi ovvero quando sono allo stato liquido).



Per spiegare la capacità dei metalli di condurre l'elettricità e il calore è possibile ricorrere alle bande energetiche. Gli elettroni che consentono di formare i legami chimici hanno un livello energetico più basso compreso nella banda di valenza, gli elettroni che invece sono in grado di spostarsi e consentire la conduzione dell'elettricità ed il calore hanno livelli energetici più alti corrispondenti alla cosiddetta banda di conduzione.

Tra le due bande ne esiste una terza definita banda proibita nella quale esistono livelli energetici che normalmente nessun elettrone va ad occupare. L'ampiezza di questa banda costituisce il gap energetico W_g .

Nei metalli l'ampiezza della banda proibita è ridotta e già a temperatura ambiente consente agli elettroni di passare facilmente nella banda di conduzione, il che li rende dei buoni conduttori termici ed elettrici. Nel caso dei non metalli che si comportano da isolanti termici ed elettrici, la banda proibita è molto più alta, ciò fa sì che la probabilità che un elettrone possa assumere valori energetici propri della banda di conduzione è molto piccola. Infine, nei semiconduttori l'ampiezza della banda proibita risulta ridotta, perciò gli elettroni che ricevono sufficiente energia possono entrare nella banda di conduzione e quindi consentire il passaggio di una corrente elettrica.

Fig. 3.6 - Bande energetiche nei metalli, negli isolanti e nei semiconduttori.

3.3 Classificazione dei materiali e loro proprietà

I materiali utilizzati per le costruzioni meccaniche, elettriche ed elettroniche possono essere classificati in base alla loro struttura in: materiali **metallici**, **plastici** e **ceramici**. Vengono inoltre utilizzati, quando è necessario avere un basso peso ed elevate caratteristiche meccaniche, i materiali composti, come per esempio la fibra di vetro, le fibre di carbonio e il Kevlar.

I materiali metallici. Gli elementi che si trovano in natura si possono distinguere in metalli e non metalli. Per metalli si intendono gli elementi che tendono a cedere facilmente elettroni per cui risultano buoni conduttori di elettricità e buoni conduttori di calore e sono solidi a temperatura ambiente, ad eccezione del mercurio (Hg) che è liquido e che solidifica a una temperatura di $-38\text{ }^\circ\text{C}$.

Presentano, nella maggior parte dei casi, delle molecole monoatomiche. I non metalli, invece, sono molto diversi tra loro e quindi non hanno le stesse caratteristiche e proprietà. Le loro molecole, a seconda dei casi, sono monoatomiche o poliatomiche e a temperatura ambiente possono essere allo stato solido, liquido e gassoso.

La distribuzione dei metalli sulla crosta terrestre è molto varia e raramente si trovano allo stato libero, ma quasi sempre in combinazione con altri elementi.

I materiali metallici si possono distinguere in tre categorie: materiali ferrosi, materiali non ferrosi e leghe.

I materiali ferrosi si ottengono dai minerali di ferro e sono detti acciai e ghise. I materiali non ferrosi sono quelli ricavati da altri minerali (che non contengono ferro) e sono per esempio: l'alluminio (Al), il rame (Cu), lo stagno (Sn), il piombo (Pb), lo zinco (Zn), ecc.

Le leghe sono dei composti aventi caratteristiche metalliche e sono formate da due o più elementi, uno dei quali è almeno un metallo, allo scopo di migliorare determinate caratteristiche. Una lega è il risultato della miscelazione di due o più metalli allo stato fluido.

La lega aumenta quasi sempre la durezza e la resistenza elettrica, mentre l'allungamento e la conduttività elettrica diminuiscono. La lavorazione mediante asportazione di trucioli (tornitura o fresatura) risulta migliorata. Il punto di fusione si abbassa in rapporto a quello del metallo di base. Anche il colore può cambiare.

I metalli sono caratterizzati da un colore che può essere modificato mediante trattamenti superficiali oppure con vernici, solventi, ecc. Presentano una dilatazione termica per la quale subiscono un aumento di volume quando vengono riscaldati.

Altre caratteristiche sono: la fusione che è il passaggio dallo stato solido allo stato liquido per azione del calore; l'odore e la porosità entrambe dovute all'emanazione di particelle volatili contenute nel materiale; la conduttività termica cioè la trasmissione di calore; la conduttività elettrica cioè la trasmissione di corrente elettrica; la resistenza

alla corrosione cioè la capacità di resistere al deterioramento, che inizia dalla superficie per effetto di reazioni chimiche.

Qualsiasi corpo solido, sottoposto all'azione di forze esterne che tendono a deformato, reagisce opponendo una resistenza a seconda delle sollecitazioni. Fatta questa premessa le più importanti proprietà meccaniche, descritte in dettaglio in un prossimo paragrafo, dei materiali metallici sono: la resistenza alla **trazione**, alla **compressione**, alla **torsione** e al **taglio**, la **durezza**, la resistenza alla **fatica**.

Le proprietà tecnologiche dei materiali metallici sono: la fusibilità, la plasticità e la saldabilità. Si definiscono **fusibili** i metalli o le leghe quando hanno un punto di fusione facilmente raggiungibile, rimangono fluidi e scorrevoli e non hanno un'eccessiva contrazione durante la solidificazione.

Per quanto riguarda la **plasticità** assume diversa denominazione in base ai sistemi di lavorazione e cioè: malleabilità quando il materiale si può ridurre in lamine sottili, duttilità quando il materiale si può ridurre in fili, ed estrudibilità quando il materiale è spinto attraverso un foro sagomato per assumere determinate forme. La **saldabilità** si ha quando un pezzo si può unire con un altro mediante un processo di saldatura (elettrica, ossiacetilenica, ecc.).

Tra i pregi dei materiali metallici c'è la durezza, la tenacità e la resistenza alle sollecitazioni, perciò sono ottimi materiali da costruzioni; uno dei difetti dei metalli è che pesano molto ed è per questo motivo che si continuano gli studi per realizzare nuovi materiali che a parità di altre caratteristiche (resistenza alla trazione, compressione, ecc.) garantiscano una maggiore leggerezza.

I materiali plastici. Si chiamano così i materiali preparati artificialmente (sinteticamente) come il polivinilcloruro di vinile (PVC), il politetrafluoroetilene (PTFE), ecc. Questi materiali sono preparati partendo dai seguenti materiali: petrolio, gas naturale, carbone, calce, aria e acqua.

Le principali proprietà di quasi tutte le materie plastiche sono:

- piccola massa volumica, che in genere garantisce una certa leggerezza;
- facilità di lavorazione, formatura e colorazione;
- resistenza alla corrosione, agli acidi e alle basi;
- buona capacità d'isolamento elettrico e scadente conducibilità termica;
- notevole dilatazione termica e scarsa resistenza al calore.

I materiali di base delle materie plastiche sono generalmente formati da piccole molecole semplici chiamate monomeri. Mediante processi chimici, i monomeri si legano tra loro da tutti i lati, diventando dei polimeri, formando così delle molecole giganti dette macromolecole.

I materiali ceramici. Sono quei materiali, come la porcellana e la ceramica, ottenuti per cottura di caolino o argilla, con aggiunta di altre sostanze. La differenza tra l'argilla e il caolino è che il primo presenta delle impurità e il suo colore varia dal giallo al rossiccio, mentre il caolino è più puro ed è bianco.

Questi materiali si distinguono in base alla temperatura di cottura. In genere sono prodotti che hanno buone proprietà termiche ed elettriche e una buona stabilità dimensionale. La lavorazione dei prodotti ceramici è la stessa in tutti i casi. La materia prima è fatta macerare in acqua, dopo si passa alla compressione, alla modellazione, all'essiccazione e infine alla cottura. Il rivestimento dei prodotti ceramici è formato di solito da: vernici con o senza piombo, smalti, ecc.

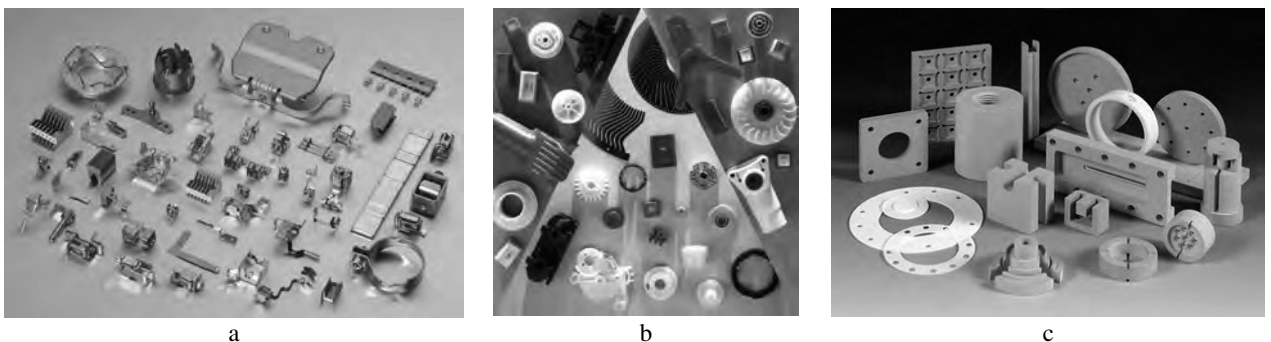


Fig. 3.7 - Esempi di applicazione dei materiali utilizzati per la realizzazione di componenti per le apparecchiature elettriche ed elettroniche: a) Metallici - b) Plastici - c) Ceramiche.

Per comprendere meglio le caratteristiche dei materiali utilizzati nella costruzione delle apparecchiature elettriche ed elettroniche può essere utile, in base alla loro funzione, suddividerle in:

- **materiali conduttori**, utilizzati per effettuare i collegamenti all'interno e all'esterno delle apparecchiature elettriche ed elettroniche; devono essere scelti in modo da condurre la corrente elettrica con la minima resistenza elettrica;
- **materiali isolanti**, contrariamente ai materiali conduttori questi devono isolare le parti di circuito a tensione diverse come per esempio nei cavi elettrici delle linee di alimentazione, negli avvolgimenti delle macchine elettriche, ecc.;
- **materiali semiconduttori**, aventi caratteristiche intermedie tra i due materiali precedentemente citati; vengono utilizzati per la costruzione dei dispositivi elettronici come diodi, transistor, circuiti integrati, ecc.;
- **materiali magnetici**, fondamentali per la costruzione delle macchine (motori elettrici, trasformatori, ecc.) e alcune apparecchiature elettriche (relè, contattori, ecc.); hanno il compito di consentire la creazione del campo magnetico necessario al funzionamento delle apparecchiature con il valore minimo di corrente magnetizzante;
- **materiali strutturali**, sono quei materiali con cui vengono realizzate le parti meccaniche delle macchine elettriche, si pensi per esempio, nei motori asincroni di bassa potenza, ai cuscinetti su cui ruota l'albero in acciaio oppure alla carcassa in alluminio pressofuso.

Per scegliere il materiale più adatto ad un determinato impiego è necessario conoscere le sue proprietà. Queste si distinguono in proprietà **fisiche**, **meccaniche**, **termiche**, **elettriche**, **magnetiche**, **chimiche** e **ambientali, tecnologiche**.

3.4 Proprietà fisiche

Le proprietà fisiche dei materiali ne caratterizzano il comportamento quando sono sottoposti ad azioni di tipo fisico come per esempio, forze, riscaldamento, raffreddamento, campi elettrici e campi magnetici. I materiali utilizzati nelle applicazioni elettriche ed elettroniche sono caratterizzati dalle seguenti proprietà fisiche.

Massa volumica. La massa di un m³ di alluminio è di 2700 kg. La massa di 1 m³ di ferro è di 7860 kg. A parità di volume il ferro ha dunque una massa maggiore dell'alluminio, cioè ha una maggiore massa volumica.

Si definisce pertanto massa volumica ρ (indicata con la lettera greca ρ , si legge ro) il rapporto fra la massa m di un corpo e il suo volume V , cioè la massa dell'unità di volume

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La massa volumica di un corpo metallico viene espressa nel SI in kg/m³. Il sottomultiplo più usato è il kg/dm³.

La massa volumica ha un valore diverso per ogni materiale, come è possibile osservare nella tab. 3.3.

Si definisce **densità relativa** ρ_r il rapporto fra la massa volumica di un corpo e quella dell'acqua distillata alla temperatura di 4 °C e alla pressione di 1 bar ($\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$)

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

Il **peso volumico** γ , chiamato anche **peso specifico**, è invece il rapporto tra il peso G e il volume V di un corpo e rappresenta il peso per unità di volume

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

Il valore di riferimento è costituito dal peso volumico dell'acqua distillata posta a 4 °C e alla pressione di 1 bar, che è uguale a 1. L'unità di misura del peso volumico è il N/m³, ma si usano anche unità di misura multiple o sottomultiple, come il N/dm³.

Il peso volumico risulta direttamente proporzionale alla massa volumica secondo quanto mostrato nella seguente relazione

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{g \cdot m}{V} = g \cdot \rho$$

dove il peso G è uguale alla massa m moltiplicata per l'accelerazione di gravità g , giova ricordare che mentre il peso di un corpo varia al variare dell'accelerazione di gravità, la massa non subisce alcuna variazione.

Anche il peso volumico ha un valore diverso per ogni materiale, come è possibile osservare nella tab. 3.3.

L'uso di materiali aventi un basso peso specifico risulta di particolare importanza al fine di ottenere costruzioni più leggere a parità di volume.

Materiale	Massa volumica kg/dm ³	Peso volumico N/dm ³	Materiale	Massa volumica kg/dm ³	Peso volumico N/dm ³
Materiali metallici					
Acciaio comune	7,87	77,2	Ghisa	7,3	71,6
Alluminio laminato	2,69	26,4	Oro	19,5	191,3
Argento	10,49	102,9	Ottone laminato	8,2	80,4
Ferro	7,87	77,2	Rame	8,96	87,9
Materiali plastici					
Arnite (PET)	1,38	13,5	Politetrafluoroetilene (PTFE)	2,18	21,4
Policarbonato (PC)	1,2	11,8	Polivinilcloruro (PVC)	1,4	13,7
Polistirolo espanso	0,02	0,19	Rilsan	1,04	10,2
Materiali ceramici					
Allumina	3,9	38,2	Porcellana	2,4	23,5
Carburo di silicio	3,2	31,4	Vetro	2,5	24,5

Tab. 3.3 - Esempi di valori della massa volumica e del peso volumico (peso specifico), calcolati con un'accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$, di alcuni materiali metallici, plastici e ceramici.

3.5 Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche riguardano la capacità dei materiali di resistere alle sollecitazioni dovute all'azione di forze applicate dall'esterno, che tendono a modificarne la forma e le dimensioni. Di particolare importanza è lo studio delle sollecitazioni alle quali vengono sottoposti i materiali usati nelle costruzioni, in modo che non si manifestino rotture, deformazioni permanenti o transitorie tali che ne possano pregiudicare il corretto utilizzo.

In particolare, le deformazioni che possono subire i corpi sottoposti a sollecitazioni meccaniche nelle varie direzioni possono essere di due tipi: elastiche e plastiche. La deformazione **elastica** si ha quando, al cessare dell'azione delle forze esterne che l'hanno provocata, il corpo riprende la forma e le dimensioni precedenti viceversa si è in presenza di una deformazione **plastica**, di tipo permanente.

Le forze applicate ai materiali possono essere di tipo diverso e i materiali hanno una differente capacità di resistere ai vari tipi di forze, come mostrato nella fig. 3.8. Le forze, infatti, possono variare per il tempo di applicazione, per il punto o la superficie di applicazione, per la direzione che hanno rispetto al corpo stesso, ecc.

Le forze applicate con gradualità e continuità nel tempo ($>1 \text{ min.}$) sono dette **statiche** (v. fig. 3.8a) La capacità dei materiali di resistere a forze statiche è detta *resistenza meccanica*. A seconda del modo in cui agiscono, le forze statiche si distinguono in forze di trazione, di compressione, di flessione, di torsione e di taglio.

Sono soggetti, per esempio, a sollecitazione di trazione i ganci e le funi delle macchine di sollevamento.

Oltre alle forze statiche vi sono anche le forze **dinamiche** (v. fig. 3.8b) che sono quelle applicate in tempi brevi (sotto forma di urto, per meno di $1/10$ di secondo). La resistenza dei materiali alle forze dinamiche è detta *resilienza*. Sono soggetti a questo tipo di forze, per esempio, i martelli o le mazze dei magli e le incudini.

Quando le forze hanno un carattere ripetitivo nel tempo (come per esempio nel caso delle forze che agiscono decine di volte al secondo), vengono definite forze **periodiche** (v. fig. 3.8c). La resistenza dei materiali alle forze periodiche è detta *resistenza a fatica*. Sono soggette a queste forze, per esempio, gli alberi a gomiti e le bielle.

La resistenza dei materiali a forze applicate in zone ristrette o puntiformi (forze **concentrate**) è detta *durezza*. Sono soggetti a queste forze, i materiali lavorati con asportazione di truciolo nelle lavorazioni di tornitura e fresatura (v. fig. 3.8d).

La resistenza dei materiali a forze applicate su contatti mobili e striscianti è detta *resistenza all'usura* (forze di **attrito**). Sono soggetti a queste forze gli organi meccanici di trasmissione come le ruote dentate, gli alberi e i cuscinetti, le guide di scorrimento, ecc., come mostrato nella fig. 3.8e.

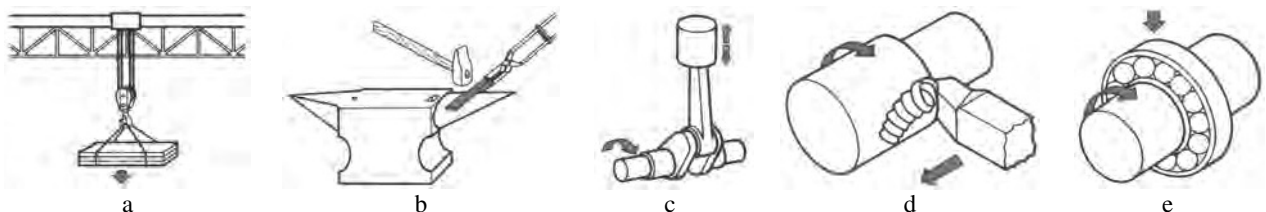


Fig. 3.8 - Esempi di forze: a) Statiche - b) Dinamiche - c) Periodiche - d) Concentrate - e) Attrito.

Si definisce **sollecitazione** quell'insieme di forze esterne (o carichi) agenti su di un corpo. I vari tipi di sollecitazione si distinguono in base alla direzione di applicazione delle forze rispetto all'asse geometrico del solido.

I principali tipi di sollecitazione sono: **trazione, compressione, torsione, flessione, taglio**.

Questi tipi di sollecitazioni sono chiamate sollecitazioni semplici; infatti, un solido può essere sottoposto a più di una sollecitazione semplice contemporaneamente. In questo caso si hanno sollecitazioni composte.

Per esempio, un albero di trasmissione è quasi sempre sottoposto a sollecitazioni di torsione e di flessione contemporaneamente.

Un corpo si dice che è sollecitato a **trazione** quando due forze di uguale intensità sono dirette lungo l'asse geometrico del corpo e tendono ad allungarlo (v. fig. 3.9a). È il caso, per esempio, delle funi metalliche o delle catene che sorreggono carichi sospesi (cabina di un ascensore).

Un corpo è invece sollecitato a **compressione** quando le forze, dirette lungo l'asse, tendono ad accorciarlo (v. fig. 3.9b). È di fatto la sollecitazione opposta a quella di trazione. È il caso, per esempio, dei basamenti delle macchine utensili, dei pilastri negli edifici, dei pezzi stretti in una morsa, ecc.

Un corpo è sollecitato a **flessione** quando la forza applicata tende a piegarlo o a fletterlo (v. fig. 3.9c).

La direzione della forza è perpendicolare all'asse del pezzo e giace nel piano passante per l'asse geometrico stesso. Questa sollecitazione è caratteristica, per esempio, delle travi, degli alberi, dei bracci di sostegno, ecc.

Per effetto della deformazione l'asse geometrico del corpo si dispone lungo una linea curva, le fibre poste verso la concavità si accorciano mentre quelle poste verso la convessità si allungano, ovvero metà trave sarà soggetta a compressione e metà a trazione; la fibra centrale rimarrà di lunghezza invariata.

Un corpo è sollecitato a **torsione** quando è sottoposto a una forza che tende a far ruotare una sezione del pezzo rispetto alla sezione immediatamente adiacente (v. fig. 3.9d).

Le forze giacciono sul piano perpendicolare all'asse del pezzo e tendono a torcerlo. È questa la sollecitazione cui sono sottoposti, per esempio, gli alberi di trasmissione di una macchina, le maniglie delle porte, ecc.

Un corpo è sollecitato a **taglio** per effetto di una forza applicata soltanto su una parte del corpo stesso, che tende, di conseguenza, a scorrere rispetto all'altra parte, mantenuta fissa da una forza contraria (v. fig. 3.9e).

La sollecitazione a taglio si ha nella chiodatura delle lamiere, nelle linguette per le pulegge, negli spinotti, ecc.

Il caso tipico di sollecitazione a taglio è quello di una lamiera sottoposta all'azione della cesoia.

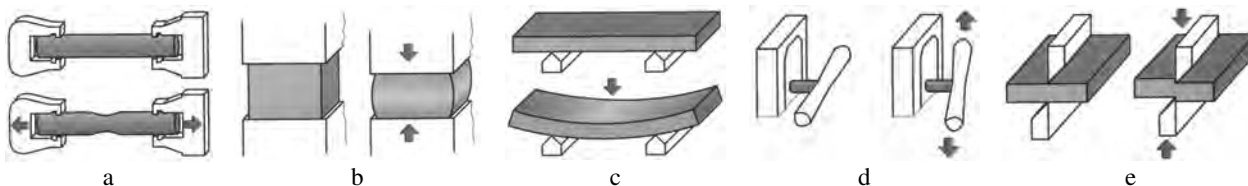


Fig. 3.9 - Sollecitazioni statiche semplici: a) Trazione - b) Compressione - c) Flessione - d) Torsione - e) Taglio.

3.5.1 Prove di trazione, compressione, flessione, torsione, taglio, durezza, resilienza

Ogni materiale presenta una diversa attitudine a resistere alle sollecitazioni provocate da forze esterne su se stesso. Queste attitudini vengono misurate mediante prove standardizzate e normalizzate che consentono di determinare le caratteristiche meccaniche di un dato materiale.

Le normative (UNI e ISO) forniscono i criteri per la misurazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali e, in particolare, forniscono le indicazioni per l'esecuzione delle seguenti prove:

- trazione;
- compressione;
- flessione;
- torsione;
- taglio;
- durezza;
- resilienza.

Prova di trazione. È la prova meccanica più nota ed eseguita. La prova di trazione consiste nel sollecitare il provino, di forma e dimensioni normalizzate, di materiale secondo la direzione dell'asse geometrico, tendendo ad allungarne le fibre (v. fig. 3.10b).

In pratica le due estremità del provino vengono fissate ad una macchina che, per trazione, allungherà il provino fino alla rottura (prova distruttiva).

Delle apposite apparecchiature di misura, determinano la forza di trazione e l'allungamento subito dal materiale testato. Nella fig. 3.10a viene mostrata una di queste apparecchiature mentre effettua la prova di trazione su di un tondo per cemento armato.

La costruzione di questo grafico consente di conoscere le caratteristiche di deformabilità ed elasticità del materiale in esame.

Il diagramma carico-allungamento, che si ricava dalla prova, può presentare una forma simile a quella della fig. 3.10c. Si possono distinguere tre tratti distinti.

1) Nel **primo tratto**, fino all'ordinata F_{le} , il materiale si comporta in modo elastico, una volta eliminata la forza la provetta riacquista le dimensioni iniziali (fase elastica). L'allungamento proporzionale alla forza di trazione si ha fino al cosiddetto limite d'elasticità R_e . In questo tratto è applicabile la legge di Hook:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

dove σ è la sollecitazione (forza) unitaria applicata, ε è la deformazione (allungamento) unitario, E [N/mm²] rappresenta il modulo di Young o modulo di elasticità longitudinale che è un coefficiente caratteristico di ogni materiale. Un alto valore di E corrisponde a un piccolo valore di allungamento e quindi a un materiale poco elastico e viceversa (v. tab. 3.4).

2) Nel **secondo tratto**, dall'ordinata F_{le} fino a F_{el} , la provetta perde l'elasticità e si ha lo *snervamento* ovvero lo sfaldamento del reticolo cristallino (fase **elasto-plastica**). Durante questa fase le deformazioni prodotte sono di tipo sia elastico che plastico; al cessare del carico si hanno piccole deformazioni permanenti dovute a quella parte di energia assorbita e dissipata sotto forma di calore che ha prodotto la deformazione plastica.

3) Nel **terzo tratto**, che va dall'ordinata F_{el} a F_u , la provetta dopo lo snervamento si allunga un altro poco e poi si rompe in corrispondenza dell'ordinata F_u (fase **plastica**). In questo tratto, dall'ordinata F_m fino a F_u , si ha il cosiddetto fenomeno della *strizione*, ossia un allungamento di tipo locale proporzionale alla duttilità del materiale (v. fig. 3.10b).

L'ordinata F_m rappresenta il valore massimo della forza che il materiale è in grado di sopportare.

Noto il valore del carico massimo F_m è possibile determinare il carico massimo R_m [N/mm²] mediante la seguente relazione, dove S_0 rappresenta la sezione iniziale del provino

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Il carico unitario massimo R_m rappresenta la più importante caratteristica meccanica rilevabile con la prova di trazione. Nel diagramma mostrato nella fig. 3.10d sono rappresentati i diagrammi di vari materiali, sottoposti alla prova di trazione. Si noti che nel caso della ghisa, del rame e dell'acciaio bonificato (materiali fragili) non compare la fase di snervamento.

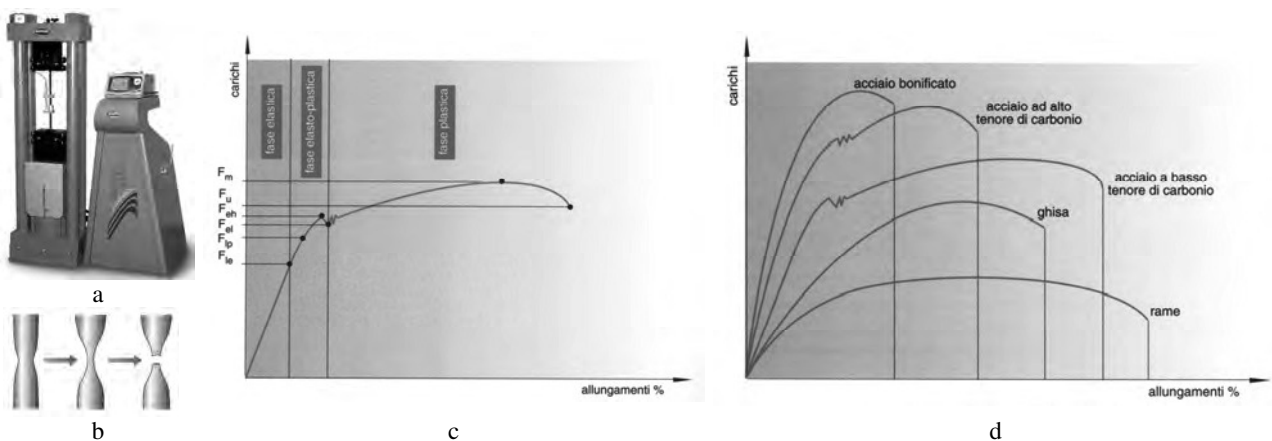


Fig. 3.10 - a) Esempio di banco di prova computerizzato per la prova di trazione e compressione - b) Fase di strizione durante la prova di trazione - c) Diagramma della prova di trazione di un acciaio dolce (a basso tenore di carbonio), cioè un metallo duttile - d) Esempi di diagrammi della prova di trazione per diversi materiali.

Nella tab. 3.4 riportata di seguito vengono indicati alcuni valori del modulo di elasticità longitudinale e del carico unitario di rottura per alcuni materiali metallici.

Prova di compressione. In pratica è la prova inversa della trazione e consiste nel comprimere il provino, anche in questo caso di forma e dimensioni normalizzate, in senso assiale aumentando gradatamente la forza applicata (v. fig. 3.9b).

Con questa prova si misura la capacità di un materiale a resistere a sforzi che provocano l'accorciamento delle fibre. Per qualche materiale come la ghisa e il cemento, la resistenza unitaria a compressione risulta sensibilmente superiore a quella a trazione.

Le formule utilizzate per la prova di trazione si applicano in modo analogo ai corpi soggetti a compressione.

Materiale	Modulo di elasticità longitudinale alla trazione E [N/mm ²]	Carico di rottura alla trazione R_m [N/mm ²]
Ferro	190000	360
Acciaio	220000	500
Acciaio inox	196000	515
Alluminio laminato	70000	220
Bronzo	113000	350
Ghisa	120000	125
Ottone laminato	100000	210
Oro	76000	450
Rame elettrolitico	122000	200
Stagno	40000	35

Tab. 3.4 - Valori del modulo di elasticità alla trazione E e carico di rottura alla trazione R_m di alcuni metalli.

Prova di flessione. Per questa prova si utilizza un provino a sezione rettangolare posto su due appoggi (v. fig. 3.9c). La forza si applica nella parte centrale del provino. Lentamente all'aumentare della forza applicata il provino si incurva.

Le fibre poste superiormente subiranno una compressione; viceversa quelle inferiori tenderanno ad allungarsi. Esiste uno strato, detto neutro, in cui le fibre non subiscono deformazioni essendo la risultante delle forze di compressione uguale alla risultante delle forze di trazione.

Si definisce modulo di resistenza alla flessione W il rapporto

$$W = \frac{J}{d}$$

dove J è il momento d'inerzia della sezione rispetto all'asse neutro, il suo valore dipende dalle dimensioni e dalla sezione del provino nonché dalla forma della stessa.

Questa prova viene effettuata per determinare le proprietà elastiche e la deformabilità di un materiale soggetto ad un momento flettente.

Prova di torsione. Questa prova serve a rilevare le caratteristiche di resistenza, deformabilità ed elasticità di un materiale sottoposto all'azione di un momento torcente (v. fig. 3.9d).

Il valore della sollecitazione massima unitaria τ è dato dal rapporto tra il momento torcente M e il modulo di resistenza polare W_p

$$\tau = \frac{M}{W_p}$$

Il valore del modulo di resistenza polare W_p dipende dalle dimensioni e dalla sezione della provetta nonché dalla forma della stessa.

Prova di taglio. Si ha uno sforzo di taglio quando la forza agisce perpendicolarmente all'asse del corpo, così da provocare lo scorrimento di una sezione rispetto alla sezione adiacente (v. fig. 3.9e). La resistenza a taglio τ è definita come il rapporto tra la forza minima F che provoca il taglio e la sezione S sottoposta a taglio

$$\tau = \frac{F}{S}$$

La resistenza al taglio consente una valutazione quantitativa dello sforzo minimo necessario per tranciare l'unità di sezione di un determinato materiale.

Prova di durezza. Con il termine durezza si intende la resistenza superficiale che un determinato materiale oppone alla penetrazione di un corpo più duro (penetratore) premuto con forza stabilita e per un tempo prefissato.

I metodi per la determinazione della durezza sono molti e differiscono principalmente per la forma del penetratore; tra i più noti e utilizzati vi sono i seguenti metodi.

Metodo **Brinell** (v. fig. 3.11a) che consiste nello schiacciare una sfera, di diametro D , mediante un peso, facendola penetrare nel materiale in esame. La durezza è data dal rapporto tra il peso applicato F e la superficie della zona sferica interessata di diametro d e profondità h .

Metodo **Vickers** (v. fig. 3.11b) che consiste nel far penetrare nel pezzo da provare una minuscola piramide di diamante a base quadrata sotto un carico F . La durezza Vickers è espressa dal rapporto tra carico applicato F e la superficie (di forma quadrata e diagonale d) dell'impronta in kg/mm². Il metodo Vickers presenta, sul metodo Brinell, il vantaggio di fornire cifre di durezza poco influenzate dal valore del carico.

Nel metodo **Rockwell** (v. fig. 3.11c) si fa penetrare sulla superficie del pezzo da provare, un penetratore normalizzato a forma di cono o di sfera, il quale viene fatto penetrare nel pezzo in due tempi, con due diversi valori di carico. La durezza del materiale si determina misurando l'incremento di profondità tra l'impronta iniziale e quella finale.

Normalmente il penetratore a cono è usato per prove su acciai molto duri, temprati o cementati; il penetratore a sfera su acciai ricotti e su lamiere di acciaio, con uno spessore maggiore di 0,5 mm.

Esistono, oltre alle prove statiche citate precedentemente, anche prove dinamiche di durezza come il metodo di **Shore** (v. fig. 3.11d) nel quale il carico applicato viene liberato da una certa altezza HS , urta e rimbalza sulla superficie del materiale in prova. La deformazione elastica viene restituita completamente e il carico torna indietro, minore è il rimbalzo minore è la durezza, maggiore è il rimbalzo più duro è il corpo.

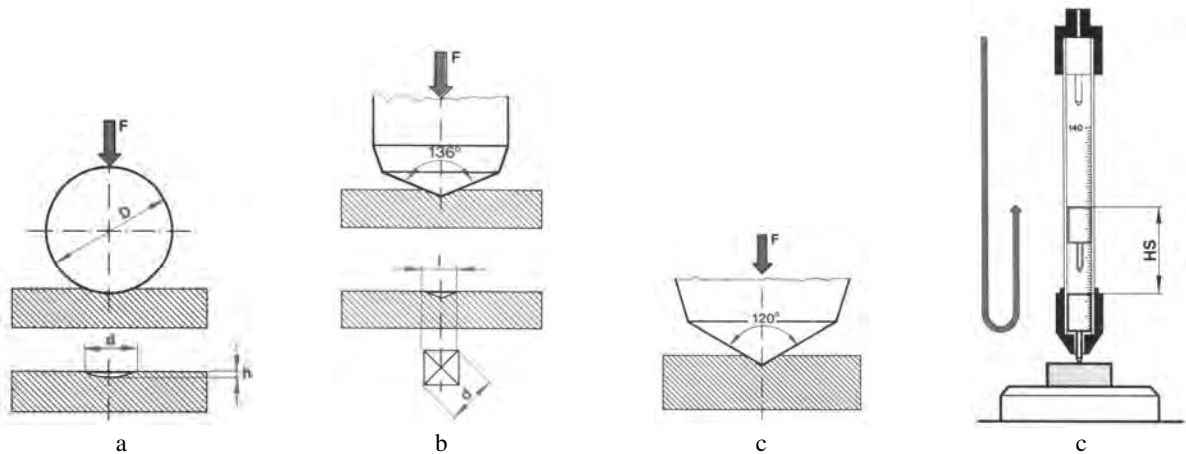


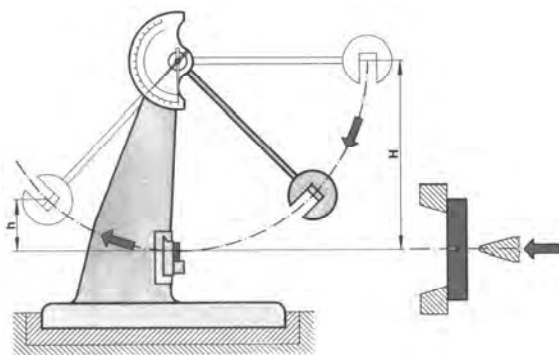
Fig. 3.11 - Prove di durezza: a) Metodo Brinell - b) Metodo Vickers - c) Metodo Rockwell - d) Prova di durezza Shore.

Prova di resilienza. La resilienza è la resistenza che un materiale è in grado di opporre a sollecitazioni dinamiche applicate in tempi brevissimi come urti, strappi, colpi, ecc. La resilienza è l'inverso della fragilità, cioè quanto più grande è la resilienza tanto è minore la fragilità e viceversa.

Il grado di resilienza di un materiale fornisce importanti indicazioni sulle caratteristiche del materiale:

- orienta sulla scelta dei materiali destinati a subire urti (incudini, trance, mazze, ecc.);
- condiziona i parametri dei trattamenti termici (temperatura, tempi e velocità di raffreddamento);
- precisa lo stato di un materiale sottoposto a lavorazione plastica (fragilità in seguito a incrudimento).

Per gli acciai la prova di resilienza viene effettuata con una macchina detta pendolo di Charpy che è una mazza a caduta libera, come mostrato nella fig. 3.12.



Il pendolo di Charpy consiste in una pesante mazza che scende per gravità dall'alto, incontra sulla sua traiettoria pendolare un provino unificato, lo rompe e continua la sua corsa oltre il provino risalendo fino a una certa quota. La macchina è tarata per dare immediatamente su un quadrante il valore dell'energia assorbita dal provino.

Oltre al provino, anche gli appoggi della macchina e la testa della mazza che colpisce il provino devono possedere forma e dimensioni unificate per garantire alla prova valori attendibili, confrontabili e ripetitivi. La mazza viene lasciata cadere da un'altezza H tale da provocare la rottura del provino avente un taglio nella parte centrale. Detta h l'altezza di risalita della mazza e P il peso della stessa, è possibile ricavare il lavoro L di rottura e quindi l'energia necessaria per rompere il provino:

$$L = P (H - h)$$

Il rapporto tra il lavoro di rottura L e l'area della sezione S del provino in corrispondenza del taglio determina l'indice di resilienza K del materiale:

$$K = \frac{L}{S}$$

Fig. 3.12 - La macchina per eseguire la prova di resilienza è nota con il nome di pendolo di Charpy.

Il valore della resilienza dipende, oltre che dal tipo di materiale, dal valore della temperatura e dalla presenza di intagli sul pezzo.

Al diminuire della temperatura la resilienza diminuisce, ossia il materiale diventa più fragile; lo stesso succede se il pezzo presenta fessure, intagli, cricche che ne diminuiscono la resistenza meccanica.

La conoscenza del valore della resilienza è di particolare importanza nelle macchine e apparecchiature elettriche ed elettroniche soggette a vibrazioni o urti.

I materiali con buona resilienza sono tenaci, cioè hanno buon allungamento sotto trazione e buona resistenza allo sforzo di trazione.

I materiali con scarsa resilienza, detti fragili, sono di solito più duri e hanno scarso allungamento. Sono fragili quei materiali che non possono assorbire gli urti senza rompersi. Le ghise, per esempio, sono generalmente fragili, cioè hanno scarsa resilienza.

3.6 Trattamenti termici e proprietà tecnologiche

Se si vuole aumentare la durezza di un acciaio, è sufficiente scaldarlo a temperatura elevata e poi raffreddarlo velocemente in acqua. Lo stesso acciaio, se raffreddato molto lentamente, diviene invece **dolce** e lavorabile per deformazione plastica. L'operazione di riscaldamento e successivo raffreddamento, per modificare le proprietà di una lega metallica, costituisce il trattamento termico.

La modifica delle proprietà delle leghe metalliche è dovuta all'azione del calore, che cambia la struttura interna dei cristalli della lega. Ad ogni cambiamento di struttura corrispondono differenti proprietà meccaniche.

Il trattamento termico è dunque un'operazione che, modificando la struttura della lega trattata, ha lo scopo di ottenere quel complesso di proprietà che sarebbe difficile o costoso, o addirittura impossibile, ottenere con metodi chimici.

Il trattamento termico può essere generale se riguarda tutto il pezzo oppure locale se viene effettuato solo su una o alcune parti del pezzo stesso. Questi trattamenti possono essere preliminari se eseguiti su pezzi grezzi o semilavorati, allo scopo di eliminare le tensioni interne, cioè le sollecitazioni interne al materiale dovute a trattamenti e lavorazioni precedenti oppure finali se eseguiti sui prodotti finiti al fine di conferire le caratteristiche meccaniche finali.

Le proprietà delle leghe modificabili con i trattamenti termici sono: durezza, resistenza a trazione, tenacità, lavorabilità all'utensile, malleabilità.

Di seguito vengono riportati i principali **trattamenti termici** maggiormente utilizzati per i materiali ferrosi (acciaio e ghisa) e in alcuni casi anche per altri metalli come il rame, l'alluminio e le loro leghe.

Tempra. Consiste nel riscaldare il pezzo a una temperatura (per l'acciaio $850\div 1100$ °C), detta temperatura di tempra, e quindi nel raffreddarlo rapidamente per immersione in un fluido. Aumenta la resistenza alla trazione, aumenta la durezza, diminuisce l'allungamento percentuale, diminuisce la resilienza.

Si ricorre a trattamenti di tempra superficiale, per pezzi per i quali è richiesta una elevata durezza negli strati superficiali, conservando però tenacità interna.

Rinvenimento. Consiste nello scaldare il pezzo a una temperatura inferiore a quella di tempra. Il raffreddamento potrà essere più o meno lento. Si applica solo agli acciai già temprati, al fine di attenuare gli effetti della tempra stessa e le tensioni interne generate. Diminuisce la resistenza alla trazione, diminuisce la durezza, aumenta la resilienza e la resistenza a fatica, aumenta l'allungamento percentuale.

Bonifica. Consiste nel trattamento di tempra seguito dal trattamento di rinvenimento. Aumenta la resistenza, aumenta la durezza, si mantiene una buona resilienza. La bonifica viene utilizzata anche per i trattamenti delle leghe leggere come quelle a base di alluminio.

Ricottura. Questo trattamento termico, che viene impiegato su un grande numero di metalli, consiste nel riscaldare il pezzo a una temperatura di poco superiore alla temperatura di tempra e nel lasciarlo raffreddare lentamente, eventualmente interrotto da una fase di permanenza a temperatura inferiore.

Diminuisce la resistenza alla trazione, la durezza, aumenta l'allungamento percentuale, la resilienza, la lavorabilità alle macchine utensili. La ricottura sopprime gli effetti della tempra, l'incrudimento e le tensioni interne.

Nel settore elettrico questo trattamento viene impiegato con il rame e l'alluminio ricotti al fine di ottenere, rispetto ai corrispondenti metalli crudi, migliori caratteristiche di piegabilità, malleabilità e duttilità anche se risultano avere una minore resistenza alla trazione.

Normalizzazione. Consiste nel riscaldare il pezzo a una temperatura un po' più elevata di quella di tempra e nel raffreddarlo poi in aria. Questo trattamento rende omogenea la struttura dell'acciaio ed elimina le tensioni interne. Aumenta la resilienza e leggermente la durezza per gli acciai ad alto tenore di carbonio.

Cementazione. Consiste nel riscaldare il pezzo a contatto con elementi ricchi di carbonio, a una temperatura di circa 900 °C. Si applica agli acciai dolci. Lo strato esterno dei pezzi, poiché è lo strato trasformato in acciaio duro per uno spessore di circa 1 mm, può essere temprato e acquistare così una grande durezza. L'interno, che resta in acciaio dolce, presenta grande resilienza.

Nitrurazione. Consiste nel riscaldare il pezzo a una temperatura di circa 500 °C, esponendolo a una corrente di un prodotto azotato (ammoniaca) e mantenendo il trattamento per un tempo molto lungo. Si applica agli acciai legati con alluminio, nickel, molibdeno, ecc. Aumenta notevolmente la durezza e diminuisce la resilienza, limitatamente allo strato nitrurato (qualche decimo di mm).

Cianurazione. Consiste nel riscaldare il pezzo a una temperatura di circa 800 °C immergendolo o cospargendolo di cianuro di potassio. Si mantiene nel bagno liquido per circa 10÷15 min. e quindi si raffredda rapidamente. Si applica agli acciai a basso tenore di carbonio. Aumenta la durezza nella pellicola superficiale (qualche centesimo di mm) del materiale.

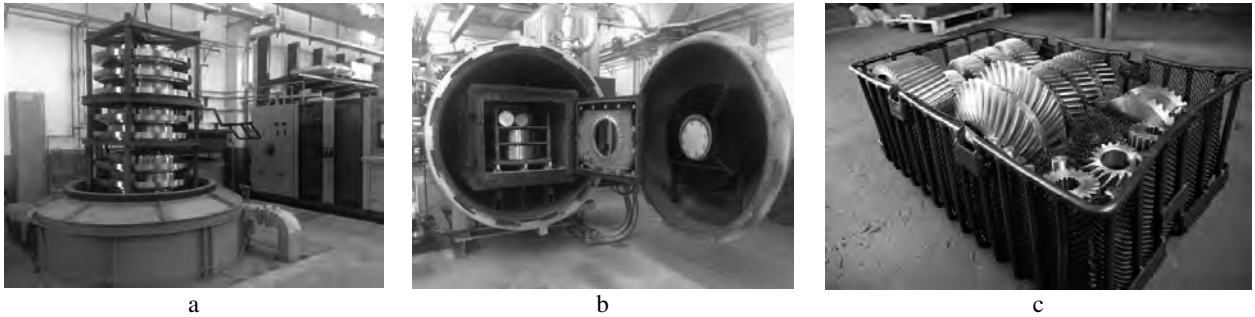


Fig. 3.13 - a) - b) Forno per trattamento termico sottovuoto - c) Pezzi meccanici trattati termicamente.

Le **proprietà tecnologiche** riguardano l'attitudine dei materiali a subire diversi tipi di lavorazioni meccaniche.

Le proprietà tecnologiche dei materiali vengono controllate e misurate con prove specifiche, non sempre unificate, utilizzando campioni o provini dei materiali in esame.

Le più importanti proprietà tecnologiche sono: la malleabilità, la duttilità e trafilabilità, l'imbutibilità, la piegabilità, l'estrudibilità, la fusibilità e colabilità, la saldabilità, la truciolabilità, la temprabilità.

Malleabilità. È sinonimo di plasticità ed è attitudine di un materiale a essere trasformato, a caldo o a freddo, in lamine, senza screpolarsi o rompersi, mediante l'azione di presse, magli o laminatoi (v. fig. 3.14a e fig. 3.14b). I materiali malleabili devono avere alto allungamento, bassa durezza e bassa resistenza a trazione.

Per aumentare la malleabilità si scalda il pezzo fino alla temperatura più opportuna (temperatura di fucinabilità).

La malleabilità è particolarmente significativa nelle operazioni di laminazione, per costruire lamiere e profilati di varie forme. La laminazione consiste nel far passare il materiale attraverso due cilindri, ruotanti in senso opposto, che danno al materiale stesso la forma e lo spessore voluto (v. fig. 3.14a). In questo caso la malleabilità può dirsi anche laminabilità.

La malleabilità è sfruttata anche nelle operazioni di fucinatura, che consiste nel riscaldare il pezzo sino a una data temperatura e nel batterlo con martelli o con magli o comprimerlo con presse fino a dargli la forma voluta (v. fig. 3.14b). È per questa proprietà che le lamiere possono essere sottoposte a piegature e a stampaggio, sia al maglio sia alla pressa. In questo caso la malleabilità prende il nome di fucinabilità o di stampabilità a caldo.

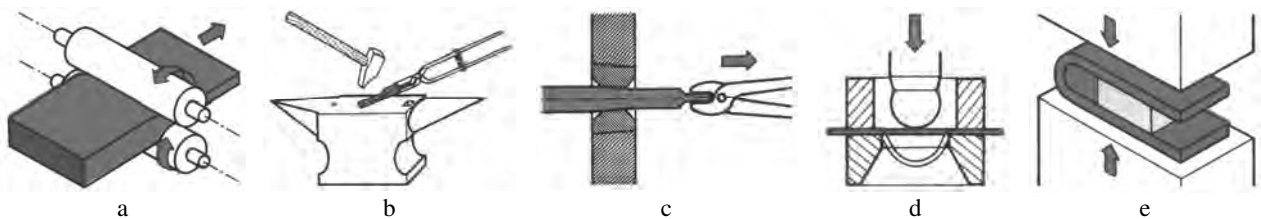


Fig. 3.14 - Proprietà tecnologiche: a) - b) Malleabilità - c) Duttilità e trafilabilità - d) Imbutibilità - e) Piegabilità.

Duttilità e trafilabilità. È l'attitudine di un materiale a essere trasformato in fili senza rompersi quando siano tirati e costretti a passare attraverso un foro di dimensioni e profilo opportuni (v. fig. 3.14c). I materiali più duttili sono i più tenaci (cioè quelli che hanno elevato allungamento e resistenza a trazione), ma sono i meno duri.

Sono duttili: l'acciaio dolce, l'argento, l'oro, l'alluminio, il rame. Non è duttile la ghisa.

La duttilità è particolarmente significativa nell'operazione di trafilatura, mediante la quale si producono fili o profilati di qualsiasi forma. L'operazione di trafilatura viene eseguita anche su acciai speciali, per esempio su quelli in lega con nickel-cromo, cromo, magnesio, ecc.

Imbutibilità. È l'attitudine che hanno le lamiere di alcuni materiali a essere formate a freddo per ottenere corpi cavi, senza rompersi o screpolarsi (v. fig. 3.14d). I materiali imbutibili devono essere particolarmente puri, avere grande allungamento ed essere malleabili. Sono bene imbutibili gli acciai dolcissimi, il rame, l'ottone e l'alluminio.

Questa proprietà viene sfruttata nelle operazioni di imbutitura, per la costruzione di pentolame, mobili metallici, carrozzerie di automobili, elettrodomestici, ecc., ottenuti mediante stampaggio a freddo di lamiere metalliche.

Piegabilità. È l'attitudine di alcuni materiali a subire operazioni di piegatura senza screpolarsi o rompersi (v. fig. 3.14e). I materiali per essere sottoposti a piegatura devono avere buona malleabilità, grande resilienza, buon allungamento e grande purezza. Sono piegabili gli acciai dolci a bassa percentuale di carbonio e le leghe leggere.

La piegabilità è una proprietà imposta dalle norme di collaudo dei tondi di acciaio per cemento armato e inoltre dalle norme di collaudo delle lamiere usate nella costruzione delle caldaie o recipienti destinati a contenere sostanze a una pressione superiore a quella atmosferica. Nella pratica industriale si ricorre a piegatura anche nella costruzione di profilati metallici in genere, angolari, scaffalature metalliche, grondaie, ecc.

Estrudibilità. È l'attitudine di un materiale ad assumere una determinata forma quando viene spinto attraverso un foro sagomato (v. fig. 3.15a). Sono ben estraibili le leghe leggere e gli acciai dolci. Questa proprietà viene sfruttata nell'operazione di estrusione, per la costruzione di profilati metallici.

Fusibilità e colabilità. La fusibilità è l'attitudine di un materiale a essere trasformato in prodotto finito (getto) mediante fusione (v. fig. 3.15b). La colabilità è la proprietà dei metalli liquidi di riempire una forma ricopiandone l'impronta. Il pezzo colato non deve presentare zone mancanti, per questo il materiale deve essere scorrevole e deve mantenersi liquido fino al completo riempimento della forma.

Sono colabili e fusibili: le ghise, i bronzi, gli ottoni e le leghe leggere. Non sono colabili: il ferro e gli acciai, perché rimangono pastosi e vischiosi alle temperature di fusione.

Queste proprietà vengono sfruttate in fonderia, dove si ottengono per fusione o colata pezzi anche molto grandi di forma complessa, difficilmente ottenibili in altro modo, per esempio, termosifoni, statue, blocchi motore, ecc.

Saldabilità. È l'attitudine di un pezzo di un determinato materiale a unirsi con un altro pezzo di uguale o diverso materiale, mediante fusione (v. fig. 3.15c). Un materiale è ben saldabile se presenta alle temperature vicine a quelle di fusione un intervallo plastico o pastoso. Il passaggio da solido a liquido non deve cioè essere improvviso, ma avvenire gradatamente. Sono saldabili: il ferro, gli acciai dolci e le leghe metalliche in genere. Non sono ben saldabili ghise, bronzi, ecc. Si noti che i materiali ben saldabili non sono ben colabili e viceversa. Questa proprietà è sfruttata nell'operazione di saldatura.

Truciolabilità. È l'attitudine di un materiale a subire lavorazioni con asportazione di truciolo mediante apposito utensile da taglio (utensile da tornio, fresa, punta da trapano, ecc.) (v. fig. 3.15d). Sono truciolabili: le ghise grigie, gli acciai (in particolare quelli al piombo), i bronzi e le leghe leggere. Non sono ben truciolabili: le ghise bianche e gli acciai temperati, perché durissimi. Questa proprietà è sfruttata in tutte le lavorazioni con asportazione di truciolo quali la tornitura, la trapanatura, la filettatura, la fresatura, la brocciatura, ecc.

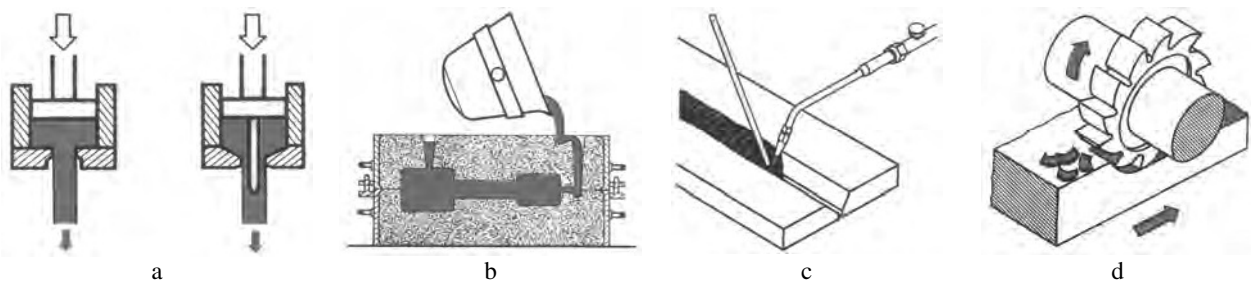


Fig. 3.15 - Proprietà tecnologiche: a) Estrudibilità - b) Fusibilità e colabilità - c) Saldabilità - d) Truciolabilità.

Temprabilità. È l'attitudine delle leghe metalliche a subire trasformazioni della struttura cristallina a seguito di riscaldamenti seguiti da raffreddamenti. Il cambiamento di struttura comporta variazioni sensibili delle proprietà meccaniche e tecnologiche dei materiali.

La temprabilità è una proprietà caratteristica soprattutto degli acciai ed è sfruttata nei trattamenti termici volti a ottenere certe caratteristiche meccaniche. Per esempio, sottoponendo un acciaio al trattamento termico di tempra si aumenta notevolmente la sua durezza.

3.7 Proprietà termiche

Di particolare importanza per la scelta dei materiali per le costruzioni delle apparecchiature elettriche ed elettroniche nonché delle macchine elettriche sono le **proprietà termiche** dei materiali stessi.

I materiali si comportano in modo diverso quando viene somministrato e sottratto del calore, è infatti il calore una delle principali sollecitazioni a cui sono sottoposte le apparecchiature elettriche ed elettroniche (in particolare gli isolanti e i componenti elettronici) e il suo smaltimento diventa molto importante nella loro progettazione e installazione.

Temperatura di fusione. Se viene riscaldato un pezzo di ferro fino alla temperatura di 1535 °C il ferro fonde, cioè passa dallo stato solido a quello liquido. Il piombo fonde, invece, a 327 °C, cioè a una temperatura inferiore a quella del ferro. La temperatura di fusione è la temperatura alla quale un materiale comincia a passare dallo stato solido a quello liquido e viceversa ed è normalmente riferita alla pressione atmosferica; tale temperatura rimane costante fino a quando tutto il materiale non si è fuso.

La temperatura di fusione è tanto più alta quanto più forti sono le forze di legame, inoltre, aumenta con la pressione per quei materiali che aumentano di volume se riscaldati, mentre si verifica il fenomeno inverso per quei materiali che diminuiscono il loro volume se riscaldati.

I metalli puri hanno una temperatura di fusione e definita, mentre la temperatura di fusione delle leghe varia secondo la loro composizione. La fusione non riguarda tutti i materiali, per esempio, il legno, se riscaldato, si carbonizza, altri come il vetro e le materie plastiche passano dallo stato solido a quello liquido in un intervallo di temperatura entro il quale rammolliscono sempre di più fino alla fusione.

La temperatura di fusione è caratteristica di ogni materiale ed è anche chiamata **punto di fusione**.

La temperatura di fusione condiziona la scelta dei materiali per certe applicazioni, si pensi per esempio ai materiali refrattari, ad elevato punto di fusione, utilizzati per la costruzione di forni oppure ai materiali, a basso punto di fusione, usati per la costruzione di fusibili. Nella tab. 3.5 sono riportati i punti di fusione di alcuni materiali.

Dilatazione termica. È noto che tutti i materiali metallici, quando vengono riscaldati, subiscono una dilatazione. Se prendiamo due barre, una di acciaio e una di piombo, di uguale lunghezza alla temperatura di 20 °C, avranno lunghezze differenti alla temperatura di 100 °C.

Ciò è dovuto al fatto che la dilatazione è diversa per ogni materiale.

In generale se si considera rispettivamente un filo o una barra, una lamiera, un oggetto come un cubo, se riscaldati contemporaneamente il filo o la sbarra si allungheranno, la lamiera si allunga e si allarga e infine il cubo aumenterà lunghezza, larghezza e spessore. A seconda dei casi si parla rispettivamente di dilatazione lineare, superficiale e cubica o volumetrica.

Il coefficiente di dilatazione lineare termico α [°C⁻¹ oppure K⁻¹] esprime l'aumento di lunghezza Δl che subisce il materiale di lunghezza iniziale l_0 per effetto di una variazione di temperatura ΔT

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$$

Dalla formula si ricava che il coefficiente di dilatazione lineare α rappresenta l'aumento di lunghezza di un pezzo di lunghezza unitaria quando la sua temperatura aumenta di 1 °C.

Per esempio, una barra di alluminio ($\alpha = 24 \cdot 10^{-6}$) lunga $l_0 = 1$ m si dilata mediamente di $\Delta l = 24 \mu\text{m}$ (0,000024 m) all'aumentare di $\Delta T = 1$ °C della sua temperatura, come è possibile ricavare dalla seguente formula

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$$

Della dilatazione termica occorre tenere presente, per esempio, quando si montano organi meccanici in quanto, negli accoppiamenti forzati di due pezzi di diverso materiale, la dilatazione termica può far nascere forze che compromettono la struttura stessa dell'accoppiamento oppure nel caso dei tronconi di rotaie che non vengono collocati a diretto contatto tra loro a causa dell'allungamento estivo quando si hanno temperature più elevate.

La dilatazione termica viene invece sfruttata, come principio di funzionamento, per la costruzione di apparecchiature elettriche come i relè termici per la protezione dei motori asincroni trifase e degli interruttori automatici magnetotermici. Nella tab. 3.5 sono riportati alcuni coefficienti di dilatazione lineare α di alcuni materiali.

Calore specifico. Per portare da 0 °C a 100 °C la temperatura di 1 kg di alluminio, è necessario fornire all'alluminio una quantità di calore pari a circa 90000 J. Per portare da 0 °C a 100 °C la temperatura di 1 kg di acciaio è necessario fornire una quantità di calore pari a circa 45000 J.

Si può dire dunque che, a parità di massa, l'alluminio richiede una quantità di calore maggiore di quanto richieda l'acciaio per ottenere uno stesso aumento di temperatura. Da ciò si può dedurre che l'alluminio, come altri mate-

riali per esempio le materie plastiche, ha un calore specifico (più esattamente, una quantità termica massica) maggiore dell'acciaio. Questo significa che assorbe più calore durante il riscaldamento o in altre parole contiene più energia termica a parità di massa e di salto termico.

Il calore specifico dunque è la quantità di calore che occorre fornire all'unità di massa di una certa sostanza per elevarne la temperatura di 1 °C.

Per conoscere il calore specifico c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$] di un materiale, si divide il calore ceduto Q , espresso in joule [J], per la differenza tra la temperatura finale T_2 e quella iniziale T_1 , moltiplicata per la massa m del materiale (espressa in kg)

$$c = \frac{Q}{m \cdot (T_2 - T_1)}$$

Il calore specifico ha un valore diverso per ogni materiale, come risulta dalla tab. 3.5. Poiché per uno stesso materiale il calore specifico varia a seconda dell'intervallo di temperatura considerato, in pratica ci si riferisce al calore specifico medio nell'intervallo di temperatura da 0 °C a 100 °C.

Viene definita **capacità termica** [$\text{J}/^\circ\text{C}$] il calore necessario per aumentare di 1 °C la temperatura di un corpo di massa m .

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

La capacità termica C dipendendo dalla massa del corpo non è una caratteristica del materiale ed equivale al calore immagazzinato per unità di salto termico ΔT .

Conducibilità termica. Il calore passa da un corpo all'altro sotto l'azione di una differenza di temperatura in tre modi diversi: **conduzione, convezione, irraggiamento**. Si parla di conduzione quando la propagazione del calore avviene attraverso i solidi, di convezione quando la propagazione avviene per mezzo di un fluido (aria, acqua, ecc.) e infine di irraggiamento quando la propagazione avviene, per esempio, attraverso lo spazio vuoto.

Nei solidi la conduzione termica può essere dovuta alle vibrazioni degli atomi costituenti il reticolo cristallino termicamente eccitato, come nel caso dei materiali con legame di tipo ionico o covalente, oppure al moto degli elettroni, come avviene generalmente nei metalli. I solidi non metallici, nei quali la conduzione non può avvenire che per vibrazioni elastiche degli atomi e delle molecole, sono cattivi conduttori di calore.

La conducibilità termica è la proprietà che ha un corpo di trasmettere calore. Il corpo più caldo cede calore al corpo più freddo.

Materiale	Temperatura di fusione T [$^\circ\text{C}$]	Coefficiente di dilatazione lineare termica α [$\times 10^6 \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$]	Calore specifico c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$]	Coefficiente di conducibilità termica λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$]
Metalli e leghe metalliche				
Acciaio	1300÷1400	12	500	66
Alluminio	640	24	900	220
Argento	960	20	230	418
Bronzo	960	18	370	52
Ferro	1550	11	465	79
Ghisa	1170	10	544	51
Nickel	1453	13	440	89
Oro	1063	14	130	300
Piombo	330	29	128	35
Platino	1769	9	136	70
Rame	1083	17	383	390
Stagno	232	23	226	65
Tungsteno	3410	4	142	162
Zinco	419	17	385	112
Materie plastiche				
Poliammidi (Nylon)	---	120	2300	0,27
Polietilene	---	200	2300	0,45
Polipropilene	---	150	1840	0,15
Politetrafluoroetilene (PTFE)	---	14	1300	0,40
Polivinilcloruro (PVC)	---	70	1000	0,16
Fluidi				
		Coefficiente di dilatazione cubica		
Acqua	---	210	4180	---
Alcol	---	1120	2470	---
Aria	---	3600	1000	---
Olio	---	700	1900	---

Tab. 3.5 - Proprietà termiche di alcuni materiali.

I metalli hanno una conducibilità termica molto alta, cioè conducono il calore molto velocemente; questo è dovuto alla presenza di elettroni liberi.

Se si riscaldano le estremità di due barre di metallo diverso alla stessa temperatura, si può notare all'altra estremità dopo breve tempo, due temperature diverse. Ciò è dovuto al fatto che i due materiali hanno una diversa capacità di condurre il calore.

Sono buoni conduttori di calore il rame, l'alluminio, l'argento, l'oro e i metalli in genere. Sono cattivi conduttori di calore il polistirolo espanso, la lana di vetro, il legno, la porcellana, e in generale le materie plastiche e i non metalli.

Negli impianti termici, per esempio, assumono notevole importanza i materiali cattivi conduttori di calore, detti anche isolanti, che servono a impedire la dispersione del calore e quindi a risparmiare energia.

Viceversa l'uso di buoni conduttori può favorire la dissipazione termica nelle macchine elettriche, nei quadri elettrici e più in generale sulle apparecchiature elettriche ed elettroniche.

La quantità di calore Q che si trasmette attraverso un corpo, durante il tempo t , è proporzionale, secondo il coefficiente di conducibilità λ , alla differenza di temperatura $(T_2 - T_1)$ e alla superficie S , ed è inversamente proporzionale alla distanza d tra le due superfici considerate, secondo quando espresso dalla legge di Fourier riportata di seguito

$$Q = \lambda \frac{(T_2 - T_1) \cdot S \cdot t}{d}$$

il coefficiente di conducibilità termica λ [$\text{W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$] dipende dal materiale di cui è costituito il corpo, nella tab. 3.5 ne vengono riportati alcuni esempi.

Dalla precedente formula è possibile ricavare la formula per determinare la potenza termica P , come rapporto tra Q/t , che rappresenta la quantità di calore che viene trasmessa nell'unità di tempo attraverso un corpo

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{\lambda \cdot (T_2 - T_1) \cdot S}{d}$$



a



b



c

Fig. 3.16 - Esempi di applicazioni delle proprietà termiche: a) Compensatori di dilatazione a soffietto per tubazioni per fluidi caldi o freddi per compensare le sollecitazioni meccaniche dovute alla dilatazione termica - b) Colata di ghisa fusa - c) Isolamento termico degli edifici mediante l'uso di materiali isolanti.

3.8 Proprietà elettriche

Molto importanti per la progettazione e la costruzione delle macchine elettriche, degli impianti elettrici e delle apparecchiature elettriche ed elettroniche sono le proprietà elettriche dei materiali.

Tali proprietà riguardano in particolare la conduzione della **corrente elettrica** e fenomeni come la **piezoelettricità** e gli **effetti termoelettrici**.

Per conduzione elettrica si intende la possibilità dello spostamento di cariche elettriche da un punto a un altro di un circuito realizzato con materiale conduttore, che può essere del tipo a *conduzione ionica* se si è in presenza di una soluzione in cui le molecole del soluto si scindono in ioni positivi e ioni negativi oppure può essere del tipo a *conduzione elettronica* se a portare le cariche elettriche sono gli elettroni come nei metalli, semiconduttori e superconduttori. Un materiale viene definito **conduttore** se ha una buona attitudine a far circolare una corrente elettrica viceversa viene definito **isolante**, in questo caso, sono di particolare importanza le proprietà dielettriche.

Resistività e conduttività elettrica dei conduttori metallici. Si consideri il circuito mostrato nella fig. 3.17a che prevede un generatore GI , un amperometro PI in grado di misurare la corrente che circola nel circuito, i conduttori che permettono i necessari collegamenti e infine un filo conduttore AB (metallico) di sezione uniforme funzionante da utilizzatore inseribile mediante il cursore mobile C , cursore che viene fatto scorrere lungo il conduttore AB .

Se la lunghezza l del filo tra il punto A e il cursore C aumenta, la corrente misurata dall'ampmetro diminuisce; viceversa se la lunghezza l diminuisce, la corrente aumenta. Le variazioni dell'intensità di corrente risultano inversamente proporzionali alla lunghezza l del conduttore incluso nel circuito.

Alla causa che fa variare la corrente si è dato il nome di **resistenza elettrica**, la quale rappresenta un ostacolo che si oppone al passaggio della corrente; tale ostacolo varia, a parità di sezione del conduttore, in proporzione diretta con l'aumentare della lunghezza l del filo conduttore incluso nel circuito.

Modificando il circuito come mostrato nella fig. 3.17b, si nota che sostituendo, mediante degli interruttori S1, S2, S3, al filo AB avente una determinata sezione (trasversale) S , un filo dello stesso metallo e della stessa lunghezza, ma avente una sezione pari a due volte S ($2S$) posto tra i punti CD, tre volte S ($3S$) posto tra i punti EF, ecc. la corrente indicata dall'ampmetro P1 varia proporzionalmente alla sezione del filo.

Cioè se con un filo AB di sezione S la corrente è per esempio di 2 A, con il filo AC di sezione $2S$ la corrente diventa doppia, cioè di 4 A, e così via. In altre parole ciò vuole dire che la resistenza elettrica del circuito diminuisce con l'aumentare della sezione del conduttore ovvero la resistenza elettrica è inversamente proporzionale alla sezione del conduttore.

Nel circuito di fig. 3.17b si ritiene trascurabile la resistenza dei conduttori necessari per i collegamenti, inoltre la prova è stata effettuata chiudendo un solo interruttore alla volta in modo da includere nel circuito un solo conduttore dei tre.

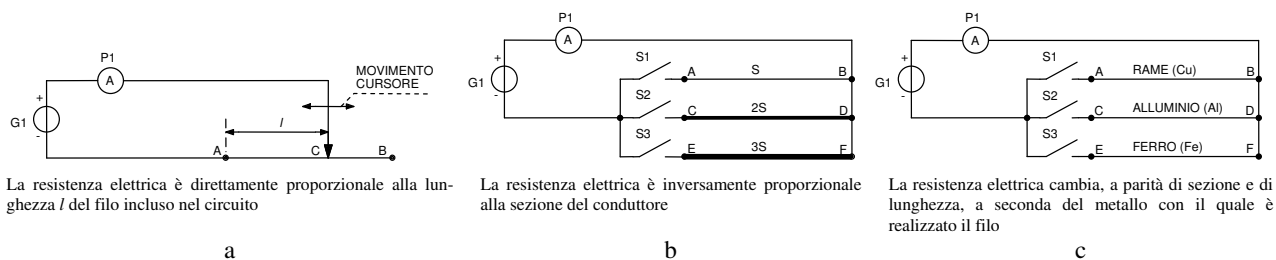


Fig. 3.17 - Variazione della resistenza elettrica: a) In funzione della lunghezza del filo - b) In funzione della sezione del filo - c) In funzione del tipo di metallo del filo.

Se si modifica ulteriormente il circuito di fig. 3.17b, come mostrato nella fig. 3.17c, inserendo rispettivamente tra i punti AB, CD, EF dei fili conduttori di differenti metalli, per esempio di rame, alluminio, ferro, ma aventi tutti la stessa sezione trasversale e la stessa lunghezza, è possibile notare che l'ampmetro, a seconda del conduttore inserito, segna valori di corrente diversi, in quanto a parità di sezione e lunghezza i fili di diversi metalli hanno una diversa resistenza elettrica.

Allo scopo di poter paragonare fra di loro i singoli conduttori in relazione alla loro resistenza elettrica si sono misurate le resistenze elettriche di tanti fili aventi tutti la stessa sezione di 1 mm^2 , la lunghezza di 1 m e la stessa temperatura di $0 \text{ }^\circ\text{C}$. A tale resistenza elettrica particolare (cioè riferita alla sezione di 1 mm^2 , alla lunghezza di 1 m e alla temperatura di $0 \text{ }^\circ\text{C}$) viene dato il nome di **resistività** o **resistenza specifica** indicata con la lettera greca ρ e si esprime in $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Per i calcoli, in genere, si usa la resistività a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ cioè riferita alla temperatura ambiente convenzionale.

Da quanto esposto precedentemente è possibile affermare che la resistenza elettrica R (a una determinata temperatura) di un conduttore è direttamente proporzionale alla sua resistenza specifica, alla sua lunghezza l , e inversamente proporzionale alla sua sezione trasversale.

Si ha cioè la seguente formula:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

in questa formula R è espressa in ohm (abbreviazione con la lettera greca Ω , che si legge omega), ρ è espressa in ohm per metro di lunghezza e per millimetro quadrato di sezione, S è espressa in millimetri quadrati.

Da tale formula si può ricavare il valore di una delle grandezze quando sono note le altre tre. Si ha quindi:

$$S = \rho \frac{l}{R} \qquad \rho = \frac{R \cdot S}{l} \qquad l = \frac{R \cdot S}{\rho}$$

Da notare che nella formula, che permette di calcolare la resistenza R , non si tiene conto della temperatura del filo, grandezza che costituisce un quarto parametro da cui dipende la resistenza del filo (la resistività varia al variare della temperatura); della temperatura e della sua influenza si parlerà successivamente.

Quanto esposto precedentemente trova giustificazione nel fatto che, nei metalli, gli elettroni che costituiscono la corrente elettrica, muovendosi incontrano degli ostacoli urtando contro gli atomi, tali urti sono tanto più numerosi

quanto più lungo è il percorso, tanto più piccola è la sezione e tanto più è bassa la capacità di cedere gli elettroni, come mostrato nella fig. 3.18. La resistività di un materiale dipende da vari fattori che verranno descritti di seguito.

Struttura interna. La struttura cristallina dei materiali metallici, con un elevato numero di elettroni liberi o semiliberi che consente la conduzione della corrente elettrica, contribuisce in modo determinante a far sì che questi materiali abbiano una piccola resistività.

Purezza del materiale. La presenza di impurezze nei metalli fa aumentare in modo consistente la loro resistività. Le impurezze contribuiscono a deformare il reticolo cristallino disperdendo parte degli elettroni di conduzione.

È per questo motivo che, per esempio il rame per usi elettrotecnici ed elettronici, viene raffinato con vari procedimenti (raffinazione elettrolitica) al fine di ridurre al minimo la sua resistività.

Analogo ragionamento vale per le leghe metalliche, a base di rame o di alluminio, che normalmente hanno un valore di resistività maggiore rispetto a quella che hanno gli elementi mediante i quali si compongono queste leghe.

Deformazioni meccaniche. La struttura del reticolo cristallino può essere deformata determinando un aumento di resistività se il materiale viene sottoposto a sollecitazioni o a lavorazioni meccaniche.

Variazioni della temperatura. Un cambiamento della temperatura determina una variazione della resistività, come verrà illustrato successivamente. Il fenomeno, nel caso dei materiali metallici, può essere spiegato pensando che gli atomi, presenti nella struttura cristallina, vibrano rispetto alla loro posizione di equilibrio disturbando il movimento degli elettroni di conduzione. Un aumento di temperatura fa aumentare la vibrazione, aumento che a sua volta determina una maggiore opposizione al passaggio della corrente elettrica, viceversa se la temperatura viene diminuita. Alcuni materiali come per esempio i semiconduttori, si comportano in modo inverso, ovvero all'aumentare della temperatura la loro resistività diminuisce. La presenza di campi magnetici e di tensioni elettriche possono modificare la resistività di alcuni tipi di materiali.

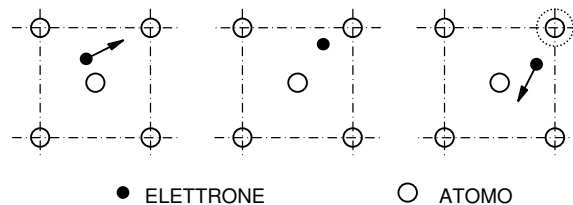


Fig. 3.18 - Moto degli elettroni in un metallo: si noti come gli elettroni possono trovare negli atomi un ostacolo al loro moto. Nell'esempio viene modificata la traiettoria dell'elettrone dopo un urto contro un atomo.

A volte per eseguire i calcoli, invece che considerare la resistenza R , si considera l'inverso di tale resistenza e cioè quella che viene chiamata la **conduttanza** che si indica con il simbolo G e si misura in siemens (si pronuncia simens e ha come abbreviazione la lettera S).

$$G = \frac{1}{R}$$

La conduttanza può essere espressa anche:

$$G = \gamma \frac{S}{l}$$

Con la lettera greca γ (si legge gamma) si indica l'inverso della resistività (cioè $\gamma = \frac{1}{\rho}$), prende il nome di **conduttività** o **conduttività specifica** ed è la conduttanza di un conduttore lungo 1 m, di sezione 1 mm², posto alla temperatura di 0 °C e si misura in S·m/mm².

L'uso della conduttanza interessa in modo particolare quando si devono studiare dei circuiti elettrici con i componenti collegati in parallelo (resistori). In genere le conduttanze vengono espresse da numeri molto piccoli, per esempio una resistenza di 200 Ω corrisponde a una conduttanza di 0,005 S.

Variazione della resistività e della resistenza in funzione della temperatura. Sino ad ora si è detto che la resistenza elettrica di un conduttore dipende dalla resistività del materiale, dalla lunghezza e dalla sezione del conduttore, esiste un quarto elemento che influenza la resistenza elettrica ed è la *temperatura del conduttore*.

Si è potuto sperimentalmente constatare che la resistenza elettrica dei metalli e delle leghe varia quasi proporzionalmente con la temperatura, in altre parole aumentando la temperatura del filo (di rame) la sua resistenza elet-

trica aumenta. Per alcuni conduttori non metallici, (il carbone utilizzato per le spazzole impiegate nelle macchine elettriche o i semiconduttori) invece, la resistenza diminuisce con l'aumentare della temperatura.

Si chiama **coefficiente di temperatura α** di un conduttore la **variazione di resistenza** (in ohm) **che un conduttore** (avente inizialmente la temperatura di 0 °C e la resistenza di 1 Ω) **subisce per l'aumento di temperatura da 0 °C a 1 °C.**

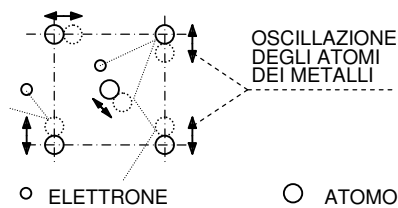


Fig. 3.19 - Aumento della resistenza nei metalli dovuto alle oscillazioni più forti degli atomi. Si noti come l'oscillazione degli atomi di fatto fa aumentare gli ostacoli incontrati dagli elettroni durante il loro movimento.

Per esempio il rame ha un coefficiente di temperatura di 0,004 ciò significa che un filo di rame avente a 0 °C la resistenza di 1 Ω ha, a 1 °C ha la resistenza di $1 + 0,004 \Omega$, cioè 1,004 Ω .

Il coefficiente di temperatura è positivo ($\alpha > 0$) quando la resistenza aumenta con l'aumentare della temperatura (il rame e gli altri conduttori metallici a parte il mercurio). Alcuni materiali hanno questa proprietà in modo accentuato, come per esempio gli ossidi di titanio e di bario, che vengono utilizzati per la costruzione dei termistori PTC (Positive Temperature Coefficient), caratterizzati dall'aver una grande variazione di resistenza in un certo intervallo di temperatura.

Se, invece, il coefficiente di temperatura risulta negativo ($\alpha < 0$) la resistenza diminuisce con l'aumentare della temperatura (semiconduttori, mercurio, le soluzioni liquide e il carbone per usi elettrotecnici). Alcuni materiali aventi questa proprietà in modo accentuato, come per esempio gli ossidi di cromo, manganese, cobalto e nichel, vengono utilizzati per la costruzione dei termistori NTC (Negative Temperature Coefficient) caratterizzati anch'essi dall'aver una grande variazione di resistenza in un certo intervallo di temperatura. Sia gli NTC che i PTC vengono utilizzati per misurare le variazioni di temperatura trasformandole in variazioni della resistenza elettrica; questi componenti verranno descritti in modo dettagliato in un successivo paragrafo.

Alcune leghe metalliche (costantana, manganina, argentana) hanno un coefficiente di temperatura praticamente nullo il che significa che un aumento di temperatura entro certi limiti (tra 0 °C e 150 °C) non provoca una variazione della resistenza elettrica. Questa caratteristica viene utilizzata per la costruzione dei resistori di precisione, dei resistori campione da laboratorio e per i resistori utilizzati negli strumenti di misura.

Alcuni valori di resistività di alcuni materiali sono riportati nella tab. 3.6.

Materiale	$\rho_0 \left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$	$\rho_{20} \left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$	$\alpha_0 [^{\circ}\text{C}^{-1}]$
Conduttori			
Argento	0,015	0,0164	0,0038
Rame	0,016	0,0173	0,00426
Alluminio	0,026	0,0284	0,00435
Tungsteno	0,051	0,055	0,0042
Platino	0,103	0,11	0,0036
Ferro (filo)	0,13	0,14	0,0048
Piombo	0,20	0,21	0,004
Argentana (60% Cu + 25% Ni + 15% Zn)	0,35	0,36	0,00017
Manganina (86% Cu + 2% Ni + 12% Mn)	0,43	0,43	0,00001
Costantana (60% Cu + 40% Ni)	0,50	0,50	0,00002
Mercurio	0,94	0,95	0,0009
Nichelcromo (80÷85% Ni + 15÷20 Cr)	1,05	1,05	0,00013
Carbone	40÷80	40÷80	-0,0004
Semiconduttori			
Germanio	10^6	10^6	--
Silicio	10^8	10^8	--
Isolanti			
Carta	10^{14}	10^{14}	--
Vetro	10^{16}	10^{16}	--
Olio	10^{17}	10^{17}	--
Porcellana	10^{18}	10^{18}	--
Resine epossidiche	10^{19}	10^{19}	--
Mica	10^{20}	10^{20}	--

Tab. 3.6 - Valori della resistività ρ_0 (riferita alla temperatura di 0 °C e 20 °C) e del coefficiente di temperatura α_0 (riferita alla temperatura di 0 °C) per alcuni materiali utilizzati in elettrotecnica e in elettronica.

È il caso della *costantana* (lega a base di rame e nichel, così chiamata proprio perché la resistenza elettrica rimane costante al variare della temperatura) e della *manganina* (lega a base di rame, nichel e manganese) che vengono usate per realizzare resistori aventi un valore molto stabile al variare della temperatura.

I valori di resistività e dei coefficienti di temperatura di metalli, leghe e isolanti utilizzate in elettrotecnica ed elettronica sono riportati nella tab. 3.6.

La resistività dei materiali metallici varia al cambiare della temperatura secondo la seguente formula:

$$\rho_T = \rho_0(1 + \alpha_0 T)$$

dove ρ_T rappresenta la resistività alla temperatura T , ρ_0 la resistività alla temperatura di 0 °C e infine α_0 il coefficiente di temperatura. La variazione della resistività porta a un cambiamento del valore della resistenza secondo la seguente relazione:

$$R_T = R_0(1 + \alpha_0 T)$$

dove R_T è la resistenza alla temperatura T , R_0 la resistenza alla temperatura di 0 °C e infine α_0 il coefficiente di temperatura.

Le formule per determinare ρ_T e R_T sono valide se la temperatura T è lontana da quella di fusione dei vari materiali e anche da valori molto bassi, per esempio vicini allo zero assoluto ($\cong -273$ °C).

Quando ci si avvicina alla temperatura di fusione la resistenza cresce più rapidamente che alle temperature inferiori, mentre quando ci si avvicina allo zero assoluto alcuni metalli perdono bruscamente la loro resistenza (fenomeno della superconduzione).

Per effettuare calcoli precisi occorre tenere conto del fatto che il coefficiente di temperatura α non è costante, ma varia con la temperatura (il coefficiente α cambia se la variazione di temperatura è compresa fra 0 °C e 1 °C oppure se è fra 20 °C e 21 °C). Pertanto la variazione della resistenza come conseguenza di una variazione di temperatura deve tenere conto che il coefficiente di temperatura α è variabile al variare della temperatura. Quindi nella formula:

$$R_T = R_0(1 + \alpha_0 T)$$

occorre introdurre, al posto di un α costante un nuovo valore α' variabile e precisamente:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1 + \alpha T_1}$$

essendo T_1 la temperatura di partenza per determinare la variazione di resistenza (cioè $T_1 \neq 0$ °C).

Per esempio il rame, che è il conduttore maggiormente utilizzato in elettrotecnica ed elettronica ha:

$$\alpha = 0,00426 = \frac{1}{234,5} \quad (\text{che è il valore indicato dalle norme CEI})$$

e quindi risulta che

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1 + \alpha T_1} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + T_1} = \frac{1}{234,5 + T_1}$$

Pertanto volendo determinare la resistenza R_2 ad una temperatura T_2 quando la resistenza iniziale (nota) è R_1 alla temperatura T_1 si ha:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha' (T_2 - T_1)]$$

La precedente formula è valida per tutti i conduttori metallici, ognuno dei quali ha un valore ben definito per α' .

Per una variazione di temperatura da T_1 a T_2 si ha per esempio per il rame $\alpha' = \frac{1}{234,5 + T_1}$, quindi:

$$R_2 = R_1 \left(1 + \frac{(T_2 - T_1)}{234,5 + T_1} \right)$$

essendo R_2 la resistenza incognita alla temperatura T_2 ed R_1 la resistenza nota alla temperatura T_1 .

Per lo studio delle macchine elettriche (trasformatori e motori elettrici) interessa, spesso, determinare la resistenza di un avvolgimento alla temperatura convenzionale di 75 °C secondo quanto fissato dalle norme CEI (questo al fine di poter comparare per esempio macchine diverse e di diversi costruttori). A tale scopo si misura la resistenza dell'avvolgimento alla temperatura ambiente (macchina fuori servizio) e se ne calcola poi il valore a 75 °C.

Per esempio se a 20 °C il valore della resistenza è di 200 Ω , a 75 °C esso assume il valore:

$$R_{75} = R_{20} \left(1 + \frac{(75 - 20)}{234,5 + 20} \right) = R_{20} (1 + 0,216) = 200 \cdot 1,216 = 244 \Omega$$

Il fattore 0,216 rappresenta la percentuale di aumento della resistenza, cioè in questo caso la resistenza è aumentata del 21,6% nel passare da 20 a 75 °C.

La variazione della resistenza di un conduttore metallico al variare della temperatura, consente, misurando la resistenza a freddo e a caldo, di determinare la temperatura di fluidi (gas o liquidi) e solidi in forni, tubazioni, serbatoi, ecc.; in particolare, negli impianti industriali, viene utilizzato come materiale conduttore il platino (Pt) che presenta un'elevata resistenza alle sostanze chimiche, alle elevate temperature, presenti in questi ambienti.

Dalla formula:

$$R_2 = R_1 \left(1 + \frac{(T_2 - T_1)}{234,5 + T_1} \right)$$

vista precedentemente è possibile ricavare note R_2 , R_1 e T_1 la temperatura incognita T_2 , cioè misurando i due valori di resistenza R_2 ed R_1 (a caldo e a freddo) è possibile ricavare la temperatura finale T_2 raggiunta dal conduttore.

Infatti, dalla formula è possibile ricavare, mediante alcuni passaggi matematici, la seguente formula:

$$(1) \quad T_2 = T_1 + \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) (234,5 + T_1).$$

Per esempio se la resistenza di un avvolgimento in rame è di 230 Ω alla temperatura T_1 di 25 $^{\circ}\text{C}$ e di 280 Ω dopo un certo periodo di funzionamento, la temperatura finale dell'avvolgimento risulta:

$$T_2 = 25 + \left(\frac{280 - 230}{230} \right) \cdot (234,5 + 25) = 25 + 0,217 \cdot 259,5 = 25 + 56,3 = 81,3 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Le norme CEI consigliano di utilizzare questo metodo per determinare la temperatura raggiunta da un avvolgimento in rame di una macchina elettrica dopo un certo periodo di funzionamento.

Vale la pena notare che la formula 2.11 vale solo per il rame, in quanto si è scelto un $\alpha' = \frac{1}{234,5 + T_1}$, cambiando

il coefficiente α' è possibile adattare la formula ad altri materiali.

3.8.1 La legge di Ohm

Per poter meglio studiare i circuiti elettrici è opportuno ricordare i singoli elementi che li costituiscono. **Generatori.** Elementi dei circuiti che producono una forza di natura elettrica e sono caratterizzati da un proprio valore di f.e.m. (forza elettromotrice) con relativa polarità dei suoi morsetti e da una propria resistenza interna (pile, accumulatori, dinamo, alternatori, ecc.). **Conduttori di collegamento.** Servono per consentire alla corrente di raggiungere gli utilizzatori (cavi elettrici). **Utilizzatori.** Sono i dispositivi che servono a convertire l'energia elettrica in energia di altro tipo (lampade, motori elettrici, elementi riscaldanti, ecc.).

Tutti gli elementi presenti in un circuito elettrico hanno in comune la caratteristica di avere due morsetti e perciò vengono chiamati **bipoli**. Il comportamento elettrico di un bipolo è in generale rappresentato dal grafico tensione-corrente, e possono essere suddivisi in **bipoli passivi** e **bipoli attivi**.

Se il bipolo presenta solo resistenze viene definito passivo, mentre se in esso agisce anche un generatore di forza elettromotrice viene chiamato attivo, come mostrato nella fig. 3.20.



Fig. 3.20 - Esempi di bipoli: a) Passivo - b) Attivo.

Se si realizza il circuito mostrato in fig. 3.21 e si fa variare la f.e.m. prodotta dal generatore G_1 si può constatare sperimentalmente che l'intensità di corrente I misurata dall'amperometro P_1 , è direttamente proporzionale alla tensione U , misurata dal voltmetro P_2 tra i morsetti A e B di un bipolo passivo ovvero ai capi del resistore R_1 .

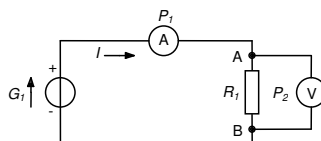


Fig. 3.21 - Circuito elettrico per la definizione sperimentale della legge di Ohm. Si noti la presenza di un generatore G_1 avente una f.e.m. variabile che alimenta un bipolo passivo (il resistore R_1 ai capi dei morsetti A e B). Un amperometro P_1 e un voltmetro P_2 consentono di misurare rispettivamente la corrente che attraversa il resistore e la tensione ai suoi capi.

La formula che esprime in forma matematica quanto esposto precedentemente è:

$$U = R \cdot I$$

Tale formula rappresenta la legge di Ohm, così detta dal fisico tedesco Georg Simeon Ohm che, per primo, la stabilì sperimentalmente nel 1825.

Misurando la tensione U in volt, la resistenza R in ohm e l'intensità di corrente I in ampere la legge di Ohm, applicata ad un circuito del tipo in fig. 3.21 si può esprimere così: **la differenza di potenziale U (misurata in volt) esistente ai morsetti di un resistore R avente una resistenza (misurata in ohm) è sempre uguale al prodotto del valore della resistenza per il valore dell'intensità di corrente I che la attraversa.**

La legge così enunciata è valida per un tratto di circuito in cui non vi siano forze elettromotrici dovute ad altri generatori oltre a G_1 .

In altre parole l'espressione $U = R \cdot I$ vale per un tratto di circuito non sede di forza elettromotrice (bipolo passivo) oltre a quella dell'alimentazione.

Il prodotto $R \cdot I$ prende il nome di **caduta di tensione**, quindi in un bipolo passivo la caduta di tensione viene sostenuta interamente dalla tensione che si ha ai suoi capi, come mostrato nella fig. 3.22.

Ripetendo l'esperimento in un altro modo e cioè mantenendo costante il valore di U e cambiando il resistore R , cioè sostituendolo con altri aventi la resistenza di valore doppio, triplo, quadruplo, ecc., è possibile notare che la corrente I , misurata dall'amperometro P_1 , diventa rispettivamente la metà, un terzo, un quarto, ecc. di quella iniziale. Infatti dalla formula: $U = R \cdot I$ è possibile ricavare

$$I = \frac{U}{R}$$

cioè, a parità della tensione U , l'intensità di corrente I è **inversamente proporzionale alla resistenza R** .

Per la convenzione assunta per il verso della corrente questa circola nel bipolo dal punto a potenziale maggiore verso il punto a potenziale minore, come mostrato nella fig. 3.22; se si inverte la polarità della tensione applicata al bipolo, il valore della corrente rimane costante, ma il suo verso si inverte.

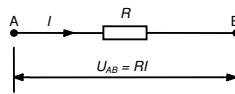


Fig. 3.22 - La differenza di potenziale (d.d.p.) ai capi del resistore R , percorso da una corrente I , è uguale al prodotto della resistenza R per l'intensità di corrente che lo percorre e prende il nome di caduta di tensione. Nella figura la corrente, che determina la tensione U_{AB} , circola nel bipolo dal punto a potenziale maggiore (A) verso il punto a potenziale minore (B).

La formula della legge di Ohm può essere espressa anche nella forma

$$R = \frac{U}{I}$$

Tenendo presente che U e I sono grandezze elettriche misurabili, si può determinare il valore della resistenza R di un bipolo passivo misurando la tensione ai suoi capi e l'intensità di corrente che lo percorre.

La legge di Ohm pur nella sua semplice espressione consente di risolvere moltissimi problemi di elettrotecnica e quindi è la legge fondamentale per lo studio dei circuiti elettrici.

Per l'uso della legge di Ohm, una volta noti due valori tra U , I e R è possibile calcolare il terzo.

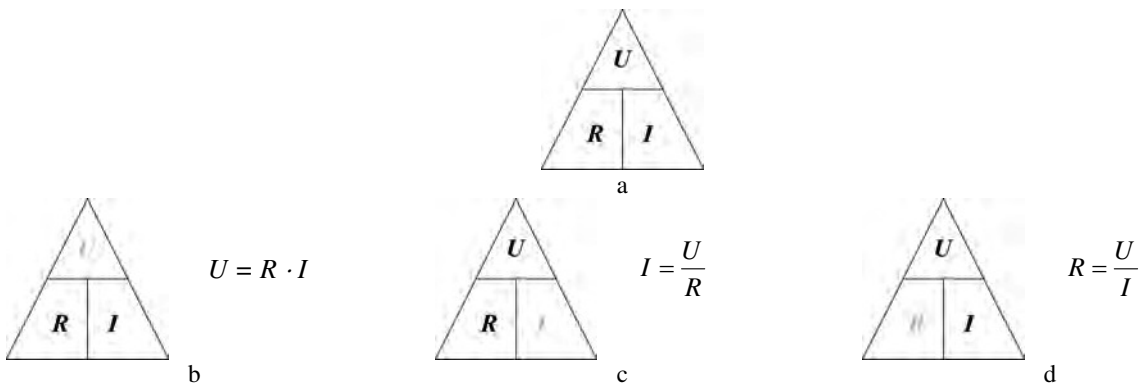


Fig. 3.23 - Legge di Ohm: a) Grafico per ricavare le equazioni risolutive noti due valori - b) Cancellando il valore incognito U si ricava l'equazione risolutiva $R \cdot I$ - c) Cancellando il valore incognito I si ricava l'equazione risolutiva U/R - d) Cancellando il valore incognito R si ricava l'equazione risolutiva U/I .

La legge di Ohm può essere applicata anche mediante l'uso di grafici del tipo rappresentati nella fig. 3.23a, per applicare il grafico, noti due valori, basta cancellare il valore sconosciuto per avere la formula risolutiva.

Per esempio basta cancellare U e la formula risolutiva $R \cdot I$ appare come mostrato nella fig. 3.23b; in modo analogo si procede per le altre due formule, come mostrato nella fig. 3.23c e fig. 3.23d.

3.8.2 Energia e potenza di una corrente elettrica

Una massa, cadendo da una certa altezza, sviluppa lavoro (sviluppa energia). Per esempio una massa d'acqua contenuta in un serbatoio, posto ad un certo livello rispetto al mare, può sviluppare energia meccanica azionando una turbina di una centrale posta al livello del mare.

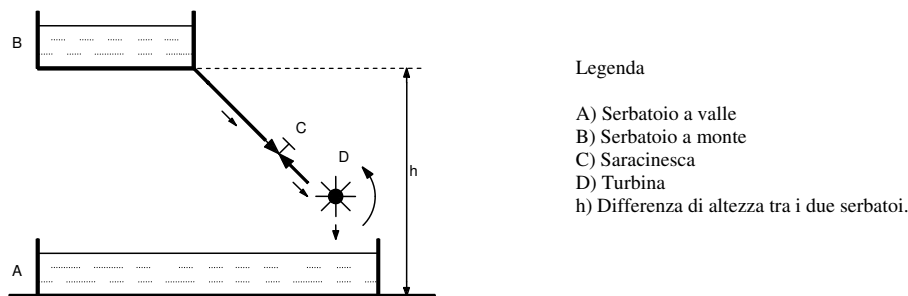


Fig. 3.24 - Esempio idraulico di tre resistori (bipoli passivi) collegati in serie.

Analogamente una carica elettrica cadendo da un potenziale più alto ad uno più basso sviluppa **lavoro** o **energia** elettrica. Questa energia è data dalla seguente formula:

$$W = Q \cdot U$$

in cui W è l'energia espressa in joule, Q la carica espressa in coulomb e U è il salto di potenziale sfruttato espressa in volt. Se la corrente si mantiene costante si può anche scrivere, essendo $Q = I \cdot t$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

indicando con t il tempo espresso in secondi impiegato per svolgere il lavoro W .

Se il tempo è uguale ad un secondo la precedente espressione diventa:

$$W = U \cdot I \cdot 1$$

ed indica il **lavoro svolto nell'unità di tempo** ossia la **potenza**; per cui si ha, indicando con P tale potenza espressa in watt:

$$P = U \cdot I$$

ossia la potenza di una corrente elettrica è data dal prodotto della tensione sfruttata (in volt) per la corrente (in amper) che passa nel circuito.

Dall'espressione $P = U \cdot I$ si può ricavare $I = P/U$ ed anche $U = P/I$ essendo sempre P espresso in watt, U in volt ed I in amper.

Mentre l'unità di misura della potenza è il watt (simbolo W), l'unità di misura dell'energia è il joule (simbolo J).

Dall'espressione $W = U \cdot I \cdot t$ si ha, ponendo ogni fattore uguale all'unità, che 1 joule è l'energia (o lavoro) sviluppata dalla corrente di 1 A alla tensione di 1 V nel tempo di 1 secondo.

È da tenere presente che il watt è un'unità di misura piccola e quindi spesso si usa il multiplo kilowatt che è equivalente a 1000 watt.

Analogamente essendo il joule una unità molto piccola, spesso si usa un suo multiplo, cioè il wattora che è 3600 volte più grande, ovvero un Wh = 1 W · 1 h = 3600 J (1 ora = 3600 secondi) ed anche il kilowattora che è 3600000 volte più grande del joule.

Di seguito, nella tab. 3.7, vengono riportati, a titolo di esempio, le potenze assorbite da alcuni utilizzatori.

Suoneria elettrica	0,05÷0,3 W	Ferro da stiro	500÷1200 W
Lampada ad incandescenza	1÷150 W	Stufa elettrica	500÷2000 W
Televisore 15 pollici	40÷50 W	Tram	80÷100 kW
Frullatore	200÷300 W	Locomotori elettrici	3000 kW

Tab. 3.7 - Esempi di potenze assorbite da alcuni utilizzatori.

La potenza elettrica rappresenta una caratteristica costruttiva e di funzionamento di un'apparecchiatura elettrica e insieme al valore della tensione nominale (normale tensione di funzionamento) è sempre riportata sulla targa (posta dal costruttore) della apparecchiatura stessa.

Per i generatori e i motori elettrici la potenza indicata sulla targa è la potenza di uscita ed esprime il massimo carico elettrico per un generatore e meccanico per un motore che l'apparecchiatura può sostenere all'interno dei limiti del suo normale funzionamento.

In un generatore (batteria) funzionante a vuoto l'energia elettrica non è da questo erogata ma è disponibile allo stato potenziale ed è espressa dal prodotto della tensione disponibile ai morsetti del generatore a vuoto (E) per la quantità di carica elettrica (Q) che è addensata su un polo del generatore, ovvero:

$$W = Q \cdot E$$

dove W è espresso in joule, E in volt e Q in coulomb.

È proprio in relazione a questa energia potenziale posseduta dalle cariche elettriche che queste si spostano quando si chiude il circuito che il generatore alimenta.

In un circuito chiuso realizzato con conduttori metallici, tutti gli elettroni liberi dei vari elementi che costituiscono il circuito stesso, possiedono energia potenziale che diminuisce man mano che gli elettroni si spostano verso il morsetto positivo del generatore.

Le forze interne presenti nel generatore (elettrochimiche nel caso delle batterie), portando gli elettroni dal suo morsetto positivo a quello negativo, compiono un lavoro che viene assunto dagli elettroni sotto forma di energia potenziale. Una piccola parte dell'energia acquisita dagli elettroni si dissipa nella resistenza interna del generatore e la restante parte mette in grado gli elettroni di percorrere il circuito.

3.8.3 Effetto termico della corrente

È noto che un conduttore e più in generale un bipolo passivo (resistore), percorso da corrente elettrica si scalda, basti pensare a una stufa elettrica. Questo effetto termico della corrente prende anche il nome di **effetto Joule** dal nome del fisico inglese che studiò la legge del riscaldamento prodotto dalla corrente elettrica.

Si è detto, nel secondo capitolo, che la resistenza elettrica di un conduttore è come un ostacolo posto al passaggio della corrente, infatti le cariche elettriche in moto nel conduttore perdono energia a causa degli urti con le particelle fisse del conduttore e l'energia da esse posseduta si trasforma in parte in energia termica (calore).

La produzione di calore da parte di un conduttore dipende, quindi, dalla sua resistenza elettrica e dalla intensità di corrente che vi circola.

Il conduttore, quindi, aumenta la sua temperatura con il passare del tempo cedendo all'ambiente circostante parte del calore sviluppato; tale calore ceduto dipende anche dalle condizioni in cui si trova il conduttore, ovvero se esso è nudo o ricoperto da un materiale isolante (cavi elettrici).

Nel caso in cui il conduttore sia nudo esso cede più facilmente il calore all'ambiente, mentre se è coperto da un isolante la cessione del calore è minore e la temperatura del conduttore può facilmente raggiungere valori eccessivi per l'integrità dell'isolante.

Si può dimostrare che, a parità di corrente, il calore ceduto all'ambiente dipende dalla superficie esterna del conduttore. Quando i conduttori sono cilindrici, che poi è il caso più comune, le superfici esterne, a parità di lunghezza, crescono in proporzione al diametro, mentre le sezioni trasversali crescono in modo proporzionale al quadrato del diametro.

Questo significa che in un conduttore di lunghezza unitaria il rapporto tra la sua superficie esterna (e quindi il suo perimetro) e la sua sezione trasversale non è costante, ma diminuisce al crescere del diametro d .

Ne consegue che la densità di corrente (cioè il numero di ampere che può passare per ogni millimetro quadrato di sezione) non può essere costante, ma deve diminuire al crescere della sezione in quanto i conduttori di piccola sezione disperdono meglio il calore che non quelli di grande sezione (perché hanno una superficie disperdente proporzionale maggiore).

Diametro d [mm]	Perimetro p [mm]	Sezione S [mm ²]	Rapporto p/S	Densità di corrente [A/mm ²]
3,6	11,3	10,17	1,11	5,5
5	15,7	19,63	0,80	4,25
8	25,13	50,26	0,50	3,14
11,3	35,5	100,28	0,355	2,50
16	50,26	201	0,25	1,90

Tab. 3.8 - Esempi di densità di corrente ammessa nei conduttori cilindrici di rame nudo. Si noti come all'aumentare del diametro e quindi della sezione dei conduttori cilindrici la densità di corrente non sia costante, ma diminuisce.

La tab. 3.8 mostra come sia sbagliato il criterio di valutare la sezione dei conduttori, in relazione al loro riscaldamento dovuto alla corrente, in base a una densità di corrente costante.

Infatti, le portate dei conduttori **nudi**, (senza isolante) sono state stabilite dalle norme CEI in base a una densità di corrente decrescente con il crescere della sezione.

Per i conduttori **isolati** le portate sono state stabilite dalle norme con un criterio analogo. Infatti, la sopraelevazione di temperatura di un filo metallico, sottoposto a riscaldamento per effetto Joule, aumenta finché raggiunge il regime termico, cioè fino a quando il calore prodotto eguaglia, istante per istante, quello che il filo cede all'ambiente circostante. Tutto dipende dalla superficie esterna del conduttore che rappresenta la superficie disperdente per ogni metro di lunghezza del conduttore.

Da notare che in un conduttore cilindrico la superficie esterna è minore (a parità di sezione) che in un conduttore quadrato o rettangolare; perciò i conduttori cilindrici sono i meno adatti a disperdere il calore; sono perciò da preferirsi, nel caso di elevate correnti, le piattine o barre di rame conduttori a sezione rettangolare (v. fig. 3.25a) utilizzate per esempio nei quadri elettrici generali, come mostrato nella fig. 3.25b.

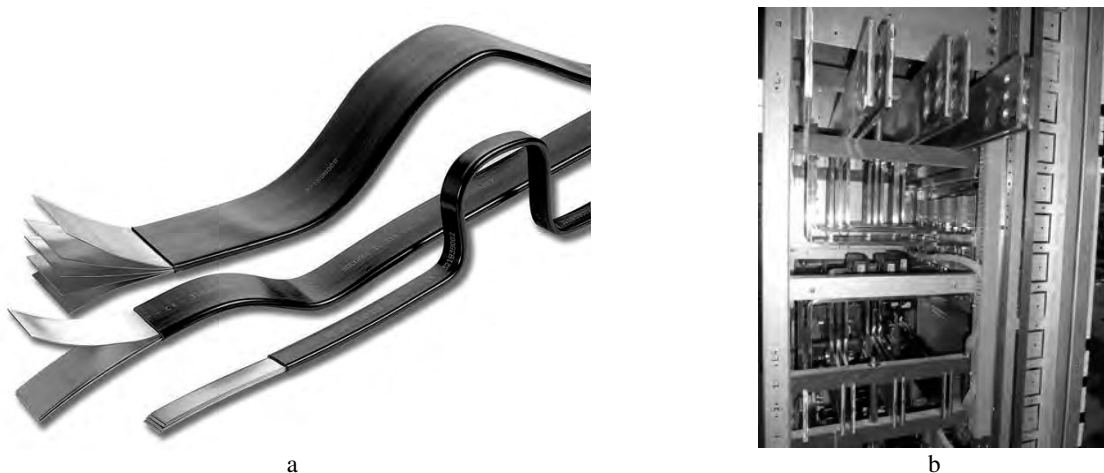


Fig. 3.25 - a) Barre di rame flessibili isolate a sezione rettangolare - b) Esempio di applicazione di conduttori di rame con sezione rettangolare. Negli armadi elettrici, utilizzati negli impianti di distribuzione sia civili che industriali, vengono utilizzati, quando le correnti sono elevate, conduttori di rame con sezione rettangolare.

Ricapitolando:

- 1) i conduttori di piccolo diametro si scaldano meno (a parità di densità di corrente) rispetto a quelli di grande diametro e quindi possono avere una densità di corrente superiore;
- 2) a parità di sezione e di corrente i conduttori di sezione circolare si scaldano di più di quelli con sezione rettangolare, poiché hanno una superficie esterna (in grado di disperdere il calore) minore; quindi si facilita lo scambio termico usando conduttori con sezione rettangolare;
- 3) per evitare riscaldamenti eccessivi è opportuno suddividere il conduttore in più conduttori elementari (cavi elettrici) collegati in parallelo, distanziandoli razionalmente: aumenta, così, la superficie di dispersione (a parità di sezione totale e corrente totale).

3.8.4 Effetto Joule

Si può constatare sperimentalmente, il fisico inglese Joule fu nel 1843 il primo, che a parità di corrente il calore prodotto da due resistori è proporzionalmente maggiore nel resistore che ha il valore maggiore di resistenza elettrica, inoltre, a parità di resistenza elettrica, il calore prodotto in due resistori aventi lo stesso valore di resistenza, ma percorsi da due correnti diverse è proporzionale al quadrato delle rispettive intensità di corrente. Quanto riportato precedentemente, è valido in generale per un bipolo passivo, si può esprimere con la seguente formula:

$$P = R \cdot I^2$$

essendo P la potenza in watt assorbita dal resistore, R il valore della resistenza in ohm del resistore e infine I la corrente in ampere che circola nel resistore.

Tale formula è valida se tutta la potenza assorbita, in un utilizzatore, si trasforma in calore, cioè se l'utilizzatore non è attivo ovvero non è sede di f.e.m. propria come per esempio i resistori delle stufe elettriche.

Nei motori elettrici, invece, dove quasi tutta la potenza assorbita si trasforma in potenza meccanica, solo una piccola parte si trasforma in calore, in particolare oltre alla produzione del calore dovuto agli attriti meccanici si ha una produzione del calore da parte degli avvolgimenti elettrici della macchina aventi una resistenza R e attraversati da una corrente I .

In un bipolo passivo, ovvero un circuito puramente ohmico, la potenza assorbita è $P = U \cdot I$ e siccome $U = R \cdot I$ si ha che $P = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2$ cioè, come si è già detto, tutta la potenza assorbita si trasforma in calore.

È possibile esprimere la legge di Joule in altri modi, infatti dalla formula $P = R \cdot I^2$ ricordando che $I = \frac{U}{R}$ si ha, sostituendo che $P = \frac{R \cdot U^2}{R^2} = \frac{U^2}{R}$ cioè un resistore di resistenza R , a cui si applicano successivamente diverse tensioni U , assorbe delle potenze non proporzionali ad U , bensì alla tensione al quadrato (U^2).

Se per esempio un apparecchio elettrotermico (stufa elettrica), costruito per una tensione U viene alimentato con una tensione diversa U_1 , si ha che, fermo restando costante il valore della resistenza R , le potenze assorbite P e P_1 stanno tra di loro in rapporto ai quadrati delle rispettive tensioni, cioè:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad P_1 = \frac{U_1^2}{R} \quad \text{da cui} \quad \frac{P}{P_1} = \frac{U^2}{U_1^2}.$$

Vale la pena ricordare che solo negli utilizzatori passivi, ovvero quelli non sedi di f.e.m. propria, tutta la potenza assorbita si trasforma in calore. Ciò avviene negli apparecchi elettrotermici come stufe e fornelli e in genere nei resistori; viceversa nelle macchine elettriche solo una piccola parte della potenza assorbita si trasforma in calore mentre la maggior parte (80÷90%) si trasforma in energia meccanica nei motori elettrici o in energia elettrica nel caso dei generatori come dinamo, alternatori e accumulatori.

Di seguito viene riportata nella fig. 3.26 un grafico che consente di ricavare le formule risolutive per determinare rispettivamente, noti gli altri due valori, la potenza P , la corrente I , la tensione U .

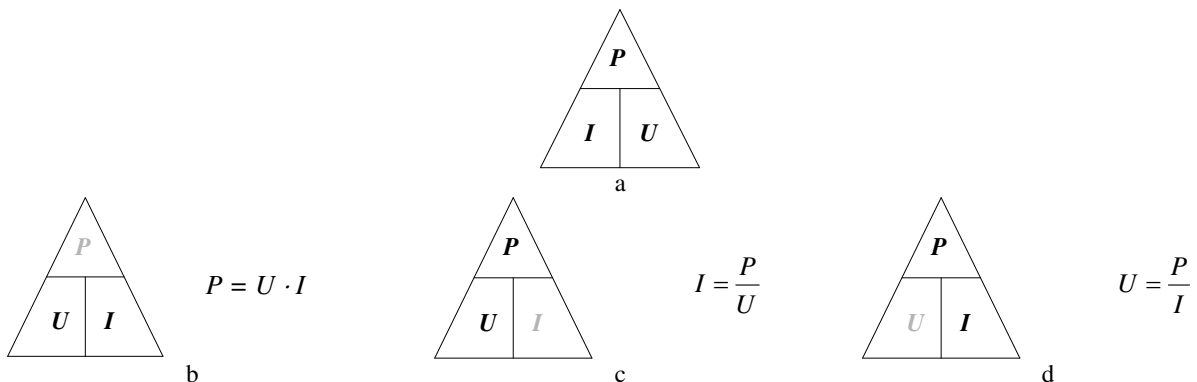


Fig. 3.26 - Potenza elettrica: a) Grafico per ricavare le equazioni risolutive noti due valori - b) Cancellando il valore incognito P si ricava l'equazione risolutiva $U \cdot I$ - c) Cancellando il valore incognito I si ricava l'equazione risolutiva P/U - d) Cancellando il valore incognito U si ricava l'equazione risolutiva P/I .

Esempio. Un forno elettrico progettato per funzionare alla tensione nominale $U_n = 220$ V, assorbe una potenza nominale $P_n = 5000$ W. Quanto assorbirà se viene alimentato su una rete funzionante alla tensione $U_1 = 230$ V?

La corrente I_n assorbita alle condizioni nominali di 220 V risulta:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{5000}{220} = 22,73 \text{ A}$$

e quindi la resistenza a caldo risulta:

$$R = \frac{U_n}{I_n} = \frac{220}{22,72} = 9,68 \Omega.$$

Se il forno viene alimentato alla tensione $U_1 = 230$ V la corrente diventa:

$$I_1 = \frac{U_1}{R} = \frac{230}{9,68} = 23,76 \text{ A}$$

e la potenza assorbita P_1 risulterà:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 230 \cdot 23,76 = 5465 \text{ W}.$$

La tensione nel passare da 220 V a 230 V è aumentata del

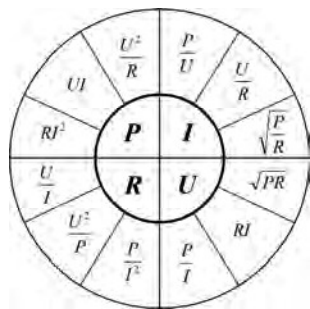
$$\frac{U_1 - U_n}{U_1} = \frac{230 - 220}{230} = 0,043 = 4,3\%$$

viceversa la potenza assorbita e quindi il calore prodotto è aumentata di:

$$\frac{P_1 - P_n}{P_1} = \frac{5465 - 5000}{5465} = 0,085 = 8,5\%$$

L'esempio mostra che la variazione percentuale di potenza è molto più elevata della variazione percentuale di tensione. Il calcolo presuppone che la resistenza R resti immutata nei due casi, anche se in realtà c'è una piccola variazione di resistenza dovuta alla maggiore potenza assorbita che corrisponde ad una più alta temperatura, nella pratica, però, essendo così piccola la si può considerare, per i calcoli pratici, costante.

Nella fig. 3.27 viene mostrato un grafico utile per ricordare le formule risolutive, per altro riportate a lato, per determinare la corrente I , la tensione U , la resistenza R e la potenza P .



$$1) I = \frac{P}{U}; I = \frac{U}{R}; I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

$$2) U = \sqrt{PR}; U = RI; U = \frac{P}{I}$$

$$3) R = \frac{U}{I}; R = \frac{U^2}{P}; R = \frac{P}{I^2}$$

$$4) P = \frac{U^2}{R}; P = UI; P = RI^2$$

Fig. 3.27 - Grafico per ricavare le equazioni risolutive per determinare la corrente (I), la tensione (U), la resistenza (R) e la potenza (P).

3.8.5 Equivalenza tra potenza e calore sviluppato

L'energia termica, che un corpo possiede, si misura in calorie (simbolo Cal, con la c maiuscola). La caloria si può definire **come la quantità di calore necessaria per elevare di 1 °C (un grado centigrado) la temperatura di 1 kg (peso) di acqua distillata alla pressione atmosferica.**

Tale unità viene chiamata grande caloria in quanto si riferisce a 1 kg di acqua (1 litro), mentre si chiama piccola caloria (simbolo cal con la c minuscola) quella riferita a 1 grammo di acqua.

Siccome in genere viene utilizzata la grande caloria, l'aggettivo *grande* viene sottointeso e si parlerà solo di caloria. Vale la pena ricordare che la caloria è un'unità di misura molto piccola.

In molte applicazioni sia civili che industriali, si trasforma l'energia elettrica in energia termica come nel caso delle stufe elettriche, cucine elettriche, lavastoviglie, lavatrici, lampade, resistori, forni elettrici, ecc.; in tutti questi casi la potenza elettrica assorbita si trasforma completamente in calore.

L'equivalenza tra l'energia elettrica e il calore prodotto

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ Cal}$$

e quindi

$$1 \text{ Wh} = 0,860 \text{ Cal}$$

diventa nel caso l'energia sia espressa in joule ($1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$)

$$1 \text{ J} = 0,000239 \text{ Cal.}$$

Dividendo l'espressione $1 \text{ kWh} = 860 \text{ Cal}$ per il tempo di 1 ora (simbolo h) si ha:

$$1 \text{ kW} = 860 \text{ Cal/h}$$

e dividendo ambo i membri per 1000

$$1 \text{ W} = 0,86 \text{ Cal/h.}$$

Nel caso di un resistore in cui la potenza assorbita $P = R \cdot I^2$ si ha:

$$P = 0,86 R \cdot I^2 \text{ Cal/h.}$$

In altre parole un bipolo passivo che assorbe l'energia elettrica di un joule produce 0,000239 calorie; se assorbe un wattora ne produce 0,860, infine se ne assorbe un kilowattora ne produce 860.

Esempio 1. Per un resistore $R = 46 \Omega$, cui è applicata una tensione $U = 230 \text{ V}$ e che assorbe una corrente $I = 5 \text{ A}$, determinare il numero di calorie sviluppate in un'ora.

Si ha che: $P = U \cdot I = 230 \cdot 5 = 1150 \text{ W}$, le calorie sviluppate in un ora sono quindi $W = 0,86 \cdot 1150 = 989 \text{ Cal/h}$.

Oppure, utilizzando la legge di Joule, si ha: $P = R \cdot I^2 = 46 \cdot 5^2 = 1150 \text{ W}$; le calorie prodotte, in modo analogo a quanto calcolato precedentemente, diventano quindi $W = 0,86 \cdot 1150 = 989 \text{ Cal/h}$.

Esempio 2. Un resistore $R = 4,7 \Omega$ viene percorso da una corrente $I_1 = 5 \text{ A}$ e $I_2 = 10 \text{ A}$, determinare nei due casi la potenza e le calorie sviluppate in un'ora.

Nel primo caso $P_1 = R \cdot I_1^2 = 4,7 \cdot 5^2 = 117,5 \text{ W}$, tale potenza è in grado di sviluppare in un'ora la seguente quantità di calore $W = 0,86 \cdot P_1 = 0,86 \cdot 117,5 = 101,05 \text{ Cal/h}$.

Nel secondo caso $P_2 = R \cdot I_2^2 = 4,7 \cdot 10^2 = 470 \text{ W}$, in questo caso la potenza è in grado di sviluppare in un'ora la seguente quantità di calore $W = 0,86 \cdot P_2 = 0,86 \cdot 470 = 404,2 \text{ Cal/h}$. Interessante notare che se la corrente viene **raddoppiata** passando da 5 A a 10 A, la potenza sviluppata e la quantità di calore prodotto in un'ora diventa **quattro** volte più grande, perché nella legge di Joule la corrente è presente elevata al quadrato.

	joule	caloria	wattora	kilowattora
1 joule	1	0,000239	0,000278	$2,78 \cdot 10^{-7}$
1 caloria	4186	1	1,162	0,00116
1 wattora	3600	0,860	1	0,001
1 kilowattora	3600000	860	1000	1

Tab. 3.9 - Coefficienti di conversione tra diverse unità di misura dell'energia utilizzate in elettrotecnica.



Fig. 3.28 - Esempi di applicazione delle proprietà elettriche: a) Cavo elettrico: 1-conduttore in rame flessibile, 2-isolante in gomma - b) Effetto Joule sfruttato in una stufa elettrica. Il comando a tre posizioni degli elementi riscaldanti consente una potenza $P_{max} = 1800 \text{ W}$.

3.8.6 Il rendimento

Ogni qualvolta si effettua una trasformazione di energia tra forme superiori (meccanica, chimica, elettrica, ecc.) una parte di tale energia si trasforma in calore, o comunemente si dice si **dissipa** in calore.

Per esempio nelle macchine in generale ci sono gli attriti che producono calore, nelle macchine elettriche, inoltre, le correnti che vi circolano producono nei conduttori calore per effetto Joule.

In ogni macchina (motore elettrico) quindi, la potenza **resa** (potenza meccanica), cioè quella utile, è sempre minore di quella **assorbita** (potenza elettrica), e la differenza tra le due potenze rappresenta la potenza **perduta**, che in pratica si dissipa per varie ragioni (meccaniche, elettriche, ecc.) e non può essere utilizzata nella forma desiderata (nel caso del motore elettrico è quella meccanica). In altre parole vale la seguente relazione:

$$P_a = P_r + P_p$$

dove P_a rappresenta la potenza assorbita, P_r quella resa e infine P_p quella perduta.

Di ogni macchina interessa conoscere il **rendimento** η , cioè il rapporto tra la potenza resa e quella assorbita. Tale rendimento è sempre minore di 1 in quanto c'è sempre la potenza perduta. Si ha perciò che:

$$\eta = \frac{P_r}{P_a} \text{ da cui si può ricavare: } P_r = \eta \cdot P_a \text{ e } P_a = \frac{P_r}{\eta}$$

Il rendimento è possibile determinarlo anche con altre formule, ricordando che: $P_a = P_r + P_p$ e $P_r = P_a - P_p$ si ha quindi che:

$$\eta = \frac{P_r}{P_a} = \frac{P_a - P_p}{P_a} = \frac{P_r}{P_r + P_p}$$

È possibile utilizzare l'una o l'altra formula a seconda che sia più facile determinare P_r , P_a oppure P_p .

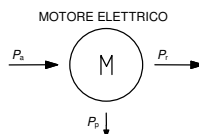


Fig. 3.29 - Relazione tra potenza assorbita, potenza resa e potenza persa.

Quando si parla di potenza di una macchina si vuole indicare sempre la potenza **resa**, per esempio ordinando un motore da 0,75 kW si intende che quella potenza è quella resa dal motore, ovvero la potenza meccanica ricavabile all'albero del motore e non la potenza (elettrica) **assorbita**, che è maggiore in quanto esiste sempre una potenza **perduta**.



a



b

- a) Esempi di motori elettrici. Si noti sulla loro destra il coperchio che protegge la morsettiera necessaria per i collegamenti elettrici attraverso i quali entra nel motore la potenza assorbita (elettrica) e nella parte anteriore l'albero da cui esce la potenza resa (meccanica). Sulla parte superiore di ogni motore è presente la targa con i principali parametri di funzionamento.
- b) Esempio di targa di un motore, si noti in particolare, sulla sinistra, il valore della potenza resa (meccanica) pari a 0,75 kW equivalente a circa un cavallo vapore (1 CV) (1 CV = 735,499 W).

Fig. 3.30 - a) Esempi di motori elettrici - b) Esempio di targa di un motore asincrono monofase.

Nella tab. 3.10 sono riportati i rendimenti percentuali di alcune macchine. Nella tabella sono presenti non solo le macchine elettriche propriamente dette, ma anche le lampade utilizzate per l'illuminazione, le stufe elettriche e le linee elettriche; in particolare per queste ultime l'energia erogata al termine della linea è sempre minore di quella immessa all'origine in quanto una parte di questa energia viene persa sotto forma di calore (effetto Joule) perché i conduttori della linea si riscaldano al passaggio della corrente. Le stufe elettriche hanno il rendimento uguale a 1 (100%) in quanto tutta l'energia assorbita si trasforma in calore.

In generale le macchine di grande potenza hanno un rendimento più elevato rispetto a quelle aventi una potenza più piccola ed è per questo che per ogni voce nella tab. 3.10, c'è un valore del rendimento minimo e massimo; il rendimento che viene riportato nella tab. 3.10, si riferisce alle condizioni nominali di funzionamento e a pieno carico riportate nella targa posta sulla macchina, tipo quella riportata nella fig. 3.30b.

Tipo di macchina	$\eta\%$	Tipo di macchina	$\eta\%$
Motore a scoppio	25÷35	Motori in corrente continua (1÷100 kW)	70÷91
Macchina a vapore	10÷15	Trasformatori trifasi (1÷100 kVA)	93÷97
Caldiaia a vapore	80÷93	Accumulatori al piombo (in amperora)	83÷90
Turbine idrauliche	86÷91	Linee elettriche	90÷97
Alternatori trifasi (300÷50000 kVA)	93÷97,5	Stufe elettriche	100
Dinamo (1÷100 kW)	70÷91	Lampade ad incandescenza	2÷3
Motori trifase (1÷100 kW)	76÷93	Lampade fluorescenti	7

Tab. 3.10 - Esempi di rendimenti percentuali di macchine e apparecchiature a pieno carico.

Nella pratica spesso succede che l'energia, prodotta da una macchina, come per esempio un motore elettrico che genera energia meccanica, venga trasferita mediante un'altra macchina come per esempio una trasmissione meccanica; un altro esempio può essere il caso delle centrali idroelettriche nelle quali l'energia prodotta da una turbina idraulica viene utilizzata per azionare un generatore (alternatore).

Il rendimento del gruppo motore-trasmissione oppure turbina-alternatore è dato dal **prodotto** dei due rendimenti parziali e, quindi, risulta più basso del minore dei due rendimenti.

In generale si ha che per n macchine in serie il rendimento totale η vale:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

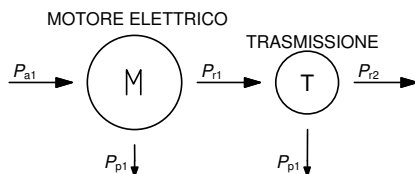


Fig. 3.31 - Rendimento di macchine in serie.

Esempio. Si abbia un motore, che a pieno carico, ha un rendimento del $\eta_1 = 75\%$ e che aziona una trasmissione che ha un rendimento $\eta_2 = 90\%$. Il rendimento complessivo η risulta: $\eta = 0,75 \cdot 0,90 = 0,67 = 67\%$.

Molto spesso, come per esempio negli impianti elettrici, gli utilizzatori come i motori elettrici sono collegati in parallelo su una linea che li alimenta contemporaneamente.

Il rendimento complessivo η di tutto l'impianto, in questo caso, si determina facendo il rapporto tra la somma delle potenze rese (P_r) e la somma delle potenze assorbite (P_a) dai singoli utilizzatori, dove n rappresenta il numero degli utilizzatori, in altre parole si ha che:

$$\eta = \frac{P_{r1} + P_{r2} + P_{r3} + \dots + P_{rn}}{P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + \dots + P_{an}}$$

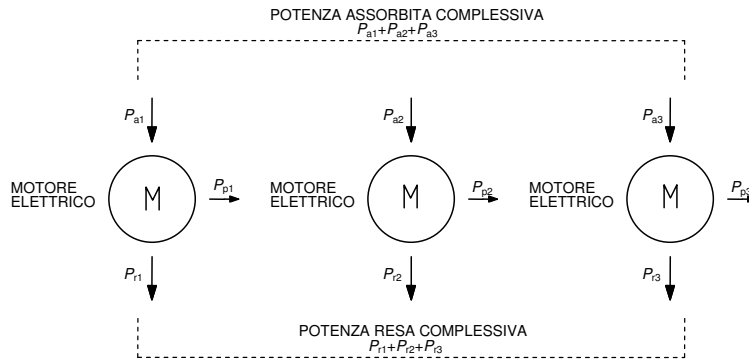


Fig. 3.32 - Rendimento di macchine in parallelo.

Esempio. In un impianto vi sono tre motori aventi, a pieno carico, le potenze (rese) e i rendimenti riportati di seguito.

Motore M1: rendimento $\eta_1 = 84\%$; potenza resa $P_{r1} = 7,5$ kW.

Motore M2: rendimento $\eta_2 = 88\%$; potenza resa $P_{r2} = 15$ kW.

Motore M3: rendimento $\eta_3 = 91\%$; potenza resa $P_{r3} = 22$ kW.

Le potenze (elettriche) assorbite P_{a1} P_{a2} P_{a3} rispettivamente dai motori M1, M2, M3, risultano:

$$P_{a1} = \frac{P_{r1}}{\eta_1} = \frac{7,5}{0,84} = 8,93 \text{ kW} \quad P_{a2} = \frac{P_{r2}}{\eta_2} = \frac{15}{0,88} = 17,04 \text{ kW} \quad P_{a3} = \frac{P_{r3}}{\eta_3} = \frac{22}{0,91} = 24,17 \text{ kW}.$$

Il rendimento complessivo dell'impianto risulta essere pari a:

$$\eta = \frac{P_{r1} + P_{r2} + P_{r3}}{P_{a1} + P_{a2} + P_{a3}} = \frac{7,5 + 15 + 22}{8,93 + 17,04 + 24,17} = 0,89 = 89\%.$$

3.9 Effetto piezoelettrico e termoelettrico

Nel campo dell'automazione vengono spesso utilizzati i trasduttori che consentono di convertire una grandezza fisica in ingresso (forza, flusso, accelerazione, pressione, temperatura, ecc.) in un'altra uscita di tipo diverso in particolare di tipo elettrico che facilmente si può interfacciare con le altre apparecchiature elettriche ed elettroniche utilizzate negli impianti automatici.

Questi trasduttori funzionano sfruttando alcuni fenomeni che prendono il nome di **effetto piezoelettrico**, **Seebeck**, **Thomson**, **termoelettronico** che verranno brevemente illustrati di seguito e di cui si vedranno le applicazioni in successivi capitoli.

La **piezoelettricità** è la capacità di alcuni materiali cristallini di manifestare una carica elettrica se sottoposti ad una sollecitazione meccanica (effetto diretto) oppure di deformarsi se sottoposti a una tensione elettrica (effetto inverso). Questo effetto, che si presenta sia in fase di trazione che di compressione, si manifesta nel quarzo, nella tormalina o nel sale di Rochelle oppure in alcuni materiali denominati ceramiche piezoelettriche che presentano questo fenomeno artificialmente, se sottoposti a un campo elettrico esterno.

L'effetto piezoelettrico diretto si ha quando la struttura cristallina, a causa di una deformazione dovuta ad una sollecitazione meccanica, si polarizza generando una tensione elettrica la cui polarità dipende dal verso della sollecitazione meccanica. La struttura cristallina, in questo caso, si comporta da generatore effettuando la conversione diretta dell'energia meccanica in energia elettrica (v. fig. 3.33a).

Viceversa applicando ai materiali sopra citati una tensione elettrica, la loro struttura cristallina si deforma in relazione all'intensità del campo elettrico applicato. In questo caso, siamo in presenza dell'effetto piezoelettrico inverso, la struttura cristallina si comporta da attuatore in quanto l'energia elettrica fornita al materiale viene convertita direttamente in energia meccanica (v. fig. 3.33b).



Fig. 3.33 - a) Un elemento piezoelettrico quando viene sottoposto a trazione (allungato) genera una certa tensione, e quando invece viene sottoposto a compressione (accorciato) genera la stessa tensione, ma di segno opposto - b) Un elemento piezoelettrico se sottoposto ad una certa tensione elettrica subisce un allungamento, viceversa, sottoposto alla stessa tensione, ma di segno opposto, subisce una riduzione di lunghezza.

Se la tensione applicata non è continua, ma alternata il cristallo può produrre delle vibrazioni.

Questi particolari attuatori sono molto utilizzati in ottica e sono in grado di aggiustare la posizione di lenti e specchi con precisione dell'ordine del nanometro. Vengono inoltre utilizzati per applicazioni in cui l'ampiezza dello spostamento non è influente, ma viene richiesto un notevole trasferimento di energia. Tra le applicazioni più comuni in cui vengono usati gli attuatori piezoelettrici vanno ricordati i generatori di ultrasuoni utilizzati nella diagnostica medica e i bagni ultrasonici per la pulizia di piccoli oggetti.

Quando due metalli o dei semiconduttori drogati di tipo diverso vengono messi a contatto, tra di essi si localizza una differenza di potenziale attribuibile al diverso valore dei potenziali elettrochimici dei due materiali (**effetto Seebeck**). A causa di ciò, nel contatto si ha uno spostamento di cariche elettriche e conseguentemente, a regime, si stabilisce una differenza di potenziale.

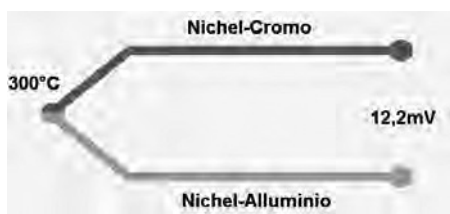
Il punto in cui gli elementi vengono accoppiati è detto *giunto caldo*, mentre gli estremi opposti, lasciati liberi e contraddistinti dalle polarità + e -, vengono denominati *giunto freddo* o giunto di riferimento.

Se le giunzioni vengono mantenute a temperature differenti si manifesterà tra esse una d.d.p. che dipende dalla differenza di temperatura e dai materiali che costituiscono la coppia di materiali (v. tab. 3.11).

Coppia	100 °C	500 °C	1000 °C
		[mV]	
Ferro-Costantana (J)	5,37	27,84	---
Rame-Costantana (T)	4,25	27,40	---
Chromel-Alumel (K)	4,04	20,64	41,32
Platino-Platino con il 10% di Rodio (S)	0,64	4,22	9,60

Tab. 3.11 - Tensioni generate da alcune termocoppie in funzione della differenza di temperatura tra il giunto caldo e quello freddo.

Su questo principio si basano le termocoppie per la misura di temperatura, nelle quali la scelta della coppia di materiali (rame-costantana, ferro-costantana) è fatta in funzione della gamma di temperature che devono essere rilevate. Il parametro di maggiore interesse in una termocoppia è il *potere termoelettrico*, ovvero il rapporto $\Delta U/\Delta T$, misurato in mV/°C fornisce il valore della tensione per unità di salto termico; nel caso della coppia ferro-costantana si genera una tensione di 50 $\mu V/^\circ C$ che viene impiegata generalmente per misure di temperatura fino a circa 600 °C.



Questo tipo di termocoppia, denominato di tipo K, è costituito da due leghe metalliche Chromel (nichel-cromo) e Alumel (nichel-alluminio).

Nell'esempio, riportato nella figura a sinistra, è possibile osservare che se si pone il giunto caldo a 300 °C sul giunto freddo è presente una tensione di 12,2 mV.

Questi tipi di termocoppie sono di uso generale, economiche e disponibili in una grande varietà di formati. Il loro intervallo di misura va da -200 °C a +1260 °C.

Il potere termoelettrico è di circa 41 $\mu V/^\circ C$.



Fig. 3.34 - Termocoppia di tipo K: a) Schema di principio - b) Termocoppia commerciale di tipo K.

Il valore del potere termoelettrico può essere rispettivamente positivo e negativo, nel primo caso la tensione ha lo stesso segno del salto termico ovvero il giunto caldo è positivo rispetto a quello freddo mentre nel secondo vale in viceversa.

L'effetto **Thomson** si manifesta in modo simile a quello Seebeck, ma riguarda un solo conduttore nel quale si stabilisce una d.d.p. tra due punti mantenuti a temperature diverse.

Il rapporto $\Delta U/\Delta T$, chiamato coefficiente di Thomson, può essere positivo (con il potenziale maggiore nel punto più caldo) oppure negativo (con il potenziale maggiore nel punto più freddo). Per esempio, il coefficiente di Thomson, per il rame vale $+1,5 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, mentre per il platino vale $-9 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

L'effetto **termoelettronico**, consiste nell'emissione indotta termicamente di particelle cariche (elettroni o ioni), da parte di un materiale, tipicamente un metallo riscaldato ad alta temperatura, per esempio a seguito del passaggio di una corrente elettrica.

L'emissione degli elettroni avviene come conseguenza dell'aumento della loro energia cinetica, rivelato come aumento della temperatura, che permette loro di vincere la forza che li trattiene vincolati agli atomi del materiale.

La particella emessa tenderà a rimanere in prossimità della superficie emettitrice, superficie che si sarà caricata di una carica opposta nel segno ma uguale in modulo al totale delle cariche emesse.

Questo effetto, che in passato veniva utilizzato per il funzionamento delle valvole termoioniche usate nelle apparecchiature elettroniche al posto dei moderni transistor e circuiti integrati, si verifica nelle normali lampade ad incandescenza ovvero l'assottigliamento progressivo del filamento lo porta lentamente alla rottura.

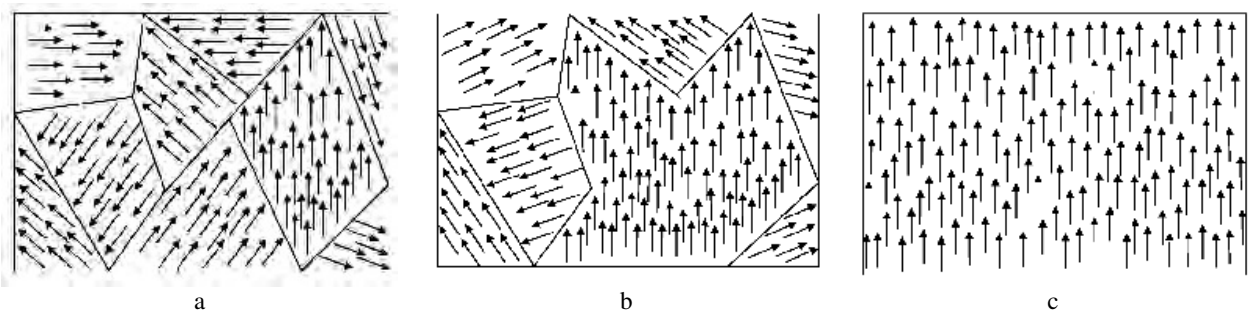
3.10 Proprietà magnetiche

In presenza di un campo magnetico i materiali acquistano proprietà particolari denominate magnetiche. Tali proprietà dipendono dai campi magnetici presenti al livello atomico, dovuti al momento magnetico generato dal movimento dell'elettrone lungo la sua orbita e dalla sua rotazione intorno al suo asse (campo di Weiss).

In altre parole, l'elettrone in moto è come un magnete elementare piccolissimo, un materiale può essere pensato come suddiviso in tante piccolissime zone, chiamate domini di Weiss (v. fig. 3.35), all'interno delle quali gli atomi sono magnetizzati nella stessa direzione, normalmente però i vari domini sono orientati in modo disordinato e l'effetto totale non riesce a magnetizzare il corpo stesso, che si mantiene allo stato neutro.

In alcuni casi, come per esempio nei magneti permanenti, si può avere una magnetizzazione spontanea ovvero si ha un campo magnetico anche in assenza di interventi esterni.

Se sul materiale va ad agire una forza magnetizzante esterna, i domini tendono a orientarsi tutti nella stessa direzione; se tale direzione coincide con quella della forza magnetizzante, il materiale avrà un comportamento atto a favorire la magnetizzazione come, per esempio, l'alluminio (materiali paramagnetici); se invece non coincide, si è in presenza di un comportamento che tende ad opporsi alla magnetizzazione come per esempio con il rame e l'argento (materiali diamagnetici).



Le sostanze ferromagnetiche sono quelle che, esposte ad un campo magnetico esterno, ne aumentano l'intensità. Sono composte da atomi dotati di un proprio momento magnetico e risultano raggruppate nei cosiddetti domini di Weiss, micro regioni composte da atomi con lo stesso momento magnetico, dotate quindi di un proprio momento magnetico complessivo.

In assenza di un campo magnetico esterno le sostanze ferromagnetiche sono pressoché smagnetizzate in quanto i singoli momenti magnetici dei vari domini di Weiss si annullano reciprocamente (v. fig. 3.35a). Un campo magnetico esterno causa però un momento torcente su tali domini, che sono così portati ad orientare i propri atomi concordemente con il campo esterno. Il fenomeno coinvolge dapprima i domini con un orientamento simile a quello del campo esterno i quali, a loro volta, trascinano durante la rotazione i domini a loro adiacenti (v. fig. 3.35b).

Dopo un certo lasso di tempo tutti i domini della sostanza saranno orientati nello stesso verso del campo esterno, alla cui intensità si aggiungono ora i vari campi generati dagli atomi della sostanza che sono ora orientati tutti nello stesso modo (v. fig. 3.35c). Grazie ai materiali ferromagnetici il valore di un campo magnetico può essere aumentato fino a centinaia o migliaia di volte rispetto al campo in assenza del materiale.

Le sostanze ferromagnetiche hanno inoltre la proprietà di mantenere, dopo l'esposizione ad un campo magnetico, un proprio magnetismo (detto residuo) in quanto i domini di Weiss tendono a rimanere orientati tutti nello stesso verso.

Fig. 3.35 - Materiali ferromagnetici: domini di Weiss.

Esistono materiali, detti ferromagnetici, in cui il campo magnetico dei domini di Weiss è orientato nello stesso senso della forza magnetizzante esterna, tale contributo interno risulta preponderante rispetto all'azione esterna riuscendo così a magnetizzare in modo molto accentuato il materiale come per esempio nel ferro e le sue leghe, il nichel ed altri materiali.

Queste proprietà risultano di particolare importanza per la costruzione delle macchine elettriche come i motori e i trasformatori.

I fattori che caratterizzano i materiali magnetici sono: la permeabilità magnetica, la caratteristica di magnetizzazione, il ciclo di isteresi, la cifra di perdita.

La **permeabilità magnetica**. Un flusso magnetico può liberamente passare attraverso l'aria, il legno, il ferro, ecc., ma l'attitudine di un materiale a farsi attraversare da un flusso magnetico è diversa da materiale a materiale.

Quindi ogni materiale ha una propria permeabilità magnetica μ caratterizzata dalla sua attitudine a lasciarsi attraversare da un flusso magnetico; la permeabilità magnetica si misura in henry al metro [H/m] ed è calcolabile come rapporto tra l'intensità B [1 Wb/m² = 1 T] del vettore induzione magnetica e il valore H [A/m] della forza del campo magnetico ovvero si ha che $\mu = B/H$.

Per l'aria la permeabilità μ è costante comunque vari il campo magnetico o l'induzione; viceversa per i materiali ferrosi (ferro, acciaio, ghisa e leghe derivate) la permeabilità varia fortemente al variare della forza magnetica H e della induzione B .

Per comprendere meglio i fenomeni legati alle proprietà magnetiche, vale la pena ricordare che il valore della forza magnetomotrice F_m all'interno di un solenoide o bobina, percorso da corrente elettrica, dipende dall'intensità della corrente I e dal numero delle spire N , ovvero $F_m = N \cdot I$.

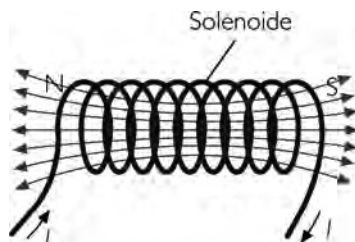


Fig. 3.36 - Campo magnetico prodotto da un solenoide percorso da corrente.

All'interno del solenoide di lunghezza assiale l , il valore di F_m dà luogo a una forza magnetizzante $H = F_m/l = N \cdot I/l$, tale valore risulta indipendente dal materiale su cui è avvolto il solenoide, in altre parole introducendo nel solenoide un nucleo di legno, ferro, acciaio, ecc., l'intensità della forza magnetizzante H non varia se restano invariate le altre grandezze ovvero l'intensità della corrente, il numero delle spire e la lunghezza assiale del solenoide.

Il valore del campo magnetico che si genera sotto l'azione della forza magnetizzante H è data dal modulo del vettore induzione magnetica B e si calcola mediante la relazione $B = \mu \cdot H$, in altre parole se rimane costante la forza magnetizzante il campo magnetico B è tanto più elevato quanto è grande la permeabilità del materiale del nucleo.

Poiché la permeabilità del materiale viene espressa con numeri molto piccoli, è d'uso misurare la permeabilità dei vari materiali, chiamata permeabilità relativa μ_r , prendendo come riferimento quella del vuoto μ_0 ($\mu_0 = 1,256 \times 10^{-6}$ H/m), chiamata permeabilità magnetica assoluta, la quale non solo è la minore di tutte le altre permeabilità, ma è anche costante al variare dell'induzione B .

La permeabilità relativa è data dal rapporto $\mu_r = \mu/\mu_0$ e indica quante volte la permeabilità del materiale è maggiore di quella del vuoto.

In presenza di una forza magnetizzante di valore H , l'induzione magnetica B presente in un materiale di permeabilità magnetica μ e la corrispondente induzione B_0 presente nel vuoto sono legate dalla relazione $B = \mu_r \cdot B_0$ dove μ_r rappresenta la permeabilità relativa del materiale rispetto a quella del vuoto.

I materiali possono essere classificati, dal punto di vista delle proprietà magnetiche, in tre categorie: materiali ferromagnetici, paramagnetici e diamagnetici.

Materiali ferromagnetici. Possono assumere una grande magnetizzazione e, talvolta, la possono conservare anche quando non esiste più il campo magnetizzante (magneti permanenti o calamite).

I materiali ferromagnetici sono il ferro, l'acciaio, la ghisa, a cui si aggiungono il nichel, il cobalto ed alcune leghe speciali a base di nichel. Per questi materiali la magnetizzazione ha il senso del campo magnetizzante.

Questi materiali sono caratterizzati da $\mu_r \gg 1$ ovvero anche migliaia di volte superiore a quella del vuoto $\mu_r \gg \mu_0$; l'uso di questi materiali, per esempio nelle macchine elettriche come i motori elettrici e i trasformatori, consente di ottenere induzioni B molto intense ($B \gg B_0$) con limitati valori di H e quindi con correnti magnetizzanti limitate.

Le proprietà di questi materiali tendono a sparire e i materiali tendono a diventare paramagnetici al di sopra di una certa temperatura, detta di Curie; ogni materiale ha una propria temperatura di Curie, per esempio per il nichel vale 345 °C, per il ferro vale 768 °C e per il cobalto 1115 °C.

Materiali paramagnetici. Se sono sottoposti ad un campo magnetizzante si magnetizzano molto leggermente e nel senso del campo magnetizzante. Appartengono a questa categoria l'alluminio, il cromo, il manganese ed alcuni isolanti come l'ebanite, l'ossigeno, l'azoto. Si può dire che la magnetizzazione è leggermente superiore a quella che si produrrebbe nel vuoto, la permeabilità relativa è leggermente superiore a 1 (per l'alluminio $\mu_r = 1,00002$) e quindi il valore dell'induzione B si può ritenere circa uguale a B_0 .

Materiali diamagnetici. Se sottoposti ad un campo magnetizzante si magnetizzano molto leggermente, ma in senso opposto al campo magnetizzante. Appartengono a questa categoria il rame, il piombo, l'argento, il mercurio, il carbone, il bismuto, il vetro, l'acqua, l'idrogeno, ecc.

Si può dire che la magnetizzazione di questi materiali è inferiore a quella che si produrrebbe nel vuoto; questi materiali hanno una permeabilità magnetica relativa μ_r leggermente inferiore a 1 (il bismuto, che è la sostanza più diamagnetica ha un valore di $\mu_r = 0,9998$) e quindi il valore dell'induzione B si può ritenere circa uguale a B_0 .

Questi materiali, in particolare il rame, invece di essere attratti da un magnete, vengono respinti, anche se in modo estremamente debole, in quanto il verso della loro magnetizzazione è contrario al verso del campo magnetizzante.

È da tenere presente che, mentre nei materiali paramagnetici e diamagnetici la permeabilità è costante al variare dell'induzione, per i materiali ferromagnetici, invece, la permeabilità varia fortemente al variare dell'induzione.

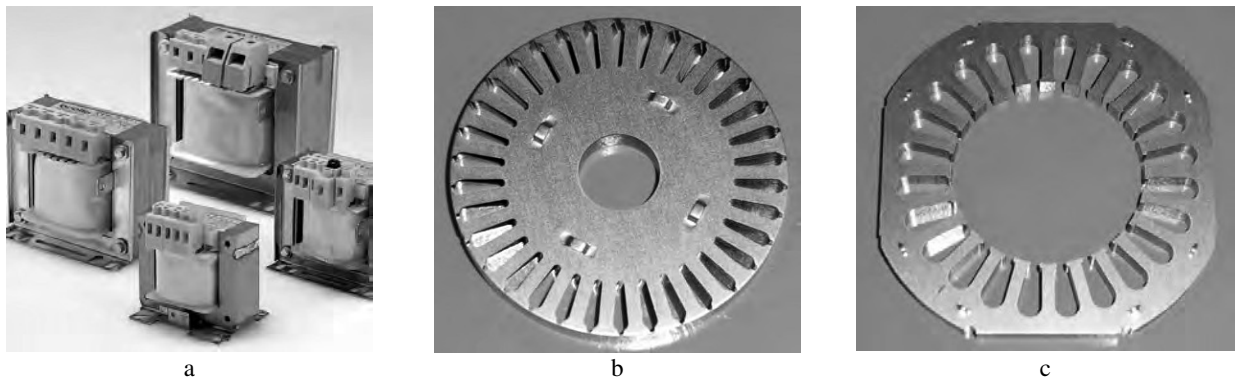


Fig. 3.37 - Esempi di applicazione dei materiali ferromagnetici: a) Nucleo magnetico di trasformatori - Lamierini magnetici per motori asincroni: b) Rotore - c) Statore.

Curva di magnetizzazione. Se in un solenoide si introduce un nucleo di materiale ferromagnetico e si fa passare corrente nel solenoide, aumentandola gradatamente partendo dal valore zero, si constata che l'induzione B nel nucleo di materiale ferromagnetico in principio aumenta fortemente come mostrato nella fig. 3.38a nel tratto OL.

Il grafico, chiamato caratteristica o curva di magnetizzazione, presenta in ordinata l'induzione B e in ascissa la forza magnetizzante H proporzionale a sua volta alla corrente I che circola nel solenoide.

Nel grafico è possibile notare che dopo un tratto rettilineo OA, aumentando ancora la corrente e quindi H , l'aumento di B non è più proporzionale all'aumento di H , come mostra il tratto ALM; anzi dopo il ginocchio LM, pur aumentando fortemente la forza magnetica l'aumento di B è piccolissimo.

Quindi dopo il *ginocchio* si ha la *saturation magnetica* (nel grafico di fig. 3.38a corrisponde alla zona identificata dalla lettera S) e il materiale si comporta da materiale paramagnetico, cioè tutti i domini magnetici sono orientati e il contributo del campo magnetico interno al materiale non aumenta più, per cui la curva procede all'incirca con la stessa inclinazione della caratteristica magnetica che si ha nel vuoto.

Nelle macchine elettriche il materiale ferromagnetico viene normalmente fatto lavorare nel tratto LMT e mai nel tratto rettilineo iniziale OA dove una piccola variazione del campo produrrebbe una forte variazione di induzione incompatibile con il regolare funzionamento della macchina. Da notare che variando il campo e l'induzione varia anche la permeabilità del materiale sottoposto a magnetizzazione come mostrato nella fig. 3.38b.

Nella fig. 3.38c vengono mostrate le curve di magnetizzazione di alcuni materiali ferromagnetici, se si volesse riportare su tale grafico anche la curva di magnetizzazione dell'aria, essa risulterebbe una retta uscente dall'origine 0 degli assi coordinati e avente per una forza magnetizzante H di 5000 A/m una bassissima induzione B pari a 6,2 mT, tale retta praticamente sarebbe quasi sovrapposta all'asse delle ascisse.

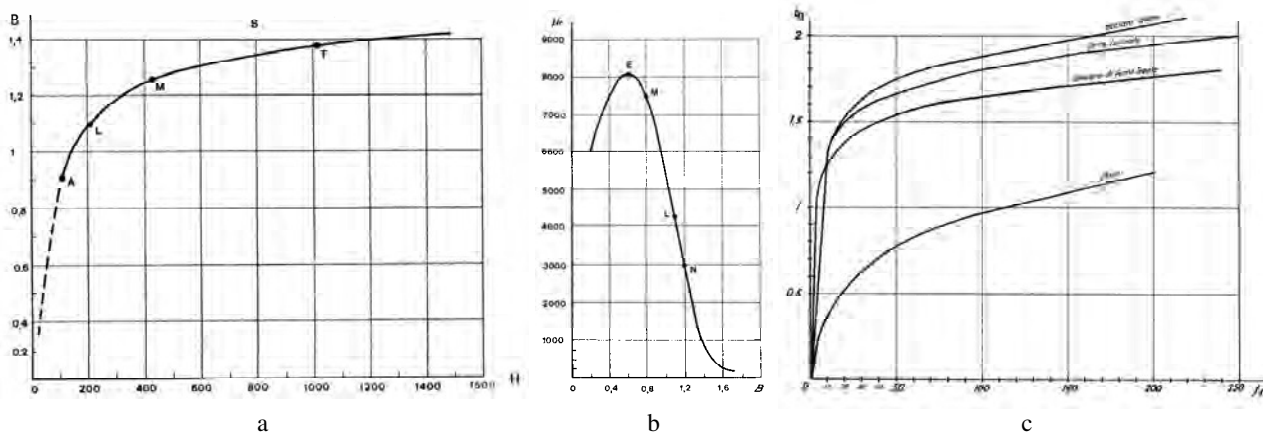


Fig. 3.38 - a) Curva sperimentale di magnetizzazione di un materiale ferromagnetico - b) Curva della permeabilità magnetica relativa di una lamiera in funzione dell'induzione - c) Curve di magnetizzazione di alcuni materiali ferromagnetici.

Il ferro, esaminato al microscopio, si presenta, come già detto in precedenza, con una struttura cristallina, tali cristalli, nelle normali lamiere utilizzate nelle macchine elettriche non hanno un orientamento uniforme.

Esistono alcuni materiali ferromagnetici, che presentano il fenomeno dell'anisotropia magnetica, ovvero se si riesce ad orientare i cristalli del materiale in una certa direzione, questi presentano a parità di forza magnetizzante H , un'induzione maggiore in alcune direzioni (permeabilità di valore maggiore) e minore in altre (permeabilità di valore minore).

Questa caratteristica del materiale viene ottenuta orientando i cristalli mediante la laminazione prima a caldo e poi a freddo con successiva ricottura a circa $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, con questa tecnica vengono preparate le lamiere ferro-silicio a cristalli orientati in modo da orientare la maggior parte dei cristalli lungo la direzione di laminazione, che sarà poi quella che avrà una maggiore permeabilità magnetica. Utilizzate per la costruzione delle macchine elettriche consentono a parità di induzione di ridurre le perdite aumentando il rendimento della macchina.

Isteresi magnetica. Quando un materiale ferromagnetico viene magnetizzato mediante un campo H via via crescente si può disegnare la curva OA , come mostrato nella fig. 3.39a, analoga alla curva di prima magnetizzazione del materiale in esame. Tale curva, dopo un primo tratto quasi rettilineo presenta un ginocchio oltre il quale, pur aumentando fortemente la corrente e quindi il campo H , non si hanno più aumenti sensibili dell'induzione B : il materiale si è saturato.

Arrivati al punto A della curva se si fa diminuire progressivamente la corrente e quindi il campo H , si nota che l'induzione diminuisce, però i valori dell'induzione B sono, a parità di campo H , tutti superiori a quelli della prima curva: ovvero durante la smagnetizzazione l'induzione diminuisce secondo la curva AB_1 e quando la corrente si è ridotta a zero il materiale non si è completamente smagnetizzato ma, presenta un'induzione residua OB_1 .

Volendo smagnetizzare completamente il ferro occorre non solo invertire il senso della corrente, ma aumentarla nuovamente e progressivamente di valore fino ad arrivare ad un certo valore OC del campo H : infatti, nel punto C l'induzione è nulla. In altre parole l'induzione B segue con ritardo gli effetti delle variazioni della corrente magnetizzate; a questo fenomeno è stato dato il nome di **isteresi magnetica** (isteresi, parola derivata dal greco, che significa ritardo).

Se si prosegue ad aumentare la corrente (già invertita di senso), l'induzione aumenta nuovamente finché, con un campo magnetizzante di valore OD si perviene a un punto A_1 perfettamente simmetrico rispetto ad A . Se giunti in A_1 si diminuisce gradualmente la corrente magnetizzante fino ad annullarla la magnetizzazione non si annulla, ma conserva un valore OB_2 uguale e contrario a quello OB_1 ottenuto precedentemente annullando la corrente di magnetizzazione.

Per smagnetizzare completamente il materiale occorre nuovamente invertire il senso della corrente e aumentarla gradualmente finché il campo non è arrivato al valore $OC_1 = OC$. I valori OC e OC_1 del campo H_c rappresentano la forza coercitiva (positiva o negativa) necessaria per smagnetizzare completamente il materiale ferromagnetici.

I materiali ferromagnetici con un elevato valore di H_c sono detti duri, mentre quelli con ridotto valore di H_c sono chiamati dolci, in quanto si smagnetizzano facilmente.

Le quattro curve ottenute con questo procedimento e cioè quelle AB_1 , B_1A_1 , A_1B_2 , e B_2A (ottenute rispettivamente con corrente in un senso oppure in senso opposto) delimitano una figura geometrica chiusa detta **ciclo d'isteresi**. L'area di tale ciclo è proporzionale all'energia richiesta per orientare tutti i domini di Weiss prima in un senso e poi in senso opposto, cioè per invertire il senso della magnetizzazione.

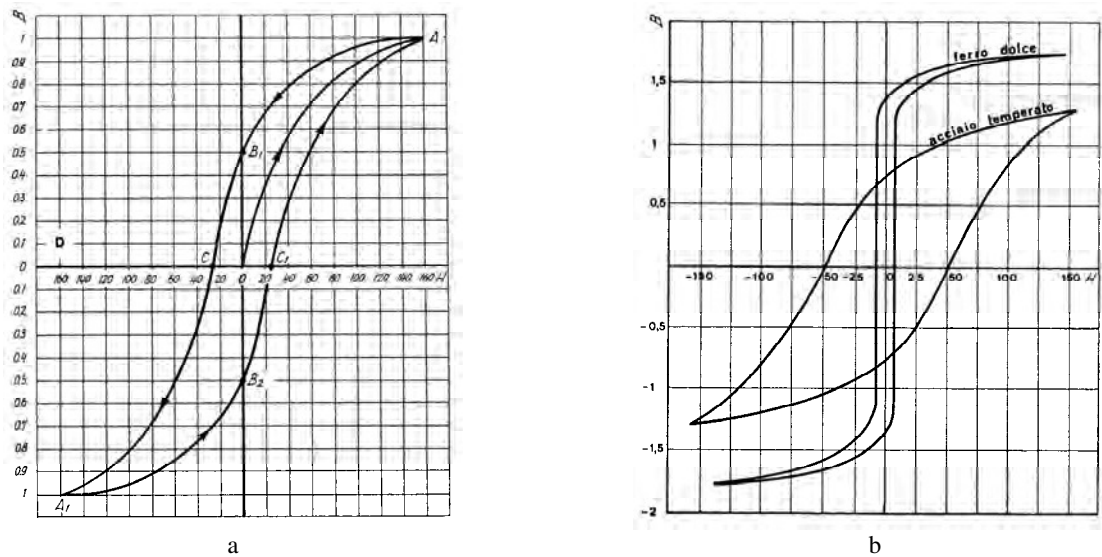


Fig. 3.39 - a) Ciclo di isteresi di un materiale magnetico - b) Esempi di diverse forme del ciclo di isteresi.

L'energia rappresenta le perdite per isteresi che sono una caratteristica di ogni materiale ferromagnetico. In pratica se la corrente magnetizzante è alternata essa si inverte continuamente ed automaticamente ne consegue una perdita continua di energia per magnetizzare, smagnetizzare, rimagnetizzare ecc.

Il ciclo di isteresi può variare di forma, come mostrato nella fig. 3.39b, a seconda del materiale sottoposto alla magnetizzazione alternata.

Per il ferro dolce o l'acciaio dolce il ciclo è molto stretto, il che rappresenta una piccola perdita per isteresi, il magnetismo residuo è alquanto elevato, ma basta una piccola forza coercitiva per smagnetizzare completamente il materiale. Perciò il ferro dolce è adatto per costruire il nucleo di elettromagneti (relè, elettrovalvole, ecc.), dove si ha smagnetizzazione del nucleo appena cessa la corrente nella bobina.

Nel caso dell'acciaio temperato, il ciclo è molto largo e la forza coercitiva è grande, cioè questo materiale conserva a lungo il magnetismo e quindi è adatto per la costruzione di magneti permanenti (calamite).

Perdite nei materiali ferromagnetici e cifra di perdita. Nei materiali ferromagnetici, se sono sottoposti ad un campo magnetico alternato, si hanno le cosiddette **perdite nel ferro** dovute alle perdite per **isteresi magnetica** e per **correnti parassite**. Vale la pena ricordare che entrambi i fenomeni sono legati alla variabilità nel tempo del campo magnetico, se tale campo è costante le perdite risultano nulle.

La potenza persa per **isteresi magnetica** è proporzionale al numero di cicli di isteresi descritti in un secondo, dipendono dal tipo di materiale (varia la forma e la dimensione del ciclo di isteresi), dal valore dell'induzione massima B_M all'aumentare del quale il ciclo diventa più ampio, dalla frequenza f della corrente di magnetizzazione il cui aumento determina un maggior numero di cicli descritti nell'unità di tempo. Utilizzando il ferro al silicio, è possibile ridurre l'area del ciclo di isteresi e di conseguenza le perdite per isteresi.

Le perdite per **correnti parassite** nascono in un materiale conduttore quando questo è investito da un campo magnetico variabile nel tempo oppure il materiale conduttore si muove in un campo magnetico costante.

Ciò accade come conseguenza della legge di Faraday relativa al fenomeno dell'induzione magnetica: quando un circuito si concatena con un flusso magnetico variabile nel tempo, nel circuito elettrico nasce una f.e.m. indotta.

Se la f.e.m. indotta e agisce in un circuito chiuso di resistenza R , nel circuito si ha una circolazione di corrente indotta parassita pari $i = e/R$.

In un nucleo di materiale ferromagnetico, come in un circuito chiuso, possono nascere queste correnti che determinano una dissipazione di energia elettrica, per effetto Joule, sotto forma di calore.

Per limitare gli effetti delle correnti parassite si cerca di aumentare la resistenza dei possibili percorsi che le correnti indotte trovano all'interno del conduttore investito da un campo magnetico variabile nel tempo; normalmente si suddivide il nucleo massiccio dei circuiti magnetici in tante lamiere sottili, parallele alle linee di flusso e/o aumentando la resistività dei materiali impiegati (utilizzando ferro al silicio che ha una resistività 4 volte maggiore di quella del ferro dolce). Proprio al fine di limitare le perdite per correnti parassite, i nuclei dei trasformatori sono generalmente laminati con uno spessore $\delta = 0,35 \div 0,5$ mm.

I lamierini sono normalmente isolati tra loro mediante vernici termoisolanti oppure facendo ossidare il ferro sulle superfici; possono essere in ferro e silicio ordinari (nelle macchine elettriche rotanti e nei trasformatori di piccola potenza) oppure in ferro-silicio speciale a cristalli orientati in quasi tutti i trasformatori.

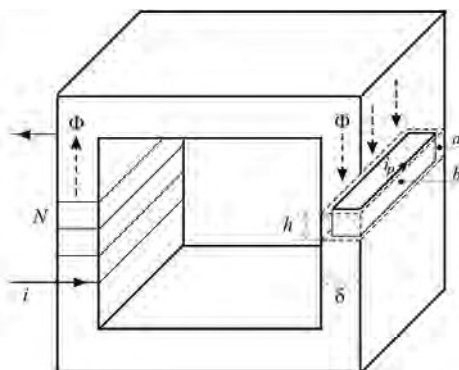


Fig. 3.40 - Perdite per correnti parassite.

Nella figura a fianco viene mostrato un circuito magnetico costituito da un nucleo in ferro massiccio di lunghezza media complessiva l realizzato con un materiale ferromagnetico su cui è avvolta una bobina (solenoid) avente N spire attraversate da una corrente alternata i , la bobina crea un campo magnetizzante variabile nel tempo $H = (N \cdot i) / l$.

Nel nucleo, a causa del campo H , si ha un flusso magnetico $\Phi = B \cdot S$, dove B rappresenta l'induzione presente nel nucleo ed S la superficie perpendicolare alla direzione del flusso. Il flusso Φ come il campo H risulta variabile nel tempo.

Se si considera un piccolo tronco di nucleo (a) di altezza h e di spessore δ come se fossero presenti tanti circuiti chiusi, cioè delle spire (b).

Il flusso concatenato con queste spire variando nel tempo, fa sì che le spire diventino sede di f.e.m. e quindi, visto che il circuito è chiuso, saranno attraversate da una corrente denominata corrente indotta parassita i_p . È la corrente i_p , che a causa dell'effetto Joule, determinerà le perdite per correnti parassite.

L'impiego del silicio porta due vantaggi: riduce l'ampiezza del ciclo di isteresi del materiale e contemporaneamente aumenta la resistività elettrica ρ del materiale.

L'impiego del silicio fa diminuire sia le perdite per isteresi che le perdite per correnti parassite, ha lo svantaggio di rendere il materiale molto fragile, pertanto la percentuale di silicio è limitata a un massimo del 5% per i trasformatori e percentuali inferiori nelle macchine rotanti.

Le perdite, nei materiali ferromagnetici, possono essere calcolate mediante opportune formule, i produttori di materiali magnetici forniscono però un particolare valore di perdita specifica, determinata sperimentalmente, detto **cifra di perdita**.

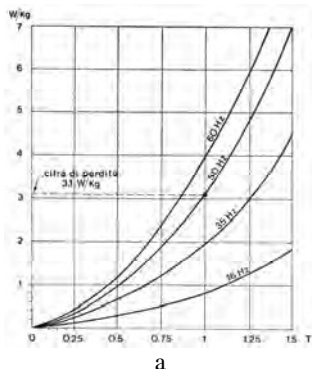
La cifra di perdita [W/kg] è definita come la perdita specifica (riferita a una massa unitaria), per isteresi e per correnti parassite, che si ha quando un materiale è sottoposto a un campo magnetico alternato sinusoidale con una frequenza $f = 50$ Hz e con un'induzione massima B_M prestabilita. Generalmente si fa riferimento a un'induzione pari a $B_M = 1$ T oppure $B_M = 1,5$ T. Se è nota la cifra di perdita P_0 per un'induzione $B_0 = 1$ T, allora la perdita nel ferro specifica P_{fs} per $B_M = 1,2$ T è data da:

$$P_{fs} = P_0 \left(\frac{B_M}{B_0} \right)^2 = P_0 \left(\frac{1,2}{1} \right)^2$$

La cifra di perdita è normalmente riferita a lamiere nuove, quando si effettuano i calcoli per determinare le perdite nel ferro, si deve tenere conto di un loro aumento del 5÷10% a causa dell'invecchiamento del materiale e delle lavorazioni meccaniche necessarie per la realizzazione dei nuclei magnetici.

Tipo di materiale ferromagnetico	Cifra di perdita [W/kg]		Note
	Spessore lamierino 0,5 mm	Spessore lamierino 0,35 mm	
Ferro normale	3,6	---	---
Ferro con silicio al 1÷1,5%	2,2÷2,5	---	Lamiera semilegata
Ferro con silicio al 2÷2,5%	1,7÷2	---	Lamiera legata
Ferro con silicio al 3,5÷4,5%	1÷1,2	0,8÷1	Lamiera extralegata
Ferro con silicio al 3% a cristalli orientati	---	0,4÷0,5	(Cifra di perdita nella direzione della laminazione)

Tab. 3.12 - Esempi di cifra di perdita. Frequenza $f = 50$ Hz e induzione $B_M = 1$ T.



Alle normali induzioni (0,75÷1,5 T) e alla frequenza di 50 Hz le perdite per isteresi sono generalmente superiori a quelle per correnti parassite.

Per esempio in una lamiera per motori in corrente continua, avente una cifra di perdita di 3,1 W/kg, si hanno, alla frequenza di 50 Hz, le percentuali riportate nella seguente tabella.

Induzione	0,75 T	1 T	1,5 T
Perdite totali	2 W/kg	3,1 W/kg	7 W/kg
Perdite per isteresi	76%	63%	73%
Perdite per correnti parassite	24%	37%	27%

Fig. 3.41 - a) Perdite complessive (perdite per isteresi + perdite per correnti parassite) nelle lamiere di ferro a varie frequenze - b) Percentuali, alla frequenza di 50 Hz, delle perdite per isteresi e per correnti parassite.

Nella fig. 3.41a viene mostrata nel grafico come variano le perdite nel ferro al variare dell'induzione ad alcune frequenze di funzionamento. Aumentando il valore dell'induzione le perdite aumentano fortemente con legge quadratica. A parità di induzione le perdite aumentano fortemente aumentando la frequenza per esempio da 50 Hz a 60 Hz.

Alle normali induzioni (0,75÷1,5 T) ed alla frequenza di 50 Hz, le perdite per isteresi sono generalmente superiori a quelle per correnti parassite. Per esempio in una lamiera per motori in corrente continua, avente una cifra di perdita di 3,1 W/kg, si hanno, alla frequenza di 50 Hz, le percentuali riportate nella tabella di fig. 3.41b.

Esempio. Calcolare le perdite nel ferro, specifica e totale, relative a un nucleo magnetico avente una massa $m = 100$ kg, sotto l'azione di un campo magnetico alternato con frequenza $f = 50$ Hz e induzione $B_M = 1,2$ T.

Il materiale ferromagnetico (ferro con silicio al 3,5÷4,5%) usato per la costruzione del nucleo ha una cifra di perdita di 1,2 W/kg con un induzione $B_M = 1$ T.

La perdita specifica per unità di massa si calcola come segue:

$$P_{fs} = P_0 \left(\frac{B_M}{B_0} \right)^2 = 1,2 \cdot \left(\frac{1,2}{1} \right)^2 = 1,73 \text{ W/kg}.$$

Per calcolare la perdita totale nel ferro occorre tenere conto di un aumento del 7,5% a causa dell'invecchiamento del materiale e delle lavorazioni meccaniche che dovrà subire, quindi:

$$P_f = 1,075 \cdot P_{fs} \cdot m = 1,075 \times 1,73 \times 100 = 185,9 \text{ W}$$

I lamierini a cristalli orientati vengono ottenuti da lamiere aventi uno spessore di pochi millimetri di ferro con una quantità di silicio al 3% mediante laminazione a caldo.

Successivamente, queste lamiere vengono laminate a freddo e sottoposte, tra una laminazione e l'altra, a particolari trattamenti termici fino ad ottenere delle lamiere dello spessore $\delta = 0,35$ mm.

La successione di queste lavorazioni e trattamenti termici consente di orientare i cristalli del materiale in modo che presentino proprietà magnetiche con caratteristiche migliori quando il flusso magnetico Φ risulta nella direzione della laminazione.

Infatti, la cifra di perdita risulta essere di 0,4÷0,5 W/kg (con un induzione $B_M = 1$ T), quando le linee del flusso magnetico Φ sono nella direzione della laminazione; se invece le linee del flusso hanno una direzione ortogonale al senso di laminazione, la cifra di perdita aumenta di circa 3 volte (1,5÷2 W/kg), arrivando a valori paragonabili a quelle dei lamierini normali in ferro al silicio al 2÷2,5%.

Rispetto a quelli normali, nei lamierini a cristalli orientati è più alta la permeabilità magnetica ed è più alto anche il valore massimo dell'induzione magnetica B_M che si può ottenere, come è possibile osservare nel grafico riportato nella fig. 3.42a, naturalmente se la direzione del campo magnetico è quella della laminazione.

L'importanza del fatto che il campo magnetico abbia la direzione della laminazione è possibile verificarla osservando la fig. 3.42b.



Fig. 3.42 - a) Nei lamierini a cristalli orientati il valore di B_M è più alto rispetto al corrispondente valore dei lamierini normali al silicio - b) Se si aumenta l'angolo di scostamento α tra la direzione in cui il materiale è magnetizzato e quella della laminazione i valori di B corrispondenti ai diversi valori di H diminuiscono.

All'aumentare dell'angolo di scostamento α tra la direzione in cui il materiale è magnetizzato e quella della laminazione, i valori dell'induzione corrispondenti ai diversi valori del campo H diminuiscono allargando il ciclo di isteresi aumentando così le perdite specifiche.

Nel grafico di fig. 3.42b è possibile osservare che al valore del campo magnetico H_M , corrispondente al ginocchio prima di arrivare alla saturazione, si hanno tre valori di induzione massima B_M uno per ciascun valore dell'angolo di scostamento $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 25^\circ$, $\alpha = 90^\circ$.

3.11 Proprietà chimiche, ambientali e protezione contro la corrosione

Il comportamento e le proprietà chimiche dei materiali variano in funzione delle sollecitazioni a cui sono sottoposte, come per esempio:

- fattori ambientali (umidità dell'aria, acqua);
- prodotti aggressivi (acidi, detersivi, sali);
- calore.

Riferendosi a ciascuno dei fattori succitati, un materiale può presentare le seguenti proprietà:

- resistenza alla corrosione;
- resistenza al calore;
- tossicità;
- combustibilità.

Resistenza alla corrosione. È la resistenza dei materiali nei confronti degli agenti aggressivi (acidi, detersivi). L'influenza di queste sostanze non deve avere alcun affetto misurabile sulla superficie del materiale.

Tossicità. Alcuni materiali possono avere effetti tossici quando entrano in contatto con prodotti alimentari, per esempio degli acidi di alcuni tipi di frutti in contatto con zinco. Il piombo e il cadmio sono tossici quando penetrano nelle mucose.

Resistenza al calore. Durante certi trattamenti termici si possono verificare delle reazioni chimiche. Per esempio durante la ricottura sopra i 600 °C, la maggior parte degli acciai produce della calamina (la calamina è un ossido del ferro) se si trova in un'atmosfera ossidante, sulla superficie.

Combustibilità. Normalmente è bassa per la maggior parte dei metalli. Alcuni metalli fanno eccezione, come per esempio il potassio, il sodio, il magnesio. Le materie plastiche hanno una forte tendenza alla combustione a causa del loro basso punto di infiammabilità.

Corrosione. Di particolare importanza la resistenza alla corrosione, è definibile come la reazione che modifica un materiale metallico in presenza di elementi esterni. La corrosione modifica la struttura del materiale ed influenza negativamente l'utilizzo e la funzionalità del pezzo. Fattori ambientali e prodotti aggressivi possono provocare la corrosione dei materiali metallici. È possibile distinguere tra corrosione elettrochimica e corrosione chimica.

La **corrosione elettrochimica** avviene quando due metalli differenti sono in presenza di un elettrolita (liquidi acidi, basici o soluzioni saline). Si definisce elettrolito o elettrolita una sostanza che ha la proprietà di dissociarsi in ioni quando viene disciolta in acqua o in altro solvente.

Si forma un elemento galvanico nel quale circola una corrente elettrica. Il valore della tensione dipende dalla posizione dei metalli nella scala delle tensioni elettrochimiche (v. tab. 3.13).

La differenza di tensione tra due metalli è tanto più elevata quanto più questi si trovano lontani l'uno dall'altro nella tabella delle tensioni elettrochimiche. Aumentando la tensione aumenta anche la corrosione elettrochimica.

Tensione elettrochimica U [V]																						
← Nobili										Ordinari →												
Oro	Platino	Argento	Mercurio	Carbone	Rame	Bismuto	Antimonio	Idrogeno	Piombo	Stagno	Nichel	Cobalto	Cadmio	Ferro	Cromo	Zinco	Manganese	Alluminio	Magnesio	Sodio	Potassio	Litio
+1,50	+0,86	+0,80	-0,79	-0,74	+0,34	+0,28	+0,14	0	-0,13	-0,14	-0,23	-0,29	-0,40	-0,44	-0,56	-0,76	-1,10	-1,67	-2,40	-2,71	-2,92	-2,96

Tab. 3.13 - Scala delle tensioni elettrochimiche.

Lo spostamento degli elettroni ovvero la corrente elettrica avviene sempre dal metallo meno nobile (metallo con un eccesso d'elettroni, carica negativa = anodo) verso il metallo più nobile (carica positiva = catodo).

Si ha dunque una distruzione del metallo meno nobile, infatti, durante il processo elettrochimico, le particelle staccate entrano in combinazione chimica con l'elettrolito e avviene contemporaneamente una corrosione chimica.

È per questa ragione che per proteggere il ferro viene applicato un rivestimento di zinco (processo di zincatura); siccome lo zinco precede il ferro nella tab. 3.13 (lo zinco è un metallo meno nobile del ferro), in caso di corrosione viene attaccata la patina di zinco e il ferro rimane protetto.

La maggior parte dei metalli subisce una **corrosione chimica** sulla superficie quando sono sottoposti all'influenza di acidi, basi, soluzioni saline, gas come per esempio l'ossigeno (ossidazione) o gas contenenti zolfo, cloro.

Sulla superficie si forma uno strato dovuto alle reazioni chimiche. Se lo strato corrosivo non è poroso, è insolubile all'acqua ed impermeabile ai gas, può impedire la progressione della corrosione ed agire come strato di protezione anticorrosivo, per esempio l'allumina sull'alluminio.

Se lo strato corrosivo è poroso, solubile all'acqua o permeabile ai gas, la corrosione prosegue fino alla distruzione del materiale, per esempio la ruggine (ossidi di ferro) sull'acciaio.

La corrosione può essere influenzata dai seguenti fattori:

- dalla composizione chimica, per esempio un acciaio debolmente legato;
- dal grado di purezza, per esempio da elementi di leghe non desiderati introdotti durante la produzione di un acciaio;
- dallo stato della superficie, per esempio il trattamento di lucidatura effettuato sulla superficie d'alluminio che viene anodizzata;
- dalla composizione della sostanza aggressiva, per esempio il tenore di sale, d'ossigeno, di acido carbonico nell'acqua, la percentuale di zolfo nei liquidi, le particelle di polvere e di elementi solidi nei gas;
- dalla pressione e temperatura della sostanza aggressiva.

Nella fig. 3.43a viene mostrato un esempio di corrosione regolare della superficie metallica. Il metallo è interamente corrosivo, parallelamente alla superficie, indipendentemente dalla velocità della corrosione. Per costruzioni d'acciaio, per esempio nelle costruzioni di ponti, la diminuzione della resistenza dei pezzi è considerata durante il calcolo del dimensionamento dei pezzi.

Nella fig. 3.43b viene invece mostrato un processo di corrosione localizzato che provoca delle cavità a forma di crateri o punture d'ago che infine porta alla perforazione del pezzo. La profondità delle cavità di corrosione è generalmente maggiore del diametro.

Nella fig. 3.43c viene mostrato come si produce corrosione per contatto. Questo tipo di corrosione si produce quando due metalli lontani l'uno dall'altro nella classificazione delle tensioni elettrochimiche si toccano e nel punto di contatto appare un elettrolito.

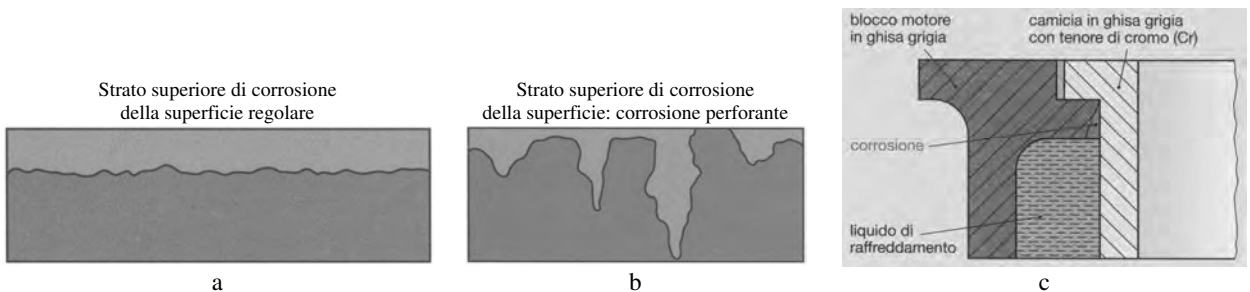


Fig. 3.43 - a) Corrosione regolare di una superficie metallica - b) Corrosione perforante di una superficie metallica - c) Esempio di corrosione per contatto.

Nella fig. 3.44 viene mostrato come può avvenire una corrosione intercristallina che si ha in una lega. In questo caso la corrosione elettrochimica si produce tra i cristalli metallici delle diverse leghe formando fessure capillari non visibili ad occhio nudo.

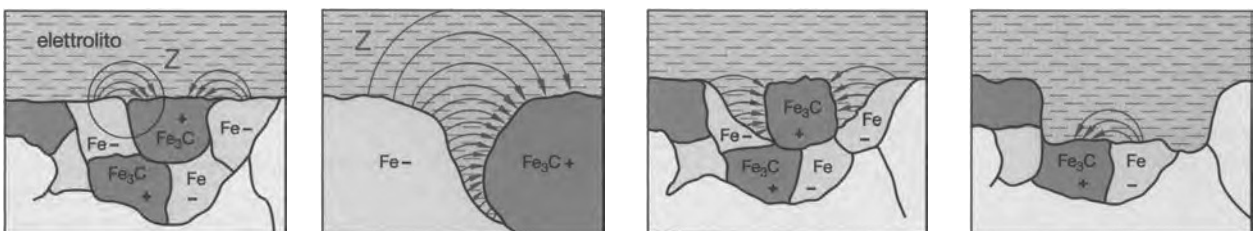


Fig. 3.44 - Esempi di corrosione intercristallina tra i cristalli di ferro Fe- e i cristalli di Fe_3C (cementite).

La corrosione può avvenire anche in presenza di correnti elettriche (corrosione per correnti vaganti) condotte dal terreno in prossimità di impianti di terra o per la trazione elettrica.

Questo fenomeno, può dar luogo a una differenza di potenziale diverso da zero tra le strutture metalliche fissate al terreno e il terreno stesso.

Il potenziale rispetto a terra crea a sua volta una piccola corrente che determina la corrosione nei punti in cui la corrente lascia la struttura metallica ed entra nel terreno.

Per proteggere i materiali metallici dalla corrosione, oltre all'utilizzo di strutture formate da leghe speciali resistenti o acciai inossidabili, sono molto usati i seguenti tre metodi: uso di rivestimenti protettivi, protezione per formazione di composti superficiali e protezione elettrica/elettrochimica.

Uso di rivestimenti protettivi anticorrosivi. Per evitare il contatto diretto con l'ambiente che ne provoca la corrosione, le superfici metalliche possono essere ricoperte con rivestimenti protettivi consistenti in verniciature, rivestimenti con fogli di materie plastiche, smaltature e coperture con altri metalli. Le condizioni d'esercizio, la durata ed il costo determinano quale dei metodi precedentemente citati conviene adottare.

La **verniciatura** è il tipo di protezione di gran lunga più usato, specialmente per le superfici di materiali ferrosi. La verniciatura consiste nello stendere, a pennello o a spruzzo, un velo di vernice sulle superfici da proteggere, adeguatamente preparate. Prima di essere verniciate le superfici devono, infatti, essere trattate in modo da renderle ben pulite, cioè più adatte a ricevere la vernice.

In proposito si distinguono trattamenti di pulitura chimica e di pulitura fisica.

Nella **pulitura chimica** le parti da pulire vengono trattate con soluzioni in grado di sciogliere e asportare gli ossidi ed altri composti superficiali (trattamento di decapaggio). In generale, i bagni di decapaggio sono costituiti da acido solforico o da acido cloridrico diluiti, ma a volte (come nel caso dell'alluminio e delle sue leghe) possono anche essere bagni alcalini (a base di cianuri), come mostrato nella fig. 3.45a.

La pulitura chimica può altresì comportare l'uso di solventi sgrassanti e di vari desossidanti (borace). La scelta dei reagenti per realizzare la pulitura chimica dei materiali metallici si fa in base al tipo di *sporco* presente sulle superfici, oltre che sulla base della natura di tali materiali.



a

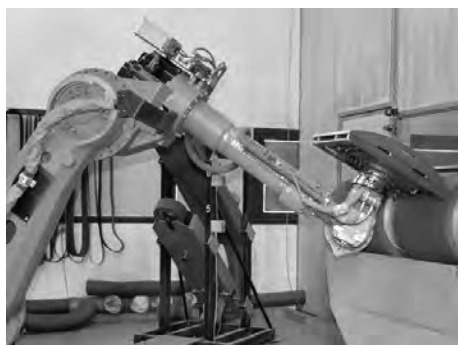


b

Fig. 3.45 - a) Pulitura chimica di un tubo mediante decapaggio - b) Pulitura fisica mediante sabbatura.

La **pulitura fisica** può consistere in operazioni di spazzolatura (v. fig. 3.46a e fig. 3.46b), in uso di dischi abrasivi e di fiamme ed in processi di sabbatura (v. fig. 3.45b). Il metodo più importante è quello dei processi di sabbatura che si effettuano sottoponendo le superfici da pulire a violenti getti di sabbia fine quarzosa, a spigoli vivi, o con altre sostanze abrasive.

Attualmente per i materiali ferrosi, alla sabbatura si fa seguire, prima della verniciatura, il trattamento di fosfatazione.



a



b

Fig. 3.46 - a) Pulitura fisica mediante spazzolatura robotizzata - b) Pulitura fisica mediante spazzolatura manuale.

Dopo la preparazione della superficie da verniciare, si deve scegliere la vernice più adatta alle condizioni ambientali a cui deve resistere il materiale ricoperto. Attualmente l'industria delle vernici è in grado di fornire prodotti che, essiccati, possiedono in varia misura caratteristiche di aderenza, di elasticità, di impermeabilità, di durezza e di resistenza agli agenti corrosivi e che perciò si adattano a qualsiasi condizione operativa.

Tra tutte le vernici che prevedono come filmogeno (film o rivestimento organico o sintetico applicato su materiali con in genere funzione anticorrosiva) oli siccativi, l'unica ancora molto usata è quella, pratica ed efficace per proteggere superfici ferrose, a base di olio di lino cotto pigmentato con minio e addizionato di resinati metallici siccativi, le cosiddette vernici antiruggine. Oltre che minio, nelle vernici antiruggine si includono come pigmenti anche i cromati di zinco e di piombo e gli ossidi di ferro.

Il campo delle vernici è oggi dominato dai filmogeni di resine sintetiche, la cui natura chimico-fisica influenza direttamente il comportamento del film essiccato.

Le sostanze filmogene strutturate linearmente conservano la loro solubilità, mentre quelle conformate tridimensionalmente sono insolubili in tutti i solventi, compreso quello che ne aveva permesso l'applicazione al supporto degli intermedi molecolari da cui sono derivate.

Usando vernici includenti come filmogeno, dopo la messa in opera, resine sintetiche di struttura lineare, i film risultano elastici, ben aderenti alle superfici ma poco resistenti ai solventi e relativamente poco duri; mentre se le vernici una volta essiccate implicano film di resine macromolecolari tridimensionali, risultano fornite di grande resistenza meccanica, chimica e di forte durezza. Di contro, l'eccessiva reticolazione porta a pellicole poco elastiche e non sempre ben aderenti.

Rivestimenti con fogli di materie plastiche. Le materie plastiche possono essere impiegate come protettivi di materiali metallici anche sotto forma di fogli (v. fig. 3.47a).

Per applicare questi fogli, si pulisce bene la superficie da rivestire e poi la si riscalda leggermente; quindi, per semplice pressione, le si fa aderire il rivestimento.

L'ancoraggio può anche essere effettuato con collanti e successivamente i fogli di materia plastica vengono saldati tra loro alle giunture. In tal modo il rivestimento plastico risulta continuo e dotato di specifiche caratteristiche chimico-fisiche in funzione della natura della materia plastica di cui è costituito. Molto usati come fogli plastici di rivestimento sono quelli in PVC.

Smaltature. Sia verniciando che ricorrendo alle coperture con fogli di materie plastiche si ottengono rivestimenti poco resistenti al calore (fatta eccezione per speciali rivestimenti realizzati con resine epossidiche). Per proteggere le superfici di ghisa o di acciaio comune anche ad alte temperature, si ricorre spesso alla smaltatura.

Questo sistema di protezione consiste nel ricoprire il supporto con un miscuglio fuso di silicati, allumina, silice e biossido di stagno, miscuglio che, una volta induritosi per raffreddamento, assume aspetto vetroso ben aderente al metallo sottostante (v. fig. 3.47b). Uno strato di smalto resiste molto bene all'azione degli agenti chimici (acido fluoridrico ed alcali concentrati o fusi esclusi).

Lo smalto resiste bene anche all'azione della pressione e della temperatura gradualmente aumentata; mentre si mostra fragile nei confronti degli sbalzi termici e degli urti meccanici.

Rivestimenti di metalli su metalli. Un altro metodo di protezione si basa sul rivestimento del supporto da proteggere con un metallo chimicamente più resistente del metallo rivestito.

Si ottiene così un materiale avente le caratteristiche meccaniche del supporto originale e la resistenza chimica propria del metallo di rivestimento.

Se si considera che i metalli più resistenti alla corrosione sono tra i più cari e che con questo metodo, pur sfruttandone le caratteristiche chimiche, se ne consuma una quantità relativamente piccola, è evidente che così facendo si realizzano notevoli risparmi. Il rivestimento metallico si può realizzare seguendo diverse tecniche.

Per ordine di importanza pratica si può procedere:

- 1) facendo depositare elettroliticamente sul supporto un altro metallo. Il processo si effettua in una cella elettrolitica il cui anodo è costituito, generalmente, dal materiale di copertura e il catodo dal materiale da rivestire. Presupposto alla buona riuscita di un processo elettrolitico è la preventiva pulitura perfetta della superficie da rivestire, cosa che si ottiene mediante solventi, mediante decapanti e con mezzi meccanici come spazzole e sabbiatori;
- 2) spruzzando sul supporto il metallo di rivestimento fuso e finemente nebulizzato (trattamento di metallizzazione). È un metodo analogo alla verniciatura a spruzzo: è rapido ma non consente di ottenere un rivestimento compatto e ben aderente, a meno che non lo si compia convogliando, su superfici appositamente preparate, il metallo di rivestimento entro fiamme caldissime;
- 3) placcando la superficie da proteggere con un foglio di materiale metallico di copertura. L'operazione consiste nel sovrapporre il foglio di protezione al supporto e nel comprimervelo contro mediante laminazione a caldo;
- 4) facendo diffondere nel supporto il metallo di rivestimento. La diffusione si realizza riscaldando il metallo o la lega da proteggere nella polvere del metallo di copertura, oppure mediante esposizione ai suoi vapori. Così si compie, per esempio, la zincatura delle lamiere di ferro con vapori di zinco (v. fig. 3.47c);

- 5) immergendo il supporto in un bagno fuso del metallo di copertura. Questo procedimento è quasi abbandonato a causa delle forti quantità di metallo di copertura che richiede. Era molto usato per preparare banda stagnata di ferro (latta), ma oggi questa si produce quasi completamente col metodo elettrolitico, usando anodi di stagno in blocchi e acido solforico in soluzione acquosa come elettrolito di supporto.

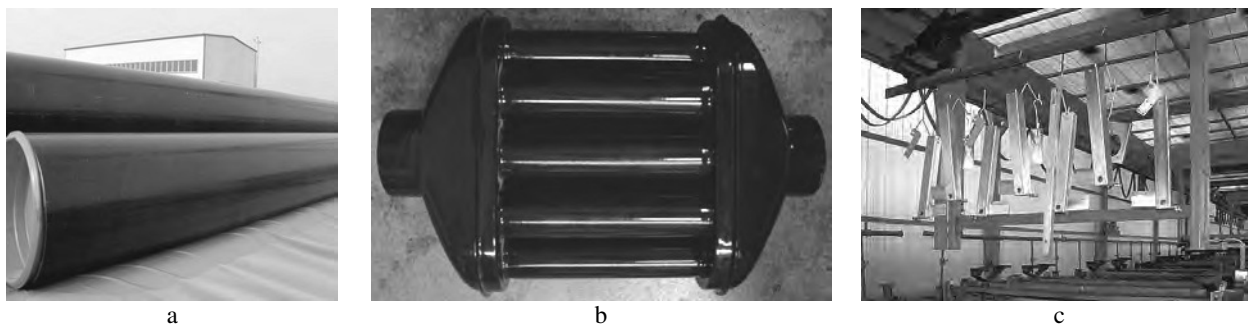


Fig. 3.47 - a) Tubi in acciaio con rivestimento in materiale plastico - b) Radiatore realizzato mediante tubi smaltati - c) Impianto automatico per la zincatura di pezzi meccanici.

Protezione per formazione di composti superficiali. Alcuni metalli danno certi composti chimicamente resistenti. Se tali composti, fatti formare sulla superficie dei rispettivi metalli, danno rivestimenti aderenti al sottostante supporto e compatti, proteggono dalla corrosione il materiale che rivestono.

Questo metodo di protezione consiste dunque nel trattare con reattivi chimici, in apposite condizioni, le superfici metalliche da proteggere. Tali superfici devono essere preventivamente e perfettamente pulite (v. fig. 3.48a) nei soliti modi (sgrassatura, decapaggio e sabbiatura).

Sia la pulitura delle superfici sia la successiva operazione che porta a sviluppo del rivestimento, devono essere condotte con la massima cura, perché se il velo protettivo non risulta continuo, le zone non protette sono soggette a intenso attacco corrosivo.

Ciò perché il rivestimento funge da componente più nobile nella coppia galvanica supporto/rivestimento, sicché il primo (il supporto) è soggetto a corrosione.

Questa tecnica di protezione attualmente è molto utilizzata per gli acciai comuni esposti agli agenti atmosferici (in particolare nella forma del filo di ferro). Molto spesso gli acciai protetti per formazione di composti superficiali vengono anche verniciati.

Le tecniche più comuni di copertura per formazione di composti superficiali degli acciai, sono la fosfatizzazione e la brunitura.

La fosfatizzazione consiste nell'immergere, per un tempo sufficientemente lungo, il ferro o le sue leghe in un bagno di soluzione fosfatica (fosfati biacidi di manganese bivalente o ferrosi o di zinco). La fosfatizzazione porta alla formazione di un velo superficiale di complessi fosfati di ferro abbastanza resistenti all'azione dell'atmosfera. Il sistema è molto buono se viene fatto seguire da verniciatura.

La brunitura, mostrata nella fig. 3.48b, consiste nel ricoprire, mediante immersione in un bagno contenente sali ferri, la superficie da proteggere con un sottile strato di ossido salino di ferro Fe_3O_4 .

Gli effetti della brunitura non sono molto buoni, per quel che si attiene alla protezione da agenti chimici piuttosto aggressivi. Si adotta, più che altro, per motivi estetici.

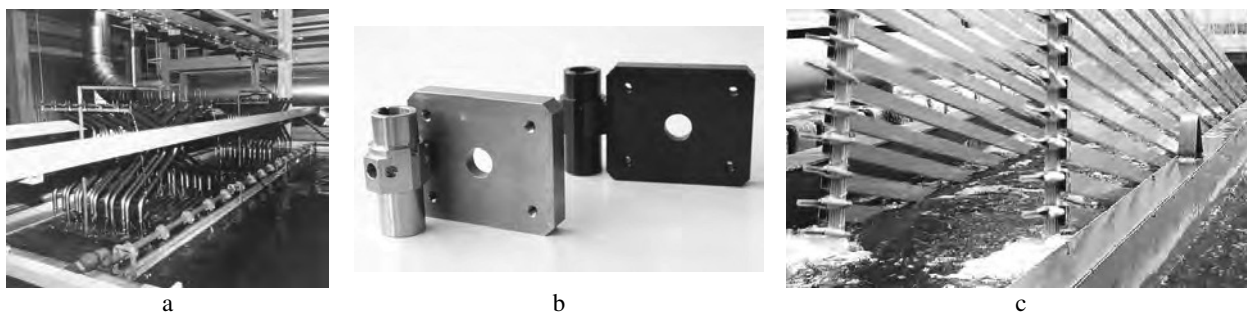


Fig. 3.48 - a) Impianto per il lavaggio di pezzi meccanici necessario prima di effettuare i trattamenti di protezione contro la corrosione (verniciatura, brunitura) - b) Esempi di pezzi in acciaio al carbonio, a sinistra non trattato e a destra dopo il trattamento di brunitura - c) Vasca di un impianto automatico di anodizzazione per alluminio.

In certi casi le superfici metalliche vengono protette facendovi sviluppare un velo di ossido. Questo metodo riveste grande interesse pratico per l'alluminio, la cui copertura d'un velo di Al_2O_3 si provoca realizzando ossidazione dei corpi in bagni alcalini o mediante ossidazione anodica degli stessi in celle elettrolitiche.

Il rivestimento dell'alluminio con il suo ossido dà luogo ad una protezione aderente, compatta e continua anche a colori, sicché il metallo risulta perfettamente passivato, cioè protetto contro le reazioni corrosive.

Questo processo è noto col termine di anodizzazione, mostrata nella fig. 3.48c.

Protezioni di carattere elettrico ed elettrochimico. Contro i pericoli di corrosione elettrolitica si può operare anche applicando alle strutture da proteggere campi elettrici contrastanti con quelli che ne causano l'attacco corrosivo (protezione elettrica). Basta, allo scopo, collegare gli impianti in modo da creare in essi un contrasto elettrico equilibratore ad appositi generatori di corrente. Opportuni sistemi di regolazione automatica permettono di proporzionare esattamente l'entità delle correnti antagoniste a quelle delle correnti elettriche corrosive da vincere.

Un genere elettrochimico di protezione dalla corrosione è invece quello che comporta l'uso di *anodi sacrificali* (protezione catodica), cioè di corpi metallici meno nobili del materiale metallico che si vuole proteggere, collegati a questo. In tal modo, vengono a costituirsi nell'ambiente corrosivo dei sistemi galvanici in cui i corpi di protezione fungono da anodo solubile.

Un materiale metallico molto usato come anodo sacrificale, per esempio nella protezione dei gasdotti e degli oleodotti, è costituito da zinco amalgamato, cioè in lega con una piccola percentuale di mercurio.

Molto usato è anche il collegamento del materiale da proteggere con blocchi di magnesio (v. fig. 3.49a).

Un altro metodo col quale si può realizzare la protezione catodica consiste nel collegare il metallo da proteggere direttamente al polo negativo di una sorgente di corrente continua, mentre al polo positivo vengono collegati dei rottami di ferro (v. fig. 3.49b). Questi ultimi pertanto, subiscono l'ossidazione anodica al posto del materiale che si vuole proteggere.

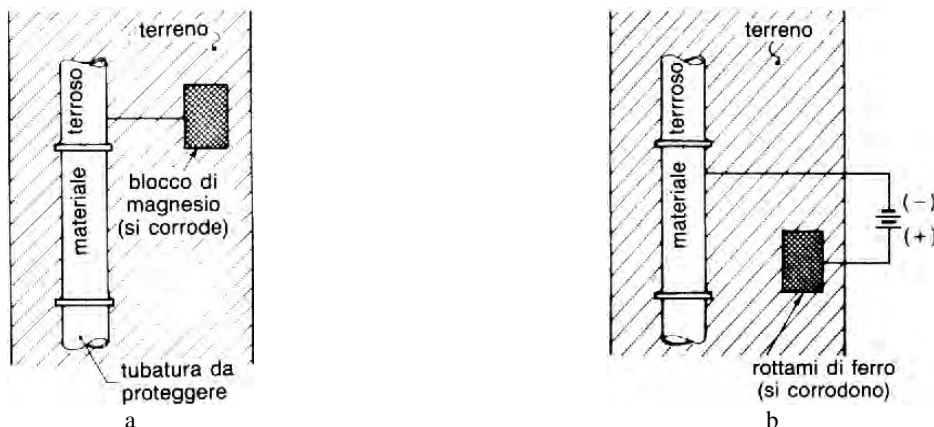


Fig. 3.49 - a) Protezione catodica basata sul principio della corrosione galvanica - b) Protezione catodica basata sul principio della corrosione elettrolitica.

3.12 Materiali conduttori

Tutti i metalli sono in generale buoni conduttori di elettricità, quindi anche le leghe. Tuttavia solo i metalli puri e le leghe con composizione definita hanno proprietà elettriche definite. Non tutti i materiali metallici vengono usati come conduttori, bensì solo quelli che presentano caratteristiche vantaggiose per gli scopi che ci si prefigge.

Nei paragrafi precedenti sono state descritte le proprietà che caratterizzano i materiali, tutte quelle elettriche interessano in quanto un conduttore è sempre percorso da corrente. Le altre interessano a seconda dell'uso che se ne fa. Non si deve dimenticare, infine, l'importanza del costo di questi materiali che può essere un fattore determinante per la scelta. Infatti una qualsiasi apparecchiatura o macchina elettrica, affinché si possa dire ben fatta, deve essere economicamente vantaggiosa. Infatti, l'argento è un conduttore migliore del rame, ma generalmente si usa il rame per il suo minor costo.

Sono il rame e le sue leghe nonché l'alluminio e le sue leghe e il ferro i materiali che maggiormente interessano per la realizzazione di linee elettriche, avvolgimenti delle macchine elettriche e le connessioni.

Le leghe hanno generalmente una resistività il cui valore può essere anche di molto superiore a quello dei singoli componenti e cambia al variare delle percentuali dei componenti la lega.

Nella tab. 3.6 ne vengono riportate le caratteristiche principali.

In particolare il carico di rottura R_m interessa per i materiali per le linee elettriche aeree, in quanto il conduttore è soggetto al peso proprio. Così pure il peso specifico γ e l'allungamento specifico ε .

La resistività a 0 °C (ρ_0) in $\Omega\text{-mm}^2/\text{m}$ interessa per ogni impiego, mentre la resistività a 75 °C (ρ_{75}) interessa soprattutto i materiali impiegati per realizzare gli avvolgimenti.

Come già spiegato in precedenza, la resistività varia con la temperatura e ρ_{75} si calcola con la formula

$$\rho_{75} = \rho_0(1 + \alpha_0 T)$$

dove $T = 75$ °C; α_0 è il coefficiente di temperatura riferito a 0 °C.

Il coefficiente di temperatura α_0 si può considerare, per molte applicazioni pratiche, costante per i metalli pressoché puri quale il rame elettrolitico e l'alluminio, per il rame vale, come riportato nella tab. 3.14

$$\alpha_0 = \frac{1}{234,5} = 0,00426.$$

Per il rame si può calcolare la resistività ρ_2 a una temperatura T_2 , conoscendo la resistività ρ_1 ad un'altra temperatura T_1 con la seguente formula:

$$\rho_2 = \rho_1 \left(1 + \frac{(T_2 - T_1)}{234,5 + T_1} \right)$$

Vale la pena ricordare inoltre che la resistività dei metalli aumenta in modo sensibile con la presenza di altre sostanze anche se presenti in piccole quantità, è inoltre influenzata dalle lavorazioni meccaniche e dai trattamenti termici subiti dal metallo.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche dei materiali conduttori e le relative applicazioni.

Rame (Cu). È il metallo conduttore fra i più utilizzati nell'industria elettrotecnica ed elettronica e certamente il più importante fra i conduttori propriamente detti (v. fig. 3.50a). Ha una conducibilità elevata, solo superata da quella dell'argento, metallo, questo che ha tuttavia impiego molto limitato a causa del suo costo relativamente elevato. La necessità che il rame da impiegarsi nelle macchine elettriche e nelle linee elettriche sia di grande purezza è nata dalla necessità di perfezionare i sistemi di produzione.

Il rame usato nelle applicazioni elettriche è detto **elettrolitico** perché il procedimento usato per la **raffinazione** del metallo, comunque ricavato dal minerale, si basa sul processo di **elettrolisi** che è quello che più facilmente permette di liberarlo dalle sostanze estranee (ferro, piombo, argento, oro, arsenico) che, anche in minima quantità, ne diminuiscono la conducibilità o la resistenza meccanica.

Il rame così ottenuto non è né duttile né malleabile e, pertanto, esso deve venire di nuovo rifuso per renderlo adatto ad essere lavorato plasticamente. Dopo tale operazione il rame, che presenta una purezza fino al 99,9% ed anche più, viene colato in forma di lingotti o barre che rappresentano la materia prima per la fabbricazione dei conduttori.

I lingotti di rame, previo riscaldamento in appositi forni, vengono immessi in laminatoi sgrassatori che li trasformano in *vergella*, che viene ulteriormente stirata e quindi diminuita di sezione mediante altri laminatoi. Si ottengono così matasse di tondino dalla superficie nerastra per lo strato superficiale di ossido.

Prima di iniziare la serie di trafilature per arrivare ai diversi diametri di filo, viene effettuata l'operazione di *decapaggio* (immersione in acido cloridrico al 5% oppure acido nitrico al 3÷6% oppure una soluzione di ammoniaca) avente per scopo l'eliminazione dello strato superficiale di ossido esistente sul tondino.

Al decapaggio segue il lavaggio dei rotoli di tondino in vasche con acqua corrente per eliminare la soluzione. Così il tondino acquista una superficie tersa dal colore caratteristico proprio del rame.

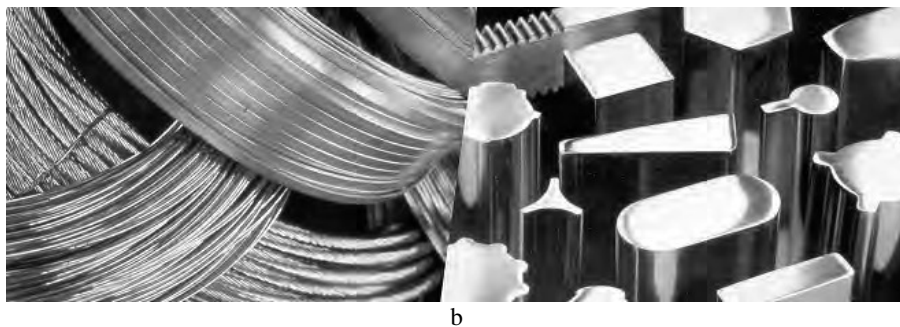
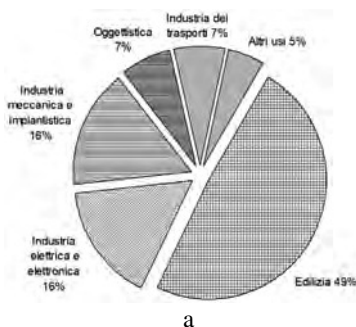


Fig. 3.50 - Rame: a) Percentuali di utilizzo - b) Esempi di prodotti semilavorati.

Inizia quindi la *trafilatura* a freddo avente lo scopo di diminuire via via la sezione del tondino fino ai diversi valori voluti. La riduzione di diametro del filo sino al valore voluto viene eseguita gradualmente, facendolo passare attraverso filiere con buchi di diametro sempre minore.

Nella trafilatura il filo si *incrudisce* e quindi, dopo un certo numero di passate, non lo si può più lavorare perché ha perduto duttilità. Di conseguenza si rende necessaria la *ricottura* che consiste nel riscaldare le matasse di filo in cassette metalliche, fuori del contatto dell'aria, alla temperatura di 650÷700 °C; il filo ricotto ridiventa duttile. Dopo la ricottura, se il filo deve essere ancora trafilato, deve subire un nuovo decapaggio.

Il rame è un metallo dal caratteristico colore rosso che non si ossida all'aria secca a temperatura ordinaria.

Fonde a 1084 °C. È malleabile, duttile e buon conduttore dell'elettricità e del calore. Ha un peso specifico di 87,9 N/dm³. Il rame ha una buona resistenza alla corrosione, tranne che nei riguardi dello zolfo solido o liquido, da cui è facilmente attaccato. Per questa ragione i conduttori destinati a cavi isolati in gomma vulcanizzata con zolfo devono essere protetti mediante stagnatura. Viene corrosivo dall'acqua marina in presenza di ossigeno.

All'aria secca non si altera; all'aria umida si ricopre di un sottile strato di carbonato (verderame) che lo protegge dall'ulteriore ossidazione. È solubile in ammoniaca ed è facilmente attaccato dall'acido nitrico, mentre lo è debolmente dagli acidi solforico e cloridrico diluiti a temperatura ordinaria.

Le proprietà del rame sono molto influenzate dalle impurità, fra le quali principalmente il bismuto e l'arsenico.

Nel commercio il rame si distingue nelle due qualità di ricotto e crudo, che differiscono per la diversa resistenza meccanica e quindi trovano applicazioni in campi diversi. Il rame ricotto si incrudisce a seguito di lavorazioni meccaniche che apportano compressioni o stiramento.

La conducibilità del rame per conduttori elettrici si suole esprimere in % di quella del rame ricotto campione internazionale che ha le seguenti caratteristiche: lunghezza 1 m, di sezione uniforme di 1 mm², resistenza elettrica di 0,0117241 Ω corrispondente ad una resistività di 0,0117241 Ω·mm²/m.

Si riportano, nella tab. 3.14, i dati medi relativi al rame elettrolitico in commercio.

Rame elettrolitico	Resistività a 20 °C [Ω·mm ² /m]	Coefficiente di temperatura a 0 °C	Conducibilità [%]	Carico di rottura [N/mm ²]	Allungamento % su 200 mm
Crudo normale	0,0176±0,0179	0,00426	96,5±98	380±400	20±30
Ricotto	0,0173±0,0176	0,00426	98±99,5	210±225	1±2,5

Tab. 3.14 - Valori caratteristici medi del rame elettrolitico in commercio.

Le norme CEI fissano i valori limite dei valori che il rame elettrolitico deve presentare nei vari casi per essere impiegabile nelle applicazioni elettriche. Nella tabella 3.14 è possibile notare come sia molto differente la resistenza meccanica del rame crudo rispetto a quello ricotto e come, invece, sia molto poca la differenza di conducibilità.

Le norme CEI fissano a 98% la conducibilità minima dei fili di rame elettrolitico crudo normale. La temperatura di ricottura del rame influisce sulla conducibilità: risulta che la maggiore conducibilità si ha quando tale temperatura è compresa tra 400 °C e 600 °C.

Gli impieghi del rame sono diversi a seconda si tratti delle qualità *crudo* oppure *ricotto*.

Il rame crudo viene usato in tutte le applicazioni ove è richiesta una resistenza meccanica relativamente grande oppure una sufficiente durezza (carico di rottura alla trazione $R_m = 400$ N/mm²); il rame ricotto, invece, trova impiego nei casi in cui la bassa resistenza meccanica non ha importanza, mentre interessa che il conduttore possa essere sagomato con facilità (carico di rottura alla trazione $R_m = 220$ N/mm²).

Pertanto, per esempio, di rame crudo saranno i conduttori per linee aeree, cavi rigidi e le lamelle dei collettori delle dinamo e dei motori in corrente continua, mentre saranno di rame ricotto i fili per gli avvolgimenti delle macchine elettriche e cavi flessibili. Il rame si trova in commercio sotto forma di fili, piattine, barre, tubi, ecc.

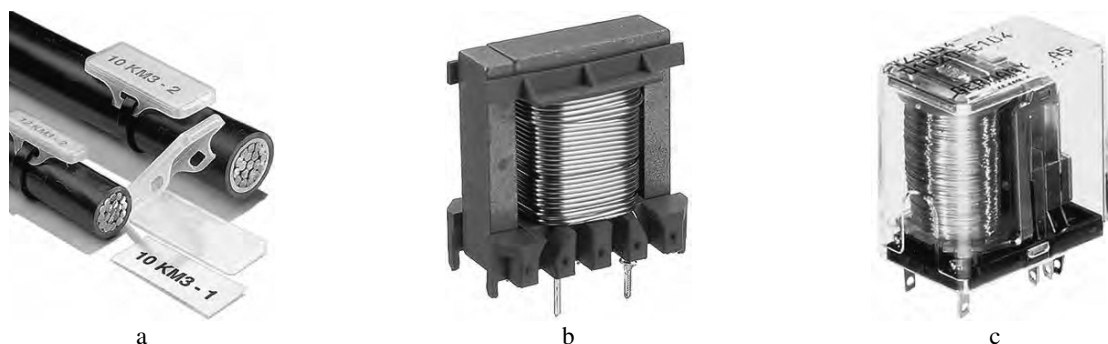


Fig. 3.51 - Esempi di applicazioni dei conduttori: a) Rame crudo usato nei cavi elettrici - b) Avvolgimento in rame ricotto in un trasformatore elettrico - c) Bobina di un relè in rame ricotto.

Alluminio (Al). L'alluminio non si ottiene direttamente dalla bauxite, sia per ragioni tecnologiche e sia perché diversamente si otterrebbe un metallo assai impuro e di poca economica purificazione. Pertanto si ottiene normalmente prima l'allumina anidra con un elevato grado di purezza (oltre 99,5%) e quindi si procede alla elettrolisi della sua soluzione in criolite fusa.

La trasformazione dell'alluminio in filo, salvo qualche particolare, avviene con procedimenti simili a quelli usati per il rame; l'alluminio rispetto al rame data la sua diffusione risulta, a parità di peso, più economico.

L'alluminio è facilmente riciclabile, infatti il costo energetico del riciclaggio è pari a un ventesimo di quello necessario alla sua fusione; inoltre, si presta a formare leghe che possono essere, a seconda delle esigenze, rigide o elastiche, robuste e resistenti alla corrosione.

L'alluminio è un metallo bianco-argenteo del peso specifico di $26,4 \text{ N/dm}^3$ che fonde a circa $600 \text{ }^\circ\text{C}$. L'alluminio trafilato crudo presenta un carico di rottura di circa 180 N/mm^2 con un allungamento percentuale corrispondente all'1,5%; quello ricotto ha, invece, un carico di rottura notevolmente inferiore, del valore medio di 80 N/mm^2 .

All'aumentare della temperatura la resistenza meccanica diminuisce la già piuttosto ridotta, anche a freddo, resistenza meccanica. Quando i fili di alluminio vengono usati per costruire i conduttori per linee aeree in alta tensione, la corda viene rinforzata con un'anima di fili di acciaio.

La resistività risente principalmente delle impurità come il manganese, il titanio, il silicio e il ferro, in modo analogo al rame anche in questo caso, l'incrudimento conseguente a lavorazioni meccaniche, come la trafilatura, provoca una diminuzione della conduttività dovuta alla distorsione del reticolo cristallino, per cui l'alluminio ricotto ha una maggiore conducibilità elettrica di quello crudo.

La resistività dell'alluminio varia da $0,0278$ a $0,0284 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ passando dal tipo ricotto a quello crudo.

La resistività aumentata per incrudimento si può riportare al valore iniziale mediante ricottura a $250\div 300 \text{ }^\circ\text{C}$ seguita da un lento raffreddamento. Il coefficiente di temperatura a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ è $0,00435$.

Le norme CEI fissano il valore base di resistività a $0,0284 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ come quello dei fili di alluminio crudo per linee aeree per il trasporto dell'energia elettrica.

Dai valori su riportati ne consegue che l'alluminio commerciale ha una conducibilità di circa il **57% di quella del rame** e un **peso specifico pari a 1/3**; ciò significa che l'alluminio in rapporto al peso, ha una **conducibilità doppia di quella del rame**. Inoltre, a parità di resistenza elettrica, un conduttore di alluminio presenta una sezione **1,76 volte** quella del conduttore di rame e quindi, nel caso di una sezione circolare, **un diametro 1,33 volte maggiore**.

La maggiore resistività dell'alluminio rispetto al rame impone di usare, per avere un conduttore di pari resistenza elettrica, fili di diametro maggiore. Questo ne limita l'impiego nella costruzione dei cavi elettrici, mentre non è un problema in altre applicazioni, come le linee aeree.

L'alluminio è un metallo malleabile e duttile e possiede un coefficiente di trasmissione del calore che è circa la metà di quello del rame. L'alluminio, benché abbia una grande affinità chimica con l'ossigeno, è praticamente inattaccabile sia dall'aria che dal vapore acqueo, a causa della formazione di uno strato di ossido compatto e duro superficiale che, ricoprendo il metallo, lo protegge da ulteriore ossidazione.

Lo strato di ossido è elettricamente isolante e si autorisana se viene intaccato; questa particolarità viene sfruttata nella costruzione dei condensatori (v. fig. 3.52c). L'elevata ossidabilità dell'alluminio costituisce, invece, uno svantaggio per la facilità con cui si deteriorano i contatti e durante le operazioni di saldatura, in quanto l'ossido presente sulla superficie si interpone tra le parti, ostacolandone l'unione.

Quando la differenza di potenziale fra conduttori attigui è piccola, la patina di tale ossido, prodotta artificialmente per via elettrolitica (ossidazione anodica), può sostituire l'isolante.



Fig. 3.52 - a) Conduttore alluminio-acciaio - b) Fase di montaggio di un conduttore alluminio-acciaio in un elettrodotto - c) Condensatori che utilizzano come dielettrico (isolante) l'ossido che si forma sul metallo.

L'alluminio viene attaccato dai metalli più nobili (nella scala delle tensioni elettrochimiche) come il rame e il piombo; ciò è da tenere presente in varie situazioni pratiche.

L'alluminio puro è largamente usato nella costruzione delle linee elettriche ad alta tensione, sotto forma di corde costituite da fili di alluminio avvolti a elica attorno a un'anima di filo di acciaio zincato (v. fig. 3.52a e fig. 3.52b). Lo scopo dell'anima di acciaio è quello di assorbire lo sforzo di trazione, data la insufficiente resistenza meccanica del metallo; in tal modo all'alluminio viene riservata praticamente solo la funzione di condurre la corrente.

Altro impiego dell'alluminio è quello per le sbarre collettrici nelle centrali e sottostazioni elettriche e in impianti elettrochimici. In alcuni casi l'alluminio è adoperato per realizzare fusibili in considerazione che all'atto della fusione si producono vapori di ossido di alluminio i quali, non essendo conduttori, favoriscono lo spegnimento dell'arco.



L'ossidazione anodica consiste essenzialmente in un processo elettrolitico che rinforza e rende stabile la pellicola di ossido che si forma naturalmente sulla superficie del metallo.

Si ottiene dall'azione dell'ossigeno nascente all'anodo, costituito da metallo da ossidare, elettrolizzando una soluzione acquosa di acidi.

Per quanto riguarda l'alluminio, l'ossido che si forma presenta le seguenti caratteristiche di pregio: elevata durezza, elevata resistenza al calore, elevata rigidità dielettrica (circa 10 kV/mm), costante dielettrica elevata, notevole resistenza agli agenti atmosferici e agli acidi.

Per contro presenta due gravi svantaggi: è facilmente attaccato dagli alcali e dai sali alcalini e presenta una notevole fragilità; per quest'ultimo motivo è poco adatto a ricoprire pezzi che devono subire sagomature accentuate.

Fig. 3.53 - Dissipatore per componenti elettronici realizzato in alluminio anodizzato di colore nero.

Per quanto riguarda le macchine elettriche, l'alluminio e soprattutto una sua lega con un opportuno rapporto di Fe/Si, è generalmente impiegato per la fabbricazione delle gabbie di scoiattolo e delle alette di raffreddamento nei motori asincroni di piccola potenza secondo il procedimento della pressofusione, come mostrato nella fig. 3.54.

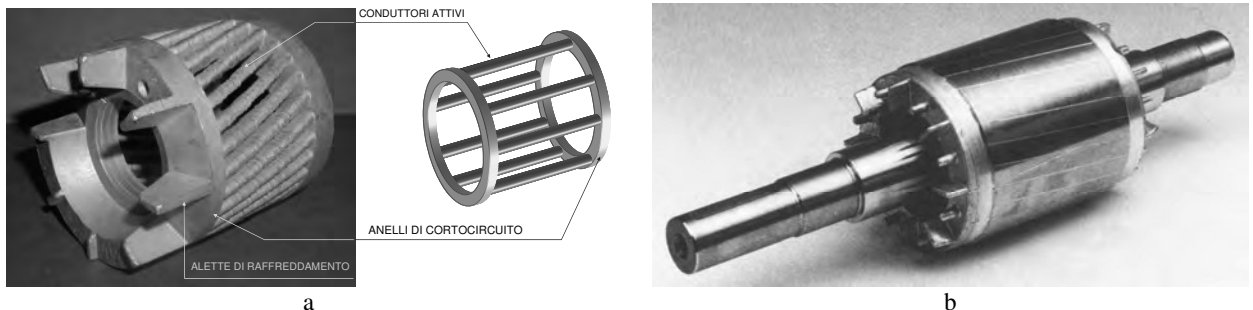


Fig. 3.54 - a) Rotore a gabbia di scoiattolo con alette di raffreddamento in alluminio pressofuso di un motore asincrono - b) Rotore a gabbia di scoiattolo in alluminio pressofuso con pacco lamellare in materiale ferromagnetico e albero in acciaio.

Argento (Ag). L'argento è un metallo bianco-lucente, piuttosto tenero, estremamente malleabile e duttile e ottimo conduttore del calore e dell'elettricità.

È un metallo nobile e, pertanto, non si scioglie negli acidi non ossidanti e non è attaccabile dalle soluzioni acquose alcaline e alcali fusi. Si scioglie negli acidi solforico e nitrico concentrati.

Ha un peso specifico: $102,9 \text{ N/dm}^3$. Temperatura di fusione: $960 \text{ }^\circ\text{C}$. Resistività a $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $0,0164 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Coefficiente di temperatura α_0 : $0,0038$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Il coefficiente di trasmissione del calore è leggermente maggiore di quello del rame λ : $418 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

L'elevata conducibilità elettrica e la resistenza all'ossidazione rendono l'argento materiale ottimo per conduttori elettrici.

Naturalmente il suo impiego è limitato a casi particolari a causa del suo costo elevato.

Si ricorda che l'argento ha tendenza a coprirsi di una pellicola di solfuro e pertanto per contrastare ciò, in talune applicazioni viene legato al 40÷50% con palladio.

Rivestimenti galvanici di argento si hanno nei contatti degli interruttori in aria in bassa tensione, nei giunti a morsetto per apparecchiature ad alta frequenza e in alcuni strumenti di misura. L'argento è pure impiegato in filo nella produzione di fusibili.

I condensatori ceramici hanno le armature di materiale ceramico, mescolato con sostanze organiche resinose, rivestito di argento.

Grandezza	Rame (Cu)	Alluminio (Al)	Argento (Ag)
Peso volumico o peso specifico ρ [N/dm ³]	87,9	26,4	102,9
Temperatura di fusione T [°C]	1083	640	960
Calore specifico c [J·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹]	383	900	230
Conducibilità termica λ [W·m ⁻¹ ·°C ⁻¹]	390	220	418
Resistività ρ_{20} [Ω ·mm ² /m]	0,0173	0,0284	0,0164
Coefficiente di temperatura α_0 [°C ⁻¹]	0,00426	0,00435	0,0038
Carico di rottura alla trazione R_m [N/mm ²]	210	180	45

Tab. 3.15 - Tabella comparativa delle proprietà fisiche del rame, dell'alluminio e dell'argento.

Piombo (Pb). È un metallo di un caratteristico colore grigio brillante che all'aria diventa opaco per formazione superficiale di sottossido di piombo. È abbastanza molle da lasciarsi scalfire con l'unghia, molto malleabile e poco duttile; si trafila con difficoltà.

Il peso specifico è, a seconda della porosità, 110,3÷111,8 N/dm³; fonde a 327 °C.

La resistività è di 0,21÷0,22 Ω ·mm²/m a 20 °C e il coefficiente di temperatura a 0 °C è pari a $\alpha_0 = 0,0039\div 0,004$.

È un mediocre conduttore del calore, se paragonato al rame.

L'acido solforico l'attacca soltanto se molto concentrato e a caldo. Il piombo è anche attaccato dagli alcali.

Il piombo è la materia base per la fabbricazione degli accumulatori al piombo-acido, per il rivestimento di cavi elettrici quando è richiesta l'impermeabilità assoluta, cioè nei cavi isolati con carte impregnate o altri materiali igroscopici.

Viene usato anche per la fabbricazione dei fusibili a bassa tensione fino a qualche decina di ampere.

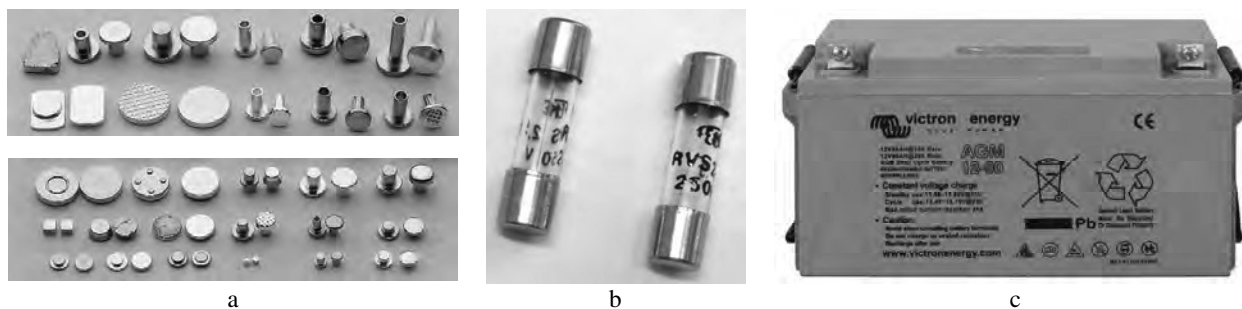


Fig. 3.55 - a) Contatti con rivestimento galvanico in argento - b) Fusibili con elemento fusibile in argento o piombo-stagno - d) Accumulatore al piombo-acido (Pb).

Zinco (Zn). Lo zinco è un metallo dal colore bianco-bluastro, dal peso specifico di 67,6÷71,6 N/dm³, che fonde a 419 °C. Ha durezza intermedia fra quelle del rame e dello stagno. Si può laminare e trafilare facilmente alle temperature fra 100 °C e 150 °C.

È inalterabile all'aria secca mentre per l'umidità si ricopre di una pellicola di idrato basico e carbonato di zinco che preserva da ulteriore attacco il sottostante metallo. Esistono diversi sistemi di zincatura a seconda delle dimensioni e delle forme più o meno complesse degli oggetti da zincare.

La resistività è circa 0,061 Ω ·mm²/m a 20 °C; il coefficiente di temperatura a 0 °C presenta il valore di circa 0,0037. Lo zinco conduce il calore meno bene del rame rispetto al quale ha un coefficiente di trasmissione di circa 1/3. Appartiene alla categoria dei metalli diamagnetici.

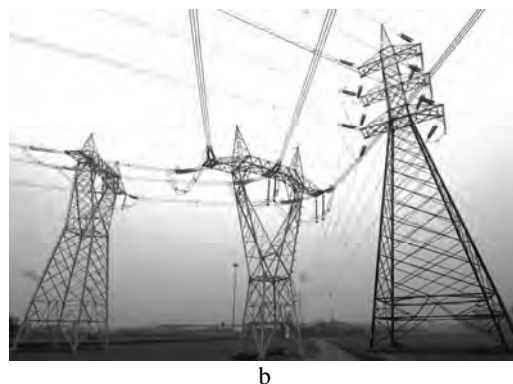
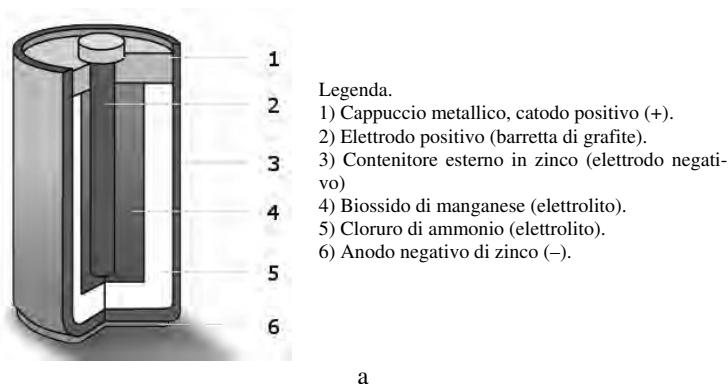


Fig. 3.56 - a) Sezione trasversale di una pila zinco-carbone - b) Linee di trasporto ad alta tensione.

Come metallo puro, in elettrotecnica viene usato per la costruzione dell'elettrodo negativo delle pile zinco-carbone (pile Leclanchè) come mostrato nella fig. 3.56a.

Viene impiegato per la zincatura dei fili di acciaio dei conduttori per linee aeree in corda alluminio-acciaio, e di quelli per le funi di guardia delle linee elettriche di trasporto ad alta tensione (v. fig. 3.56b). Come è noto, la zincatura ha lo scopo di proteggere il metallo sottostante dalla corrosione ad opera degli agenti atmosferici.

Generalmente la zincatura si ottiene facendo passare i fili, dopo opportuno decapaggio, in un bagno di zinco fuso ricoperto da uno strato di cloruri complessi di zinco e ammonio, che servono a riparare il bagno dall'ossidazione e a decapare ulteriormente i fili.

Come metallo di copertura lo zinco si presta bene, anche nel caso la patina di zinco non risulti del tutto continua, a causa della posizione rispettiva del ferro e dello zinco nella scala dei potenziali elettrolitici, infatti, in caso di corrosione è lo zinco a corrodersi e non il ferro.

Nichel (Ni). È un metallo di aspetto abbastanza simile all'argento, con un peso specifico di $84,4 \text{ N/dm}^3$ e temperatura di fusione di $1452 \text{ }^\circ\text{C}$. Il nichel è molto malleabile, duttile e facilmente saldabile. Se puro, ha una resistività di $0,0724 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ e un coefficiente di temperatura di $0,006$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$; il nichel in commercio ha resistività maggiore, fino a $0,11 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ e coefficiente di temperatura a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ minore (fino a $0,004$).

Conduce scarsamente il calore se raffrontato al rame. È facilmente attaccato dall'acido nitrico, ma lo è poco dagli acidi cloridrico e solforico.

È inalterabile all'aria anche umida e per questo viene usato spesso per rivestimento galvanico (nichelatura) di metalli. Non è attaccato neanche dalle soluzioni saline.

Il nichel è un metallo appartenente alla categoria dei ferromagnetici: ha una permeabilità relativa iniziale $\mu_r = 250$ che diventa 400 per $B = 0,1 \div 0,2 \text{ T}$ e poi decresce di nuovo. Si satura per $B = 0,65 \text{ T}$ e cioè a una induzione circa $1/3$ di quella del ferro. Il nichel ha caratteristiche meccaniche in generale migliori di quelle del ferro.

Fra gli impieghi più importanti ci sono quelli per la preparazione di materiali magnetici speciali, acciai amagnetici e leghe resistenti; per la sua inalterabilità all'aria, è comune la nichelatura protettiva-decorativa di elementi in rame, ottone, ferro, per realizzare superfici di bell'aspetto interessate da contatti elettrici a pressione.

Un altro uso importante è quello per gli accumulatori alcalini nichel-cadmio (v. fig. 3.57b). Il nichel viene impiegato per la costruzione di resistori utilizzati nei rivelatori interni delle macchine elettriche per il controllo della temperatura.



Fig. 3.57 - a) Esempi di nichelatura di raccordi per tubi - b) Batterie ricaricabili al nichel-cadmio - c) Passerella a filo di acciaio inox amagnetico al nichel-cromo per la posa di cavi elettrici.

Stagno (Sn). È un metallo di colore bianco-argenteo lucente, con un peso specifico di $71,41 \text{ N/dm}^3$ e una temperatura di fusione di $232 \text{ }^\circ\text{C}$. Ha una struttura cristallina che dà luogo allo scricchiolio caratteristico che si ode quando se ne piega una bacchetta. La resistività è di $0,11 \div 0,12 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e il coefficiente di temperatura $0,0042 \div 0,0044$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Conduce mediocrementemente il calore se confrontato con il rame.

È un metallo molto malleabile, per cui si può ridurre in fogli sottilissimi (stagnola). Lo stagno a $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ diventa fragile e si può polverizzare. Lo stagno non si altera né all'aria né all'acqua; viene sciolto dall'acido cloridrico concentrato e lentamente dagli alcali caldi.

Si può dire che lo stagno, oltre che essere il principale costituente della lega saldante stagno-piombo utilizzata in campo elettrico ed elettronico, è impiegato in molteplici applicazioni nella maggior parte delle industrie.

All'interno della lega saldante, (v. fig. 3.58a) ci sono delle anime (tipicamente 3) contenenti colofonia additivata con cloruro di zinco; durante la saldatura, la colofonia calda forma una zona sgrassata ed ermetica all'ossigeno atmosferico, e il cloruro, ottimo disossidante, rende le superfici da saldare pulite (v. fig. 3.58b).

In particolare, nell'industria elettrica, per la sua proprietà di non essere attaccato dall'aria e dall'acqua, è molto usato per ricoprire le superfici di elementi metallici (stagnatura) per preservarli dall'ossidazione, al fine di evitarne la corrosione, oppure per favorire eventuali contatti elettrici a pressione.

Nella fig. 3.58d vengono mostrati dei barattoli cilindrici in banda stagnata elettrolitica, saldati longitudinalmente, protetti internamente con polvere termoplastica ed esternamente con vernice trasparente.

Dotati di fondo in banda stagnata aggraffato al corpo e coperchio consegnato a parte per l'aggraffatura a cura del confezionatore. Idoneo per alimenti secondo le norme vigenti.

Un impiego caratteristico è rappresentato dalla stagnatura dei fili di rame destinati a essere ricoperti con una guaina in gomma vulcanizzata, allo scopo di evitare che lo zolfo presente nella gomma vulcanizzata attacchi il rame. È impiegato anche nelle trecce di massa utilizzate per la messa a terra dei quadri elettrici (v. fig. 3.58c) e come trecce porta corrente per blindo sbarre.

Stagnati sono pure i fili di acciaio che servono alle legature dei rotor avvolti di motori asincroni e degli indotti delle macchine in corrente continua. Altro impiego dello stagno può essere quello per le armature di condensatori.

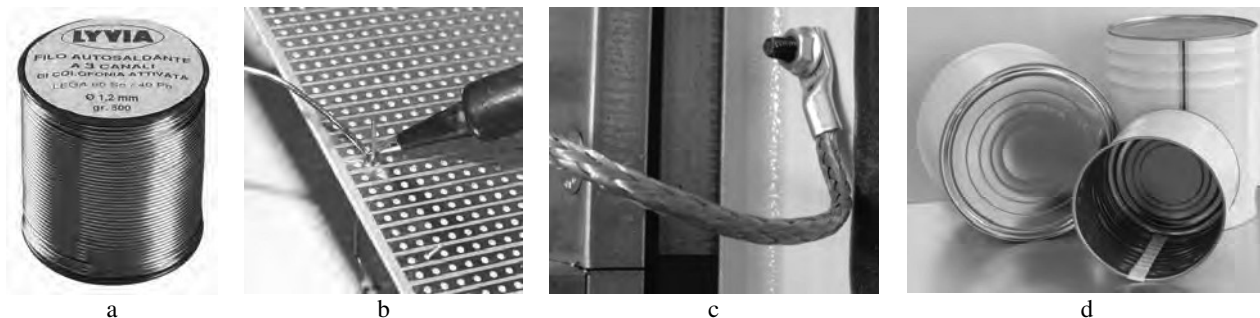


Fig. 3.58 - a) Bobina di lega autosaldante stagno (60%) e piombo (40%) con colofonia - b) Esempio di saldatura mediante lega saldante Sn-Pb di un resistore su un circuito stampato - c) Trecce di massa, in rame stagnato, per la messa a terra dei quadri elettrici - d) Barattoli cilindrici in banda stagnata.

Cadmio (Cd). È un metallo dall'aspetto simile allo stagno benché il colore si avvicini piuttosto a quello dell'acciaio. Ha peso specifico di $84,8 \text{ N/dm}^3$ e una temperatura di fusione di $320 \text{ }^\circ\text{C}$, è molto tenero, malleabile, e molto duttile.

All'aria, dopo qualche tempo, si ricopre di uno strato di ossido. È attaccato facilmente dall'acido nitrico, ma meno dagli acidi solforico e cloridrico. Scaldato fortemente all'aria, brucia con fiamma rossa.

Viene utilizzato per le piastre negative degli accumulatori alcalini al nichel-cadmio. In lega col rame (1%) si usa per fili telegrafici e telefonici. In certi casi è conveniente usarlo per il rivestimento protettivo (cadmiatura) di metalli, in sostituzione dello zinco (v. fig. 3.59a).

Si ricorda che il cadmio trova impiego come costituente di leghe saldanti per l'alluminio e leghe leggere.

Cromo (Cr). È un metallo molto duro e fragile dal colore grigio che diventa grigio-azzurrognolo splendente in seguito a levigatura e pulitura. Ha un peso specifico di $66,7 \text{ n/dm}^3$, ha un punto di fusione di $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ e una resistività di $0,077 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Non è attaccato dagli acidi ad eccezione di quello cloridrico concentrato, a caldo e molto lentamente. Il deposito galvanico di cromo (cromatura), a scopo protettivo-decorativo su elementi metallici, è preferibile alla nichelatura per la maggiore resistenza alle corrosioni, benché più costoso (v. fig. 3.59c).

Oltre all'impiego generale per la cromatura di corpi metallici, nell'industria elettrica il cromo trova largo uso in lega con il nichel e con il ferro (in certi casi anche con altri metalli) per formare leghe resistenti per resistori di vario uso. Esistono acciai al cromo adatti a formare magneti permanenti (v. fig. 3.59b).

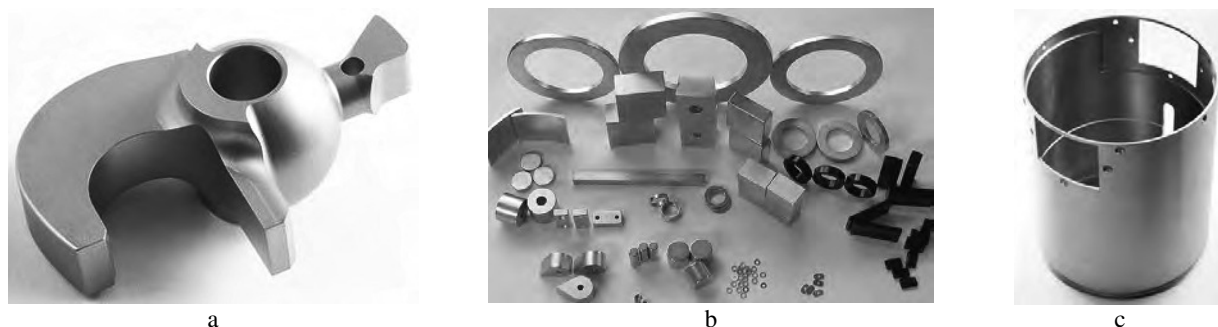
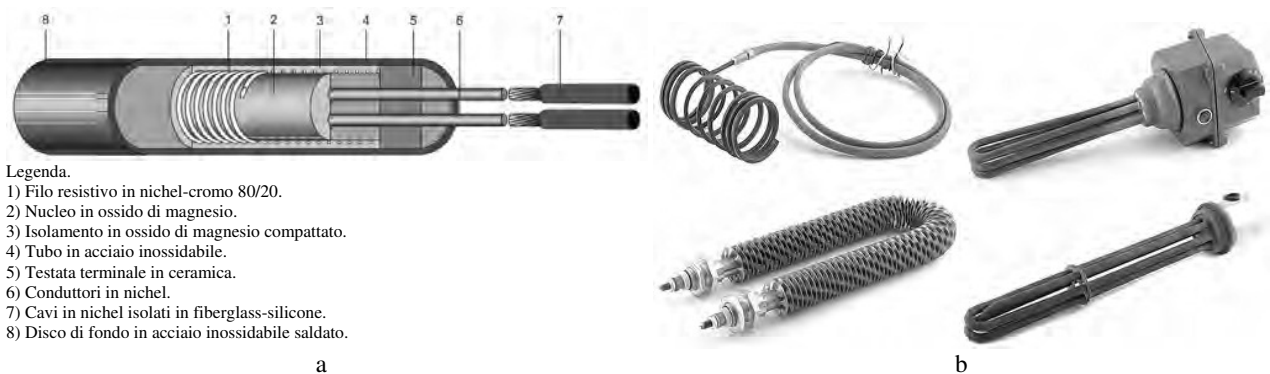


Fig. 3.59 - a) Pezzo meccanico protetto mediante cadmiatura - b) Magneti permanenti industriali - c) Pezzo meccanico protetto mediante cromatura.



Legenda.

- 1) Filo resistivo in nichel-cromo 80/20.
- 2) Nucleo in ossido di magnesio.
- 3) Isolamento in ossido di magnesio compattato.
- 4) Tubo in acciaio inossidabile.
- 5) Testata terminale in ceramica.
- 6) Conduttori in nichel.
- 7) Cavi in nichel isolati in fiberglass-silicone.
- 8) Disco di fondo in acciaio inossidabile saldato.

a

b

Fig. 3.60 - a) Riscaldatore a cartuccia con filo resistivo al nichel-cromo - b) Elementi riscaldanti.

Platino (Pt). È un metallo lucente di colore bianco-grigiastro, molto malleabile e duttile. Ha un peso specifico di 210 N/dm^3 , una temperatura di fusione di $1770 \text{ }^\circ\text{C}$, una resistività di $0,103 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e un coefficiente di temperatura di $0,0036$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Rispetto al rame è un mediocre conduttore di calore. È un metallo debolmente magnetico. Metallo nobile per eccellenza, il platino è inalterabile all'aria anche a caldo, e resiste agli acidi. Ha la caratteristica di appartenere ai metalli aventi un coefficiente di dilatazione termica molto piccolo.

Per la inossidabilità all'aria e la sua alta temperatura di fusione, il platino è impiegato per contatti di speciali interruttori ad elevato numero di interruzioni, contatti con punte di platino sono anche destinati a interruttori per usi particolari per i quali si richiedono resistenze di contatto molto basse e quindi superfici non ossidate (laboratori di misure elettriche).

Il platino è utilizzato negli elettrodi in alcune industrie elettrochimiche. Altro uso importante è quello per la formazione delle coppie termoelettriche (platino/rodio, platino/platino-iridio) per i pirometri; per alte temperature viene utilizzato al posto del nichel nelle sonde termoelettriche. Il platino viene usato anche come terminale di apparecchi da incorporare nel vetro, anche se oggi viene sostituito in molti casi con la platinite (lega di acciaio con 46% di nichel) che presenta lo stesso coefficiente di dilatazione termica del vetro.

Magnesio (Mg). È di colore bianco-argenteo simile a quello dello zinco. Ha un peso specifico di $17,16 \text{ N/dm}^3$ e quindi è uno dei metalli più leggeri. Ha una temperatura di fusione di $651 \text{ }^\circ\text{C}$ e una resistività di $0,0435 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Si può martellare, laminare, pulire e saldare con facilità. Esposto all'aria, si ossida superficialmente e viene corrosivo facilmente dall'acqua. Si scioglie negli acidi, ma non è attaccato dagli alcali caustici. Dato il suo peso specifico molto basso e la conducibilità relativamente alta, il magnesio puro è stato impiegato per realizzare sbarre collettrici di corrente; queste, a parità di resistenza elettrica, pesano la metà circa di quelle di rame.

Il magnesio ha il vantaggio sul rame che il suo ossido è isolante e quindi un'eventuale fiammata per un cortocircuito è meno pericolosa perché è poco probabile che se ne formino altre nelle immediate vicinanze per via dei prodotti della combustione. Rispetto alle sbarre di alluminio, quelle di magnesio hanno il vantaggio di una maggiore resistenza meccanica e una maggiore facilità di saldatura.

Ostacoli alla diffusione del magnesio come conduttore sono la facile infiammabilità e l'inconveniente grave di poter essere impiegato soltanto in ambienti asciutti a causa della sua corrosione per l'umidità.

Importanti sono le leghe ultraleggere ($1,7 \div 1,85 \text{ N/dm}^3$) a base di magnesio quali l'elektron e il magnalio. Benché di costo elevato, l'elektron è usato in taluni casi quando è indispensabile una grande leggerezza come, per esempio, per scudi di supporto. Dato il suo alto tenore di magnesio ($80 \div 90\%$), può essere usato in qualche caso come conduttore.

In generale le leghe leggere presentano un coefficiente di trasmissione del calore maggiore rispetto a quello della ghisa e anche dell'acciaio; di conseguenza, è conveniente che siano in lega ultraleggera le carcasse dei motori asincroni di tipo chiuso, ove lo smaltimento del calore è affidato principalmente alla conduzione attraverso le pareti dell'involucro.

Tungsteno (W). Detto anche wolframio si presenta sotto forma di polvere grigia, dal peso specifico di $187,3 \text{ N/dm}^3$; ha una elevatissima temperatura di fusione (circa $3350 \text{ }^\circ\text{C}$) ed è inattaccabile dagli acidi.

Si passa al metallo compatto mediante pressaggio a caldo in forma di bastoncini, e successiva martellatura ad alta temperatura mediante apposite macchine. Per l'azione della prolungata martellatura e stiratura a caldo, il materiale a poco a poco modifica la sua struttura in modo da diventare molto duttile e quindi tale da essere trafilato in fili anche sottilissimi. Il filo di tungsteno presenta le seguenti caratteristiche: resistività $0,055 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e un coefficiente di temperatura di $0,0042$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

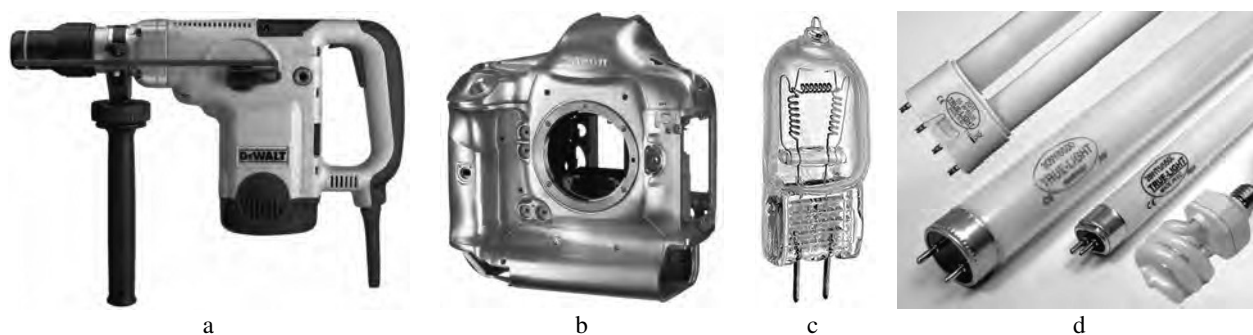


Fig. 3.61 - a) Martello perforatore realizzato in lega di magnesio leggero e resistente - b) Struttura in magnesio di una fotocamera digitale - c) Filamento di tungsteno di una lampada ad incandescenza a ciclo di alogeni - d) Filamento in tungsteno degli elettrodi delle lampade fluorescenti tubolari.

Per la sua elevatissima temperatura di fusione è indicato per la costruzione di pirometri per alte temperature e per i filamenti delle lampade ad incandescenza e nella costruzione di contatti elettrici. Inoltre, il tungsteno è impiegato, fra l'altro, per acciai magnetici e speciali ad alta resistenza.

Mercurio (Hg). Il mercurio è l'unico metallo che si presenta allo stato liquido a temperatura ordinaria. Ha il colore e lo splendore simili a quelli dell'argento. Ha il peso specifico di $133,3 \text{ N/dm}^3$, solidifica a $-38,9 \text{ }^\circ\text{C}$ e bolle a $375 \text{ }^\circ\text{C}$; evapora lentamente anche a temperatura ordinaria. I vapori di mercurio sono velenosi e il loro assorbimento produce un lento avvelenamento, è questa una delle più gravi malattie del lavoro.

La resistività è di $0,95 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e un coefficiente di temperatura di $0,00089$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. In confronto al rame, conduce poco bene il calore. È un metallo che appartiene alla categoria dei materiali diamagnetici.

Non si ossida all'aria a temperatura ordinaria. Viene conservato in bombole di ferro o di plastica.

Nell'industria elettrica il mercurio ha trovato in passato molti impieghi (raddrizzatori a vapori di mercurio, interruttori a galleggiante che sfruttano la possibilità di movimento libero del mercurio all'interno di un'ampolla di vetro, lampade a vapori di mercurio), ora a causa dei suoi effetti tossici viene usato molto meno.

Attualmente viene usato in particolare nelle lampade fluorescenti tubolari.

Leghe conduttrici. Il rame come l'alluminio vengono utilizzati come metalli puri, sono utilizzati nel settore elettrico ed elettronico per vari usi in leghe con altri metalli quando sono di interesse le caratteristiche particolari proprie di tali leghe.

Nelle leghe a base di rame si cerca di migliorare la resistenza a trazione, quella all'usura e lo scorrimento plastico, mentre peggiora in ogni caso la conducibilità elettrica, anche legando il rame con elementi, come l'argento, aventi maggiore conducibilità del rame stesso.

Le leghe del rame si possono dividere in due grandi categorie: i **bronzi** e gli **ottoni**.

I bronzi sono una lega rame-stagno, gli ottoni una lega rame-zinco. A questi metalli possono venire aggiunti altri componenti, in minor percentuale, per conferire alla lega particolari requisiti.

In particolare tra i bronzi vale la pena di ricordare:

- bronzo fosforoso; la percentuale di fosforo può variare dallo 0,05% allo 0,3%, utilizzato per i conduttori delle linee telegrafiche e telefoniche;
- bronzo silicoso; il silicio sostituisce il fosforo in percentuale pressoché uguale e anche la lega ottenuta ha caratteristiche e usi molto simili alla precedente;
- bronzo al berillio; ha un costo superiore ai precedenti per la presenza del berillio. Viene usato nella fabbricazione degli elettrodi per saldatori e nei contatti a spazzola dove si manifestano temperature elevate e riscaldamento per effetto Joule.

Per quanto riguarda gli ottoni essi contengono normalmente una percentuale di zinco del $30 \pm 33\%$, ma è possibile elevare il tenore di questo metallo fino al 44%. Spesso negli ottoni vi sono piccole parti di nichel o alluminio.

L'applicazione principale degli ottoni nel settore elettrico è nella costruzione di viti e morsettiere.

Esistono altre due leghe del rame che meritano di essere nominate: cupaloy ed everdur.

La prima è una lega rame-cromo-argento a elevata resistenza meccanica e viene utilizzata nella costruzione degli elettrodi delle saldatrici a punti e data la sua durezza e la sua buona conducibilità, è indicata per la costruzione di collettori sia a lamelle che ad anelli per macchine elettriche (v. fig. 3.63b); la seconda è una lega rame-silicio-manganese ed è particolarmente resistente alla corrosione. Viene utilizzata nella costruzione di parti degli interruttori.

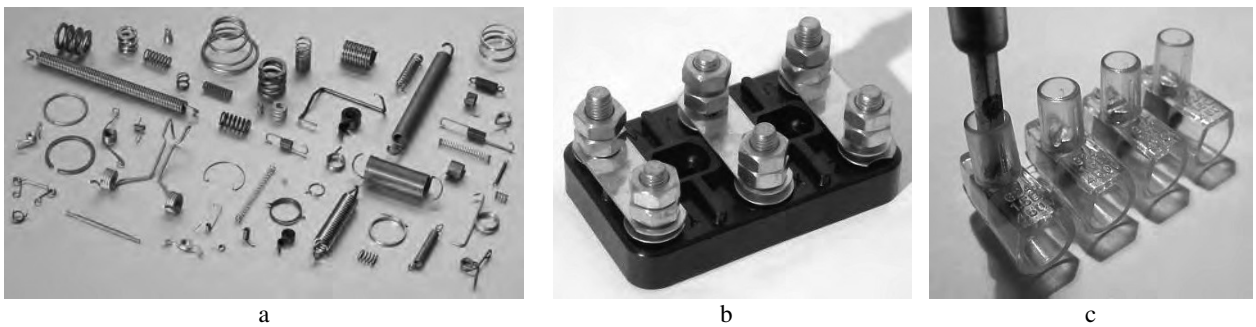


Fig. 3.62 - a) Molle realizzate in filo di acciaio al carbonio, inox, bronzo fosforoso, bronzo al berillio e ottone hanno sezione circolare o quadra con dimensioni caratteristiche comprese tra 0,1 e 5 mm - b) Morsettiera in ottone per motori asincroni monofase e trifase - c) Morsetti in ottone a vite isolati per cassette di derivazione.

Il rame in lega trova applicazione per la realizzazione di resistori di precisione, come costantana (rame 60%, nichel 40%), la manganina (rame 85%, manganese 12%, nichel 3%) e l'argentana (rame 60%, nichel 15%, zinco 25%); queste leghe hanno la caratteristica comune di avere un valore ridotto del coefficiente di temperatura della resistività, in modo da garantire una resistenza elettrica praticamente costante al variare della temperatura.

Le leghe rame-cadmio con una percentuale di cadmio $0,7 \div 1,3\%$ hanno una discreta conducibilità elettrica e, rispetto al rame, una maggiore resistenza allo scorrimento a caldo, maggiore resistenza a trazione (circa 30% in più rispetto al rame) e una notevole resistenza all'usura per abrasione e per scariche elettriche; caratteristiche queste ultime che consentono di usare questa lega nel campo della trazione elettrica per i conduttori delle linee di contatto.

L'alluminio quando viene legato ad altri metalli migliora, di norma, le proprie caratteristiche meccaniche, anche se ciò determina un aumento della resistività elettrica. Le leghe di alluminio si dividono in due categorie: leghe leggere e leghe pesanti a seconda che il peso specifico sia rispettivamente minore o maggiore di 29 N/dm^3 .

Le due leghe dell'alluminio più note sono:

- il duralluminio costituita mediamente, oltre che dall'alluminio in parte preponderante, da rame, magnesio, silicio, ferro. Oggi quasi tutte le leghe leggere vengono genericamente denominate come duralluminio e vengono principalmente utilizzate nella fusione di getti per le carcasse delle macchine elettriche di piccola potenza (v. fig. 3.63c);
- l'Aldrey è costituito da alluminio, silicio, magnesio e ferro, ma in percentuali diverse rispetto al duralluminio. Le caratteristiche fisiche principali di tale lega sono le seguenti: peso specifico $26,5 \text{ N/dm}^3$, carico di rottura di $294 \div 333 \text{ N/mm}^2$, temperatura di fusione $610 \div 650 \text{ }^\circ\text{C}$, resistività $0,030 \div 0,033 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, coefficiente di temperatura $0,0038$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Questa lega unisce alla discreta conducibilità elettrica e alla leggerezza e resistenza alla corrosione proprie dell'alluminio, una resistenza meccanica almeno pari a quella del rame, con un carico di rottura di circa 300 N/mm^2 . L'Aldrey è usato principalmente nella fabbricazione di fili di piccola sezione cordati in numero dipendente dalla sezione del conduttore che vengono utilizzati per le linee elettriche aeree.

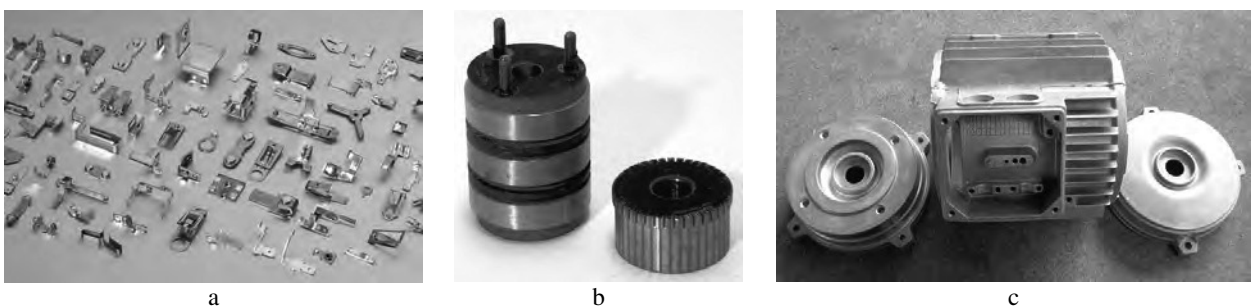


Fig. 3.63 - a) Contatti elettrici in lega di argento saldati a supporti metallici in lega di rame o lega di alluminio - b) Collettori in lega di rame ad anelli per macchine elettriche in corrente alternata (a sinistra) e a lamelle per macchine elettriche a corrente continua (a destra) - c) Carcassa e scudi in lega di alluminio di un motore asincrono.

Carbonio. Il carbonio viene usato sotto forma di carbone di storta o grafite.

Il carbone di storta si ottiene come sottoprodotto di distillazione del gas illuminante dentro le storte delle quali riveste le pareti. Si ottiene per decomposizione parziale degli idrocarburi che compongono il gas illuminante.

È un carbone assai duro e tagliato presenta una lucentezza metallica. Si usa per fare elettrodi e carboncini per pile. Per costruire questi oggetti si deve macinare il carbone assai finemente, mescolarlo con agglutinanti e metterlo in forme. Con una pressione di circa 30400 kPa si riesce a unire tra di loro le varie particelle in modo da ottenere un materiale compatto.

La grafite si può trovare in natura, in masse di aspetto plumbeo nerastro, tenera e sfaldabile. Si può ottenere anche artificialmente trattando in un forno elettrico, a 2000 °C, del carbone di storta o del coke.

Prende allora il nome di elettrografite.

Anche con l'elettrografite e la grafite naturale, lavorate come il carbone di storta, si ottengono elettrodi e soprattutto spazzole per macchine elettriche (v. fig. 3.64b e fig. 3.64c).

Impastando la grafite o l'elettrografite con polveri metalliche (rame) si ottiene il metalgrafite, materiale che presenta una minore resistività della grafite. La resistività del carbone è assai elevata e si aggira sui 40÷100 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$.

L'elettrografite può presentare una resistività anche di 10 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$, che dipende dalla accuratezza della fabbricazione.

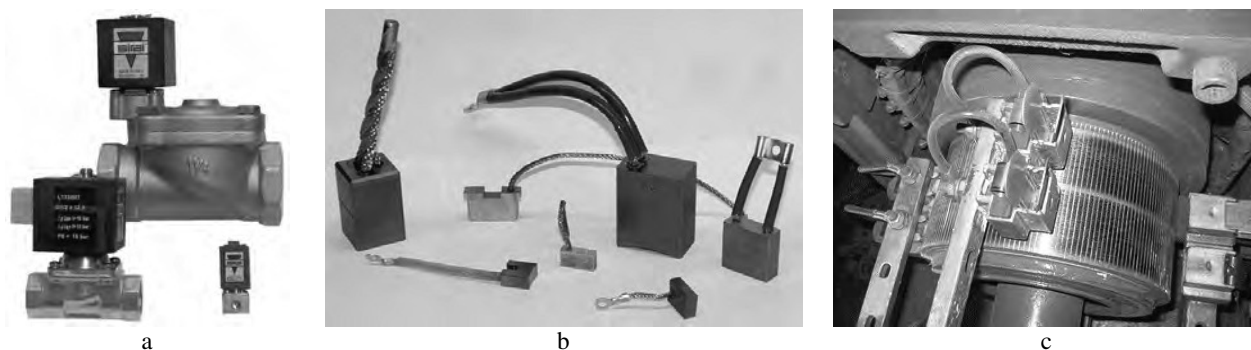


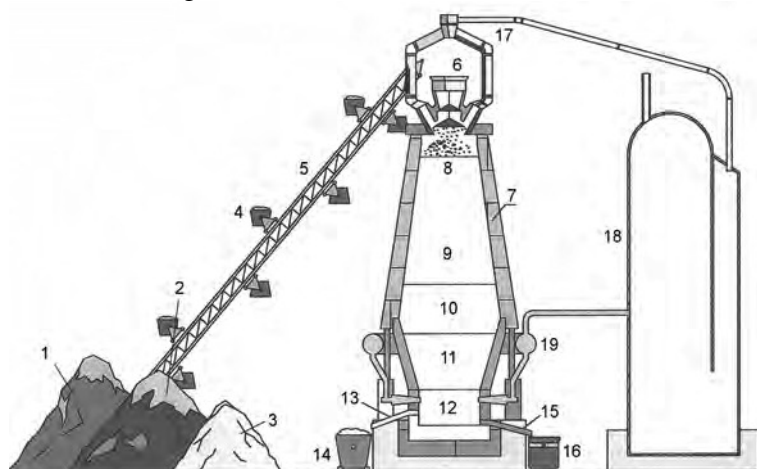
Fig. 3.64 - a) Elettrovalvole con il corpo in ottone - b) Spazzole in grafite per macchine elettriche - c) Spazzole in grafite a contatto di un collettore a lamelle in una macchina elettrica in corrente continua.

Materiali ferrosi. Né il ferro (Fe) né i prodotti ottenuti dalla fusione del ferro (ghise e acciai) possiedono quelle caratteristiche tipiche dei conduttori elettrici veri e propri, tuttavia le applicazioni industriali, anche nel settore elettrico, sono così numerose che si ritiene necessario fornire alcune indicazioni, seppure generiche, su questo metallo.

Il ferro ha un peso specifico di 77 N/dm³, una temperatura di fusione di 1500 °C, una resistività di 0,14 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ a 20 °C e un coefficiente di temperatura di 0,0048 a 0 °C. Si presenta in natura nei seguenti minerali di estrazione: magnetite (ferro al 60÷70%), ematite marrone (ferro al 20÷45%), ematite rossa (ferro al 40÷60%), siderite (ferro al 30÷45%).

È la siderurgia, la branca della tecnica, che si occupa della estrazione del ferro e della produzione della ghisa e dell'acciaio. I minerali del ferro vengono trasformati in ghisa negli altoforni (v. fig. 3.65) che sono grandi costruzioni internamente rivestite di materiale refrattario che costituiscono il fulcro del ciclo siderurgico.

Nell'altoforno, i minerali del ferro, in una successione di fasi, con l'intervallo di carbone coke e dei fondenti (calcare), si trasforma in ghisa. L'altoforno può raggiungere un'altezza di circa 80 m e avere un diametro all'altezza del crogiolo di circa 10 m.



Legenda.

- 1) Minerale di ferro.
- 2) Carbone coke.
- 3) Fondente (calcare).
- 4) Carrello ribaltabile.
- 5) Nastro trasportatore.
- 6) Tramoggia.
- 7) Rivestimento in materiale refrattario.
- 8) Bocca di carico.
- 9) Tino.
- 10) Ventre.
- 11) Sacca.
- 12) Crogiolo.
- 13) Canale di rimozione delle scorie (loppe).
- 14) Siviera per le scorie (loppe).
- 15) Canale per la colata della ghisa.
- 16) Colata di ghisa in siviera.
- 17) Uscita gas di scarico dell'altoforno.
- 18) Recuperatori di calore.
- 19) Condotti per flusso di aria calda a circa 1200 °C.

Fig. 3.65 - Schema di funzionamento di un altoforno per la produzione di ghisa.

Alla bocca dell'altoforno vengono trasportati, con nastri o speciali elevatori, i minerali di ferro, i fondenti, il carbone coke e gli agglomeranti.

Nella sua discesa la carica solida percorre zone a temperatura crescente sino a raggiungere lo stato liquido.

Le ceneri del coke, le impurità del minerale e il fondente si uniscono, formando le scorie (o loppa).

La separazione tra la ghisa liquida e le scorie avviene per la differenza di peso specifico; le scorie essendo più leggere galleggiano sui liquidi di fusione.

Le scorie vengono estratte tramite un foro di colata attraverso un canale di rimozione, vengono versate in una siviera, mentre la ghisa liquida, dopo che sono state spillate le scorie, viene anch'essa spillata attraverso il foro di colata e attraverso un canale di colata viene versata in un grande recipiente (siviera di colata). La colata viene eseguita circa ogni 2÷3 ore.

La ghisa (bianca e grigia) è una lega di ferro e carbonio (carbonio 2÷5%) e altri elementi in minima quantità (silicio, fosforo, manganese e piombo) come riportato nella tab. 3.16. Quando il tenore di carbonio non supera circa il 2% la lega ferro-carbonio viene denominata acciaio.

Componenti della ghisa	Simbolo	Bianca %	Grigia %	Note
Carbonio	C	3,5	4	Ghisa bianca. Contiene manganese. Il manganese favorisce l'unione del carbonio con il ferro (Fe_3C). La ghisa bianca è utilizzata come ghisa d'affinazione per la fabbricazione dell'acciaio.
Silicio	Si	0,7	2,5	
Manganese	Mn	2	0,8	Ghisa grigia. Contiene silicio. Durante il raffreddamento, il silicio favorisce la separazione del carbonio sotto forma di grafite. La ghisa grigia è utilizzata per l'elaborazione delle ghise di ferro.
Fosforo	P	0,2	0,5	
Zolfo	Z	0,04	0,04	

Tab. 3.16 - Prodotti dell'altoforno: componenti della ghisa di prima fusione.

Per trasformare la ghisa (la cosiddetta ghisa bianca) in acciaio riducendo i tenori di carbonio, silicio e manganese ed eliminare il fosforo e lo zolfo, viene utilizzato un processo chiamato di **affinazione** che si esegue mediante processi con insufflazione di ossigeno o mediante processi elettrici.

I processi a insufflazione di ossigeno sono i più utilizzati oggi grazie alla loro redditività, al debole impatto ambientale e all'ottenimento di acciai molto puri e di buona qualità. Non contengono praticamente azoto poiché l'affinazione non si fa con l'aria, ma con l'ossigeno.

I processi sono redditizi grazie alle brevi durate d'insufflazione (circa 20 min.). L'acciaio così prodotto è utilizzato per gli acciai da costruzione e le lamiere sottili.

Tra i più utilizzati vale la pena ricordare il processo LD (Linz-Donawitz), mostrato nelle figg. 3.66a, 3.66b, 3.66c, tale processo è alimentato con ghisa di prima fusione e rottami di ferro. Dell'ossigeno viene insufflato sul bagno di ghisa con l'aiuto di una lancia a ossigeno amovibile, il raffreddamento viene effettuato con acqua. La forte ossidazione, che si sviluppa dai diversi elementi, causa un vortice nella ghisa.

La massa fusa si decarburizza e le impurità vengono bruciate. Gli elementi associati al ferro sono bruciati e fuoriescono sotto forma di gas o vengono legati alla scoria mediante aggiunta di calce.

In funzione dell'acciaio da produrre, si aggiungono dei materiali di lega (cromo, manganese, nichel) al termine dell'affinazione. Dopo il processo di affinazione, si procede prima alla colata della scoria e poi a quella dell'acciaio. I processi elettrici consentono di trasformare la ghisa di prima fusione e i rottami di ferro d'alta qualità in acciaio. Gli acciai ottenuti in questo modo sono molto puri e contengono poco fosforo e zolfo. Sono chiamati perciò acciai affinati.

I forni ad arco (v. fig. 3.66d) possiedono normalmente tre elettrodi di grafite. L'arco elettrico prodotto tra gli elettrodi e la massa in fusione può raggiungere delle temperature fino ai 2800÷3000 °C. Il carico viene così fuso e le impurità non desiderate vengono in gran parte bruciate. Le alte temperature di fusione permettono di fondere anche elementi di lega degli acciai difficili come il tungsteno, il molibdeno e il tantalio.

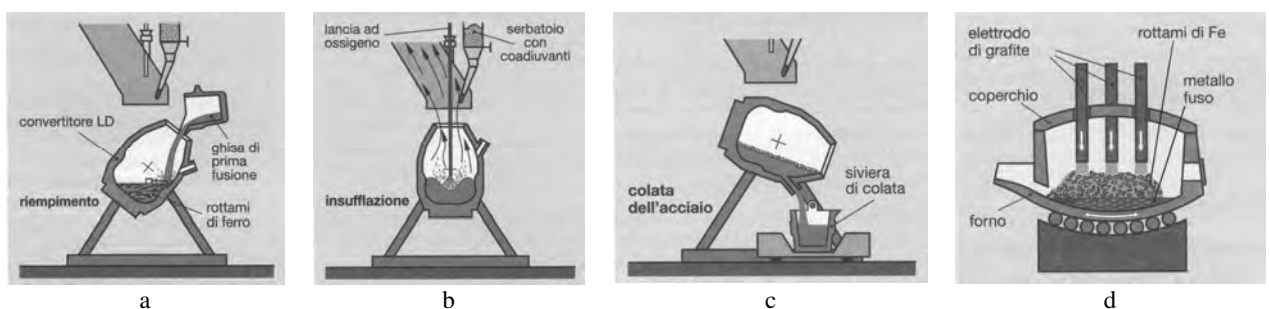


Fig. 3.66 - Processo LD: a) Fase di riempimento - b) Fase di insufflazione - c) Fase di colata dell'acciaio - d) Processo elettrico: forno ad arco.

La ghisa viene usata per la sua buona fusibilità che permette di ottenere pezzi complicati con lavorazioni relativamente facili. Le ghise, infatti, non possono essere lavorate plasticamente, né a caldo, né a freddo, ma solo per fusione. Le ghise resistono bene a compressione, ma non altrettanto a trazione e flessione (resistenza a trazione $100\div 400\text{ N/mm}^2$, resistenza a compressione $400\div 900\text{ N/mm}^2$).

Le ghise bianche sono molto dure e fragili e possono essere lavorate solo alla mola. Le loro applicazioni sono limitate; vengono usate, per esempio, per fabbricare corone esterne per ruote di carrelli, oppure per parti di frantoi, o per cilindri di laminatoi. Le ghise grigie sono meno dure e meno fragili delle ghise bianche e possono essere lavorate anche alle macchine utensili. Le ghise, sia bianche, sia grigie, hanno scarsa saldabilità.

La ghisa è usata per pezzi fissi come supporti, basamenti, carcasse e per pezzi scarsamente sollecitati dalla forza centrifuga. Il suo impiego va però diminuendo in conseguenza del crescente uso di strutture saldate in acciaio.

Le ghise vengono designate con la lettera **G** seguita da un numero che indica il carico di rottura a trazione garantito in N/mm^2 , per esempio **G100** è una ghisa che ha un carico di rottura a trazione garantito di 100 N/mm^2 .

Come si è già detto, l'acciaio, è una lega ferro-carbonio con un tenore di carbonio inferiore a quello posseduto dalla ghisa. L'acciaio è malleabile, duttile, può essere saldato facilmente e ha a seconda del tipo un carico di rottura alla trazione che varia da 500 a 1200 N/mm^2 . È da notare che anche il ferro è un prodotto siderurgico, ma il suo impiego industriale è molto limitato.

Le proprietà degli acciai dipendono dai seguenti fattori:

- percentuale del carbonio in lega;
- metodo di fabbricazione o affinazione (processo LD o elettrico);
- trattamento termico citati in precedenza (tempra) e tipo di struttura dei cristalli;
- presenza di altri elementi di lega (nicel, cromo, ecc.).

A seconda della percentuale del carbonio, gli acciai si classificano in:

- 1) acciai dolcissimi: $0,008 < C < 0,1\%$;
- 2) acciai dolci: $0,1 < C < 0,2\%$;
- 3) acciai semiduri: $0,2 < C < 0,77\%$;
- 4) acciai duri: $0,77 < C < 1,3\%$;
- 5) acciai durissimi: $1,3 < C < 2,08\%$.

Gli acciai dolci e dolcissimi presentano resistenza a trazione molto più bassa di quella degli acciai duri ad alto tenore di carbonio. Gli acciai dolci e dolcissimi sono più duttili, più malleabili, più resistenti. Sono facilmente lavorabili alle macchine utensili e facilmente saldabili. Per contro sono meno resistenti all'usura e alla corrosione.

Il carbonio è sempre presente negli acciai, con un tenore compreso fra $0,008\%$ e $2,08\%$. Aumentando la percentuale di carbonio cambiano le caratteristiche dell'acciaio come riportato nella tab. 3.17.

Aumentando la percentuale di carbonio diminuiscono:	Aumentando la percentuale di carbonio aumenta:
lavorabilità	durezza
saldabilità	resistenza meccanica
tenacità	temprabilità
plasticità a freddo	colabilità
	resistenza all'usura

Tab. 3.17 - Influenza della percentuale di carbonio sulle caratteristiche degli acciai.

La presenza di altri elementi come nichel (Ni), cromo (Cr), molibdeno (Mo), tungsteno (W), manganese (Mn), piombo (Pb), ecc. e il loro tenore in lega determina la proprietà dell'acciaio.

Gli acciai in cui questi elementi vengono intenzionalmente aggiunti (durante la fusione) sono detti acciai legati. Gli acciai in cui invece questi elementi non compaiono sono detti acciai al carbonio.

Di seguito sono riportate le proprietà degli acciai che vengono modificate dalla presenza nella lega di alcuni elementi.

- **Cromo (Cr).** Il cromo aumenta la durezza e il limite di elasticità dell'acciaio. In tenori maggiori del 10% il cromo rende l'acciaio inossidabile e resistente agli agenti chimici. Gli acciai al cromo vengono usati per cuscinetti, alberi e parti sollecitate da vibrazioni, valvole di motori a scoppio, parti di impianti termici, chimici e alimentari.
- **Nichel e cromo (Ni-Cr).** Il nichel, sempre accompagnato dal cromo, aumenta tutte le caratteristiche meccaniche dell'acciaio e la resistenza alla corrosione. Diminuisce la dilatazione e la saldabilità. Gli acciai con nichel-cromo (8% e 18%), inossidabili, sono applicati in vasti settori dell'industria chimica, navale, aeronautica, nelle turbine a vapore, per i ferri chirurgici, per la realizzazione di pentole, ecc.
- **Nichel, cromo e molibdeno (Ni-Cr-Mo).** Il molibdeno ha la proprietà di aumentare la penetrazione negli acciai degli effetti della tempra e di far conservare le proprietà meccaniche conferite dalla tempra anche a elevate temperature. Gli acciai con nichel-cromo-molibdeno sono i migliori in senso assoluto per le caratteristiche meccaniche ($R_m = 1200\text{ N/mm}^2$). Sono usati per alberi a manovella, ingranaggi, bielle, fucili, parti di motori a scoppio, ecc.

Elemento	Aumenta	Diminuisce
Non metalli		
Carbonio (C)	Resistenza, durezza, temprabilità, proprietà di fusibilità nel caso di acciaio colato	Punto di fusione, tenacità, allungamento, saldabilità e forgiabilità
Silicio (Si)	Resistenza alla trazione, elasticità, resistenza alla corrosione	Saldabilità, forgiabilità, lavorabilità
Fosforo (P)	Resistenza al calore, fragilità a freddo, fluidità in caso di ghisa grigia	Allungamento, tenacità, saldabilità
Zolfo (S)	Lavorabilità, fragilità a caldo	Tenacità, saldabilità, resistenza alla corrosione
Metalli		
Cromo (Cr)	Resistenza alla trazione, al calore e alla corrosione	Tenacità, saldabilità, allungamento
Manganese (Mn)	Resistenza alla trazione, al calore e alla corrosione	Resistenza all'usura, saldabilità, lavorabilità
Molibdeno (Mo)	Resistenza alla trazione ed al calore, capacità di taglio, tenacità	Saldabilità
Nichel (Ni)	Resilienza, resistenza alla trazione, al calore ed alla corrosione	Dilatazione termica, saldabilità, lavorabilità
Vanadio (V)	Resistenza alla fatica e al calore, durezza	Saldabilità
Tungsteno (W)	Resistenza alla trazione, durezza, resistenza al calore, capacità di taglio	Resistenza all'usura e alla corrosione

Tab. 3.18 - Influenza delle leghe metalliche e non metalliche sui metalli ferrosi.

- Silicio (Si). Il silicio aumenta il limite di elasticità degli acciai. Gli acciai con il silicio sono molto elastici e vengono usati per costruire molle.
- Manganese (Mn). Il manganese aumenta la penetrazione negli acciai degli effetti della tempra, ma infragilisce l'acciaio se non si usano precauzioni durante il trattamento termico di rinvenimento. Aumenta la resistenza all'usura e la durezza. Il manganese compare in quasi tutti gli acciai impiegati per pezzi di grosse dimensioni, ai quali siano richieste elevate caratteristiche meccaniche anche in zone molto profonde del pezzo.
- Tungsteno (W). Il tungsteno è impiegato solo negli acciai per utensili, perché conferisce alla lega notevole durezza, che permane anche a caldo. Il tungsteno è usato spesso insieme al vanadio. Gli acciai al tungsteno-vanadio sono adatti a costruire utensili per tornio, fresa, trapano, ecc. Gli utensili costruiti con questi acciai possono sopportare velocità di taglio molto alte. Gli acciai, perciò, sono detti anche acciai rapidi.
- Tungsteno-cobalto (W-Co). Il cobalto fa sì che la durezza degli acciai al tungsteno si mantenga a temperature elevate. Il cobalto è impiegato insieme al tungsteno-vanadio (W-V) per acciai da utensili che devono essere adibiti a lavorazioni con velocità di taglio elevatissime. Perciò questi acciai sono chiamati super-rapidi.
- Piombo-zolfo (Pb-S). Il piombo, unito talvolta allo zolfo, aumenta la truciolabilità degli acciai, favorendo il distacco del truciolo, a scapito di altre proprietà meccaniche. Gli acciai al piombo-zolfo sono usati per particolari meccanici ai quali non siano richieste grandi caratteristiche meccaniche, costruiti in serie su macchine automatiche. Per questo motivo gli acciai al piombo sono detti anche automatici.
- Zolfo (S), Fosforo (P), Idrogeno (H), Azoto (N), Ossigeno (O). La presenza di questi elementi è sempre nociva e quindi deve essere ridotta al minimo. Questi non metalli, combinandosi chimicamente con il ferro e il carbonio, formano dei composti che infragiliscono notevolmente la struttura dell'acciaio.

Gli acciai possono assumere denominazioni diverse a seconda delle caratteristiche e delle proprietà che si vogliono evidenziare. Alle denominazioni di tipo unificato, secondo norme nazionali e internazionali (UNI, DIN, AISI, ASTM, ecc.) spesso si sostituiscono o vanno ad aggiungersi altre classificazioni di uso pratico; di seguito viene riportata la designazione secondo le norme UNI EN 10027.

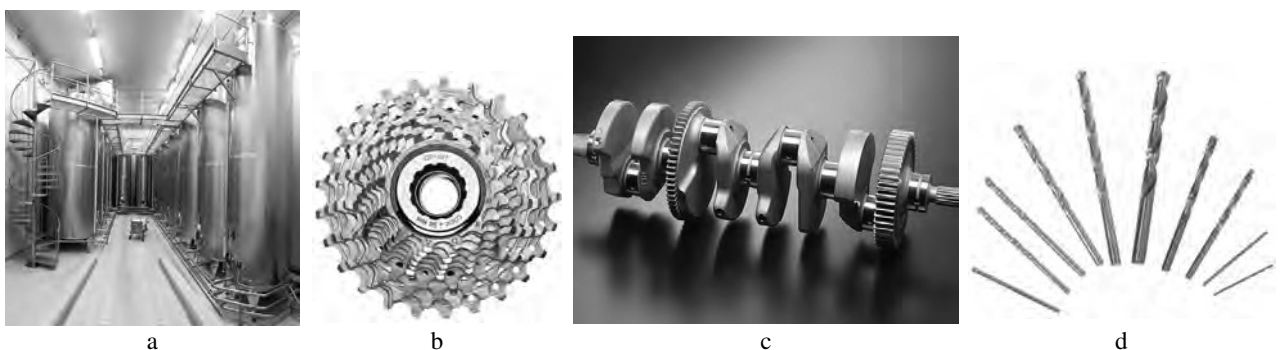


Fig. 3.67 - a) Impianto per l'industria alimentare realizzato in acciaio inossidabile (struttura, tubazioni, serbatoi) - b) Pignone per bicicletta in acciaio al nichel-cromo - c) Albero motore in acciaio al nichel-cromo-molibdeno per motori endotermici - d) Punta per trapano in tungsteno-vanadio.

La designazione convenzionale degli acciai secondo la norma europea UNI EN 10027 prevede la tabella UNI EN 10027-1, che sostituisce la norma UNI EU 27, la quale definisce la designazione alfanumerica degli acciai e la tabella UNI EN 10027-2 che definisce la designazione numerica degli acciai. Nella definizione alfanumerica, si utilizzano simboli letterali e numerici che esprimono la destinazione di impiego e le caratteristiche principali, per esempio meccaniche, fisiche o chimiche, in modo tale da fornire un'identificazione abbreviata degli acciai stessi.

Ai fini della designazione alfanumerica si hanno **due** gruppi di acciai.

Gruppo 1: acciai designati in base al loro impiego e alle loro caratteristiche meccaniche o fisiche.

Simbolo iniziale	Simbolo impiego	Caratteristiche meccaniche o fisiche
G: se l'acciaio è definito sotto forma di getto	S: impieghi strutturali P: impieghi sotto pressioni E: costruzioni meccaniche L: tubi B: cemento armato Y: cemento armato precompresso	R _s : Resistenza allo snervamento minimo [N/mm ²] + Simbolo per ulteriori indicazioni (a cura dell'ente responsabile)

Tab. 3.19 - Acciai designati in base al loro impiego ed alle loro caratteristiche meccaniche o fisiche.

La sigla per gli acciai del gruppo 1, secondo la norma UNI EN 10027, in definitiva è composta da tre parti secondo le indicazioni riassunte nella tab. 3.20.

Per esempio l'acciaio denominato, con la precedente normativa, Fe 360 B, con la nuova denominazione diviene S 235 JR G2 dove: S indica che è un acciaio per impieghi strutturali, 235 che ha un carico unitario di snervamento $R_p = 235 \text{ N/mm}^2$, JR una resilienza $>27 \text{ J a } +20 \text{ }^\circ\text{C}$ e infine G2 che è un acciaio calmato.

Simbolo principale	Proprietà	Ulteriori indicazioni
S: acciai per impieghi strutturali	Carico unitario di snervamento R_p in N/mm^2	N: normalizzato C: idoneo alla deformazione a freddo Q: bonificato J: per temperatura ambiente a bassa temperatura (*) K: per temperatura ambiente e bassa temperatura (*) L: per temperatura ambiente e bassa temperatura (*) G: altre proprietà (**)
P: acciai per impieghi sotto pressione		
L: acciai per tubi di condutture		
E: acciai per costruzioni meccaniche	Carico unitario di snervamento R_p in N/mm^2	
B: acciai per cemento armato		
Y: acciai per cemento armato precompresso	Carico unitario di rottura R_m in N/mm^2	
R: acciai per rotaie	Carico unitario di rottura R_m in N/mm^2	
H: prodotti piani laminati a freddo di acciaio ad alta resistenza per imbutitura a freddo	Carico unitario di snervamento R_p in N/mm^2 <small>(se è specificato solo R_m occorre aggiungere prima del valore la lettera T)</small>	
D: prodotti piani per formatura a freddo ...		
T: banda nera, stagnata, cromata, ...		
M: acciai magnetici ...		
(*) JR: resilienza $>27 \text{ J a } +20 \text{ }^\circ\text{C}$ J0: resilienza $>27 \text{ J a } 0 \text{ }^\circ\text{C}$ J2: resilienza $>27 \text{ J a } -20 \text{ }^\circ\text{C}$	(*) KR: resilienza $>40 \text{ J a } +20 \text{ }^\circ\text{C}$ K0: resilienza $>40 \text{ J a } 0 \text{ }^\circ\text{C}$ K2: resilienza $>40 \text{ J a } -20 \text{ }^\circ\text{C}$	(*) LR: resilienza $>60 \text{ J a } +20 \text{ }^\circ\text{C}$ L0: resilienza $>60 \text{ J a } 0 \text{ }^\circ\text{C}$ L2: resilienza $>60 \text{ J a } -20 \text{ }^\circ\text{C}$
(**) G1: acciaio effervescente	(**) G2: acciaio calmato	(**) G3: stato di disossidazione da definire

Tab. 3.20 - Designazione degli acciai del gruppo 1 secondo le norme UNI EN 10027. Per carico unitario di snervamento si intendono i valori dei carichi unitari R_{eH} , R_{eL} , R_p o R_b secondo quanto indicato nelle specifiche di prodotto dell'acciaio considerato.

Gruppo 2: acciai designati in base alla loro composizione chimica. Il gruppo si suddivide in 4 sottogruppi.

- 1) **Acciai non legati** (tranne gli acciai per lavorazioni meccaniche ad alta velocità) con un tenore medio di manganese $<1\%$. La designazione deve comprendere nell'ordine la lettera **C** e un numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto.
- 2) **Acciai non legati** con un tenore medio di manganese $\geq 1\%$, acciai non legati per lavorazioni meccaniche ad alta velocità (*automatici*) e acciai legati (ad eccezione degli acciai rapidi) il cui tenore in massa di ciascun elemento di lega è $< 5\%$. La designazione comprende, nell'ordine: un numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto, i simboli chimici che indicano gli elementi di lega caratterizzanti l'acciaio in ordine decrescente di tenore, i numeri indicanti i valori dei tenori degli elementi di lega (tenore percentuale medio moltiplicato per i fattori riportati nel prospetto allegato alla norma, come riportato nella tab. 3.21). I numeri relativi ai differenti elementi devono essere separati da trattini. Per esempio la sigla **13CrMo4-5** designa un acciaio basso legato con 0,13% di carbonio, 1% di cromo (Cr) e lo 0,5% di molibdeno (Mo).

Elementi leganti	Fattore di moltiplicazione
Co, Cr, Mn, Ni, Si, W	4
N, P, S	100
B	1000
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10

Tab. 3.21 - Fattori di moltiplicazione per determinare il tenore degli elementi leganti.

- 3) **Acciai legati** (ad eccezione degli acciai rapidi) il cui tenore in massa di almeno un elemento di lega è $\geq 5\%$. La designazione comprende, nell'ordine: la lettera **X**, un numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto, i simboli chimici che indicano gli elementi di lega caratterizzanti l'acciaio in ordine

decescente di tenore, i numeri indicanti i valori dei tenori degli elementi di lega (arrotondati al numero intero più vicino). I numeri relativi ai differenti elementi devono essere separati da trattini. Per esempio la sigla X6CrNiTi18-10 designa un acciaio legato con 0,06% di carbonio, 18% di cromo (Cr), 10% di nichel (Ni) e una percentuale inferiore di titanio (Ti).

- 4) **Acciai rapidi.** La designazione comprende, nell'ordine: le lettere **HS**, i numeri indicanti le percentuali degli elementi di lega, riportati nell'ordine: W, Mo, V, Co, e arrotondati al valore intero più vicino. Per esempio la sigla HS 6-5-2-5 rappresenta un acciaio rapido al tungsteno, molibdeno, vanadio, cobalto (utilizzato per gravose operazioni di sgrossatura su acciaio e ghisa, frese, maschi, punte elicoidali, creatori). Composizione: C 0,90% - Cr 4,00% - W 6,10% - Mo 5,00% - V 2,00% - Co 5,00%, designazione alfanumerica: X85WMoCoCrV 06-05-05-04-02. Per esempio la sigla HS 18-0-1-10 rappresenta un acciaio rapido al tungsteno, cobalto (utilizzato per utensili da tornio). Composizione: C 0,85% - Cr 4,10% - W 18,10% - V 1,90% - Co 9,75%, designazione alfanumerica: X80WCoCrV 18-10-04-02.

La tabella UNI EN 10027-2 definisce la designazione numerica degli acciai (stabilisce un sistema di numerazione) e l'organizzazione per la registrazione, l'attribuzione e la diffusione dei codici stessi (stabilisce le procedure per l'attribuzione del codice e fornisce le indicazioni per la compilazione dei moduli di richiesta di attribuzione del codice). L'applicazione di questa parte della norma UNI EN 10027 è obbligatoria per gli acciai considerati in norme europee. Ciascuna designazione numerica deve riferirsi soltanto ad un tipo di acciaio e non può essere utilizzata per un altro acciaio.

Le designazioni numeriche sono attribuite dall'Ufficio Europeo di Registrazione che, con opportuna periodicità, rivede la lista degli acciai registrati controllando gli acciai non più prodotti. La pubblicazione periodica dell'elenco riveduto degli acciai registrati consente di conoscere quali numeri sono divenuti disponibili per essere riattribuiti a tipi di acciaio futuri. La designazione numerica utilizza un numero composto da un numero fisso di cifre secondo lo schema riportato nella tab. 3.22.

A	.	B	C	D	E	X	X
---	---	---	---	---	---	---	---

Tab. 3.22 - Composizione designazione numerica secondo la norma UNI EN 10027.

A: il primo numero identifica il materiale, per l'acciaio è uguale a 1. I numeri da 2 a 9, (anche se questo sistema di designazione è riferito unicamente all'acciaio) possono essere attribuiti ad altri materiali; 2 per i metalli pesanti escluso l'acciaio (rame e leghe di rame), 3 per i metalli leggeri (alluminio e leghe di alluminio, titanio e leghe di titanio, ecc.).

B e C: identificano il gruppo dell'acciaio. Questo numero di due cifre è ricavabile da un prospetto allegato alla norma suddiviso per acciai non legati (acciai di base, acciai di qualità, acciai speciali) e per acciai legati (acciai di qualità, acciai per utensili, acciai diversi, acciai inossidabili e refrattari, acciai per impieghi strutturali, per costruzioni meccaniche e per apparecchi a pressione).

D e E: le ultime due cifre identificano sequenzialmente il tipo di acciaio. Le cifre XX attualmente non sono utilizzate e sono previste per una possibile utilizzazione futura.

Designazione alfanumerica EN 10027-1	Designazione numerica UNI EN 10027-2	Designazione alfanumerica EN 10027-1	Designazione numerica UNI EN 10027-2
S185 (ex. Fe320)	1.0035	C20	1.1151
S235JRG1	1.0036	C30	1.1178
S235JR (ex. Fe360B)	1.0037	C40	1.1186
S235JRG2 (ex. Fe360C)	1.0038	C50	1.1206
S235J0 (ex. Fe360C)	1.0114	C60	1.1221
S235J2G3 (ex. Fe360D)	1.0116	28Mn6	1.1170
S275JR (ex. Fe430B)	1.0044	38Cr2	1.7003
S275J0 (ex. Fe430C)	1.0143	37Cr4	1.7034
S275J2G3 (ex. Fe430D)	1.0144	41Cr4	1.7035
S355JR (ex. Fe510B)	1.0045	34CrMo4	1.7220
S355J0 (ex. Fe510C)	1.0553	36CrNiMo4	1.6511
S355J2G3 (ex. Fe510D)	1.0570	51CrV4	1.8159
S355K2G3	1.0595	X12Cr13	1.4006
E295 (ex. Fe490)	1.0050	X20Cr13	1.4021
E335 (ex. Fe590)	1.0060	X16CrNi16	1.4057
E360 (ex. Fe690)	1.0070	X8Cr17	1.4016

Tab. 3.23 - Esempi di designazione alfanumerica e numerica degli acciai secondo la norma UNI EN 10027.

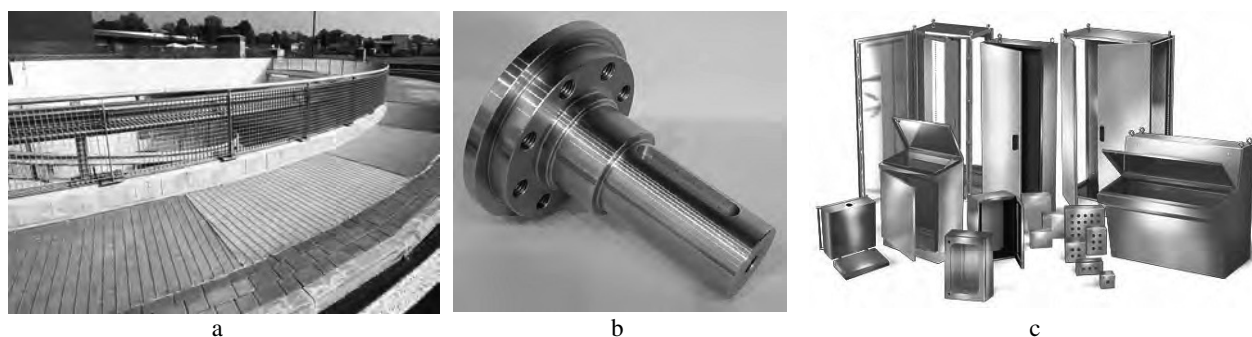


Fig. 3.68 - a) Grigliato, zincato a caldo, in acciaio Fe310 B per scala antincendio - b) Mozzo in acciaio C40 tornito e fresato - c) Cassette e quadri elettrici in acciaio inox tipo X20Cr13.

3.13 Materiali isolanti e loro proprietà

Nelle costruzioni elettriche ed elettroniche, i materiali isolanti hanno un posto di grande rilievo perché è dalle loro caratteristiche che dipendono i limiti d'impiego nelle applicazioni sia dal lato delle tensioni sia da quello delle condizioni ambientali e sia, infine, nei confronti della temperatura massima di funzionamento.

E se si pone in rilievo il fatto che la potenza di una macchina elettrica è determinata, in definitiva, dalla massima temperatura ammissibile in relazione alle caratteristiche dei suoi isolanti, si comprende come la tecnica cerchi di produrre sempre nuovi e migliori isolanti per sopperire alle necessità della moderna pratica produttiva.

Risulta così evidente l'importanza che questi materiali hanno nelle costruzioni elettriche o elettroniche.

Nella pratica, per avere un criterio di scelta dei diversi isolanti, in relazione al loro impiego, è necessario conoscere le caratteristiche fisiche e chimiche principali.

Di seguito sono riportate le qualità richieste ai buoni isolanti.

Resistività di massa e resistenza superficiale. La resistività di massa o di volume ρ_v , corrisponde alla resistività dei conduttori, e si definisce come la resistenza opposta alla corrente da un campione del materiale isolante della sezione di 1 cm^2 e della lunghezza di 1 cm ; generalmente viene così indicata in $\text{M}\Omega\text{-cm}$.

La resistenza superficiale è convenzionalmente quella opposta al passaggio della corrente fra due elettrodi, lunghi 100 mm e distanti 1 cm , poggiati sulla superficie liscia del materiale. Si misura di solito in $\text{M}\Omega$.

Materiali	Resistività di massa ρ_v [$\text{M}\Omega\text{-cm}$]	Materiali	Resistività di massa ρ_v [$\text{M}\Omega\text{-cm}$]
Aria secca	200	Porcellana	10^{10}
Acqua distillata	10^{19}	Polivinilcloruro (PVC)	$5 \cdot 10^{10}$
Carta secca	10^7	Polietilene (PE)	10^9
Elastomeri poliuretani	10^6	PET	10^{10}
Mica	10^{11}	Poliuretani	10^5
Olio minerale	10^7	Vetro	10^6

Tab. 3.24 - Resistività di massa ρ_v di alcuni materiali isolanti.

La resistenza superficiale e quella dovuta alla resistività di massa danno luogo, nell'isolante, a una corrente di dispersione, seppure di intensità molto ridotta.

Un buon isolante deve avere un elevato valore della resistività di massa, in questo modo le correnti di dispersione durante il normale funzionamento hanno valori molto piccoli; nelle comuni applicazioni elettriche con tensioni di alimentazione di 230 V oppure 400 V , le correnti di dispersione sono dell'ordine dei microampere o addirittura inferiori, valori di corrente che si hanno con resistenze di isolamento di centinaia di megaohm.

Il valore della resistività di massa è influenzata dai seguenti fattori:

- dalla tensione applicata, all'aumentare della quale la resistività in genere diminuisce;
- dalla temperatura negli isolanti, contrariamente ai conduttori l'aumento di temperatura ne fa diminuire la resistività di massa in quanto il calore tende a rompere i legami chimici consentendo così la messa in circolazione di particelle in grado di condurre la corrente elettrica;
- dalla presenza di impurità, porosità e difetti strutturali interni alla massa dell'isolante, che influiscono negativamente sul valore della resistività di massa; per esempio se un isolante è poroso, tende ad assorbire umidità e la sua resistività diminuisce; a questo inconveniente è possibile porre rimedio impregnandolo con vernici isolanti in modo da occupare gli spazi vuoti e rendere la massa dell'isolante poco permeabile all'umidità e all'accumulo di sostanze conduttrici.

Per quanto riguarda la resistività superficiale, dipende sì dal tipo di materiale, ma molto di più dallo stato superficiale dell'isolamento, che è legato, a sua volta, al grado di finitura superficiale, alla capacità di assorbire umidità e depositi conduttivi (smog, depositi salini, ecc.), fattori questi che favoriscono il passaggio della corrente elettrica e fanno diminuire la resistività superficiale. Ragione per cui non ha molto senso associare i valori della resistività superficiale a un determinato materiale isolante.

La resistenza superficiale risulta di particolare importanza per gli isolamenti esposti alle intemperie atmosferiche, come per esempio gli isolatori delle linee elettriche che devono essere realizzati con particolari forme, e quelli soggetti ad atmosfere nocive, che devono essere opportunamente protetti.

Rigidità dielettrica. Di particolare importanza per i materiali isolanti è il valore della tensione di isolamento assicurata da un determinato spessore di isolante.

Se si indica con U_M il valore massimo della tensione che uno strato di isolamento di spessore d riesce a sopportare senza che vi sia una scarica elettrica al suo interno, si definisce rigidità dielettrica V_M del materiale il rapporto:

$$V_M = \frac{U_M}{d}$$

La rigidità dielettrica di un isolante rappresenta la reazione del materiale alla sollecitazione dielettrica e viene misurata dal valore minimo del gradiente di tensione che determina la scarica distruttiva. Viene misurata in V/m o più frequentemente, in kV/mm.

In altre parole la rigidità dielettrica rappresenta la tensione massima che è possibile applicare allo spessore unitario di un isolante, anche se nella pratica i valori effettivi del gradiente di potenziale vengono limitati al 15÷25% rispetto ai valori ricavati dalle prove di rigidità.



Fig. 3.69 - a) Misuratore digitale della rigidità dielettrica con puntali retrattili di sicurezza; la tensione applicata è regolabile mediante un potenziometro posto sul pannello frontale - b) Esempio di applicazione di un misuratore della resistenza di isolamento digitale; sul display compare il valore della tensione di prova (500 V) e il valore della resistenza di isolamento (100,0 MΩ).

Nel caso di apparecchiature o macchine elettriche, in cui l'isolamento ha un ben determinato spessore, viene preso in considerazione il valore della tensione di perforazione, che corrisponde al valore di tensione che determina la scarica elettrica attraverso l'isolante.

A seconda che la sollecitazione interessi la massa o la superficie, la rigidità si dice di massa o superficiale.

Sul valore della rigidità di massa influiscono diversi fattori:

- temperatura: per i dielettrici solidi la rigidità decresce con l'aumentare della temperatura; negli oli avviene il contrario;
- umidità: ha interesse solo per i materiali igroscopici (l'igroscopicità è la capacità di un materiale di assorbire le molecole d'acqua) e provoca una notevole diminuzione della rigidità; ciò rende necessari accorgimenti costruttivi quali l'impregnazione dei materiali solidi (previa essiccazione) con sostanze non igroscopiche e la essiccazione preventiva degli oli e loro protezione dall'umidità atmosferica;
- spessore: la rigidità dielettrica diminuisce con il crescere dello spessore. Ciò è dovuto in parte a inevitabili difetti di omogeneità e al fatto che gli strati superficiali presentano per loro conto una rigidità maggiore degli strati

interni. Quando si devono ottenere spessori rilevanti, la rigidità si può aumentare con il crescere del numero di strati sovrapposti di materiali;

- durata di applicazione della sollecitazione dielettrica: la rigidità diminuisce notevolmente all'aumentare di tale durata; è per questo motivo che le prove di rigidità vanno condotte per un certo tempo e con differenti valori di gradiente secondo le modalità previste dalle norme CEI;
- la forma d'onda della tensione applicata: la rigidità dielettrica è minore per la tensione alternata e diminuisce all'aumentare della frequenza.

Vale la pena notare che non esiste una relazione tra rigidità di massa e resistività di massa; per esempio, l'aria secca ha una resistività praticamente infinita e una rigidità relativamente piccola.

Per quanto riguarda la rigidità superficiale, è necessario dire che essa non dipende tanto dalla natura del materiale quanto dalla situazione della superficie (umidità, impurità) e dalla natura del mezzo ambiente.

Inoltre, è da tenere presente che, a parità di altre condizioni, la scarica attraverso gli isolanti viene favorita dalla presenza nei conduttori di punte, spigoli vivi, ecc.

Da qui la necessità che nelle apparecchiature e macchine elettriche che lavorano con tensioni elevate si abbiano superfici lisce, spigoli arrotondati e siano usati tutti gli accorgimenti affinché si abbia una distribuzione del gradiente di potenziale sugli isolanti quanto più possibile uniforme; inoltre, le sollecitazioni dielettriche di esercizio devono essere notevolmente inferiori alla rigidità dei materiali interessati.

Costante dielettrica. La capacità di un condensatore piano (cioè avente due armature uguali e parallele) si calcola con la formula:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

in cui C è la capacità [F] esprimibile come rapporto Q/V tra la carica accumulata e la tensione applicata, ε la **costante dielettrica assoluta** che dipende dal tipo di isolante che costituisce il dielettrico del condensatore (v. fig. 3.133), A che rappresenta la superficie di una sola faccia e di una sola armatura [m^2] e d la distanza tra le armature [m] ossia lo spessore dell'isolante (dielettrico).

Dalla precedente relazione è possibile ricavare ε , che risulta essere:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot d}{A}$$

In questa espressione, ponendo $d = 1$ m e $A = 1$ m², si ha che $\varepsilon = C$ e cioè che la costante dielettrica assoluta ε di un isolante corrisponde alla capacità di un condensatore avente la superficie di armatura di 1 m² e l'isolante di spessore pari a 1 m (il volume dell'isolante pari a 1 m³). Dalla relazione è possibile ricavare che l'unità di misura della costante dielettrica assoluta si misura in farad su metro [F/m].

Questa unità di misura si riferisce alla costante dielettrica assoluta in quanto la **costante dielettrica relativa** all'aria ε_r , rappresentando il rapporto tra due grandezze, si esprime semplicemente con un numero adimensionale (v. tab. 3.25).

Per il vuoto (e in pratica per l'aria secca) si ha $\varepsilon_0 = 8,858 \times 10^{-12}$ F/m, mentre, per convenzione, la costante dielettrica relativa all'aria $\varepsilon_r = 1$.

Le due costanti dielettriche di un isolante (quella assoluta ε e quella relativa ε_r) sono legate tra loro dall'espressione:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

Il valore della costante dielettrica è legato alla struttura chimica del materiale e dipende dal suo comportamento in presenza di un campo elettrico.

Il valore della costante dielettrica è importante per i materiali che vengono utilizzati come dielettrici nei condensatori, dato che da questa grandezza dipende il valore della capacità a parità di altri fattori; infatti, la capacità di un condensatore è direttamente proporzionale al valore di ε . Ma il valore della costante dielettrica è anche importante per gli isolanti destinati a isolamento vero e proprio di conduttori.

Nel caso di isolamento di conduttori mediante più strati di isolanti di natura diversa, per ottenere sui vari isolanti sollecitazione dielettrica pressoché uniforme dei vari isolanti, è necessario che essi siano disposti in modo che i valori delle costanti dielettriche vadano diminuendo a partire dal conduttore verso l'esterno.

Alcuni materiali presentano il fenomeno dell'anisotropia dielettrica ovvero il valore della costante dielettrica dipende anche dalla direzione del campo elettrico esterno; analogo discorso vale per la rigidità dielettrica che, in un isolamento stratificato, è maggiore nella direzione perpendicolare agli strati.

Materiali	Rigidità elettrica [kV/mm]	Costante dielettrica relativa ϵ_r	Temperatura max. di esercizio [°C]
Aria secca	2÷3	1	---
Acqua distillata	5÷10	80	---
Bachelite	10÷18	5÷9	120
Carta	6÷11	1,6÷5	85
Cartone presspan	8÷10	2,5÷4	90
Ebanite	5÷25	1,4	100
Gomma vulcanizzata	8÷20	2,5÷3	60
Legno forte impregnato	8÷30	3÷3,5	90
Mica	60÷160	5÷5,5	700÷800
Micalex	13÷15	7÷8	600
Micanite	20÷40	3÷3,5	90÷120
Mylar	80	---	130
Nylon	20	4,5	---
Olio minerale	10÷16	2÷2,5	100
Olio ai siliconi	25÷30	2,9	150
Porcellana	20÷40	4,5÷6	200
Siliconi	25÷30	2,8	---
Steatite	14÷16	5,6÷6,5	600
Tela sterlingata	25÷50	3,5÷5,5	95
Fibra di vetro	45÷50	4,5	150
Vetro Pyrex	30÷150	5	400

Tab. 3.25 - Caratteristiche dielettriche di alcuni materiali isolanti.

Perdite dielettriche. Queste perdite sono dovute al fenomeno dell'isteresi dielettrica per cui l'isolante, considerato come dielettrico, presenta un ritardo della sua polarizzazione rispetto alle variazioni del campo elettrico alternato. Il fenomeno si manifesta con sviluppo di calore, le perdite si possono considerare come dovute a una resistenza ohmica posta in serie o in parallelo al dielettrico stesso.

Pertanto, in un condensatore sottoposto a tensione alternata, la corrente non è sfasata esattamente di 90° in anticipo sulla tensione, ma di un angolo $90^\circ - \delta$; tale angolo δ prende il nome di angolo di perdita perché la potenza reale assorbita dal condensatore risulta:

$$P_d = U \cdot I \cdot \cos(90^\circ - \delta) = U \cdot I \cdot \sin \delta$$

e quindi sarà tanto maggiore quanto maggiore è l'angolo δ .

Naturalmente, il dielettrico, nei riguardi di detto fenomeno, è tanto migliore quanto minore è l'angolo di perdita. Inoltre, essendo la perdita dielettrica tanto maggiore quanto è la frequenza, nelle applicazioni ad alta frequenza devono essere usati dielettrici con un angolo di perdita trascurabile.

Igroscopicità. Se oggi sono molti i materiali isolanti praticamente non igroscopici, cioè che non assorbono umidità, sono molti anche quelli che ne assorbono in varia misura; per tale motivo, siccome l'umidità riduce fortemente la rigidità dielettrica e la resistività, vanno presi gli opportuni accorgimenti in modo tale che il materiale (solido), dopo essere stato essiccato, non possa riassorbire acqua.

A tale fine viene eseguita l'impregnazione del materiale mediante sostanze atte a chiuderne stabilmente i pori per esempio mediante vernici isolanti.

Conducibilità termica. Affinché risulti facilitato lo smaltimento di calore prodotto dai conduttori (effetto Joule) da loro isolati, un'elevata conducibilità termica è un requisito importante per gli isolanti.

Anche un alto calore specifico è utile, perché rende possibili sovraccarichi di breve durata o aumento di potenza delle macchine elettriche a funzionamento intermittente, ciò perché, nelle dette situazioni, l'isolante non arriva a raggiungere la temperatura limite di funzionamento.

In pratica, gli isolanti dovrebbero avere un elevato valore del coefficiente di conduzione termica, al fine di consentire una sufficiente propagazione del calore verso l'esterno e quindi evitare un eccessivo surriscaldamento, che sarebbe dannoso in primo luogo per l'isolante stesso; questa caratteristica contrasta, in genere, con la natura tipica dei materiali isolanti, che in genere presentano una bassa conducibilità sia elettrica che termica.

Stabilità al calore. L'azione continua del calore, sempreché la temperatura limite di esercizio non superi un dato limite, non deve deteriorare l'isolante anche dopo lungo tempo. Tale temperatura limite, come quella normale di lavoro, dipende dalla qualità dell'isolante.

Dilatazione termica. Caratteristica importante quando si considera un filo conduttore isolato con una vernice; lo strato isolante deve essere in grado di assorbire l'allungamento del filo dovuto al riscaldamento (effetto Joule), per evitare la rottura dello strato di isolante; ciò significa che i due materiali devono avere un coefficiente di dilatazione termica dello stesso ordine di grandezza oppure che la vernice isolante sia sufficientemente elastica da poter seguire le dilatazioni che il conduttore ha al variare della temperatura.

Comportamento in caso di incendio. I materiali isolanti utilizzati per l'isolamento dei cavi elettrici impiegati nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio vengono testati con una serie di prove stabilite dalle norme CEI; le prove riguardano il comportamento degli isolanti in relazione alla propagazione della fiamma e dell'incendio, la possibilità di funzionare per un determinato tempo se il cavo viene sottoposto a una fiamma a una temperatura prefissata e la relativa emissione di gas tossici e corrosivi durante la combustione dei cavi elettrici.

Caratteristiche meccaniche. Un buon isolante deve presentare una sufficiente resistenza ai diversi tipi di sforzi meccanici che si hanno sia durante la lavorazione sia durante il funzionamento. Gli isolanti in particolare devono resistere ai piegamenti, alle abrasioni e essere facilmente tranciabili. Buona parte degli isolanti sono materiali che hanno in genere mediocri caratteristiche meccaniche.

Resistenza agli agenti chimici. Una caratteristica che deve avere un buon isolante è quella di essere sufficientemente resistente agli agenti chimici. È importante che non siano attaccati dagli acidi e, a seconda degli usi, non vengano sciolti dall'olio caldo. Spesso la mancanza di resistenza a un dato agente chimico, vieta l'uso di molti isolanti in varie applicazioni, nonostante il loro buon impiego in altri campi.

In commercio è disponibile un elevato numero di materiali isolanti e il settore è in continua evoluzione, una classificazione precisa pertanto è difficile e rischia di diventare obsoleta rapidamente.

I materiali isolanti più usati nel settore elettrico ed elettronico sono suddivisi in tre categorie in funzione del loro stato a temperatura ambiente: isolanti **solidi**, **liquidi** e **gassosi**.

3.13.1 Isolanti solidi

Gli isolanti che si presentano allo stato solido, a temperatura e pressione ambiente, sono i più numerosi e variegati. Di seguito verranno trattati questi materiali divisi in tre sottogruppi: isolanti di origine **minerale**, di origine **vegetale** e le **materie plastiche**.

Tra gli isolanti di origine minerale vale la pena segnalare il **vetro** che è un ottimo isolante, ma è molto fragile e si può rompere per effetto di brusche variazioni di temperatura; per eliminare tali inconvenienti, i pezzi di vetro foggianti devono essere sottoposti a conveniente ricottura. Il vetro è costituito principalmente da silice pura che viene fusa con l'aggiunta di altre sostanze a seconda della qualità di vetro che si vuole ottenere.

Una qualità di vetro usato in elettrotecnica per fabbricare isolatori è il vetro borosilicato, denominato Pyrex, che viene ottenuto fondendo a 1500 °C la silice (80%) con acido borico (12%) e altri ossidi; il vetro viene lavorato e successivamente temprato con cottura in forno a 600-650 °C. Il prodotto finale risulta molto trasparente e resistentissimo alle alte temperature. Grazie alla sua particolare composizione, il vetro borosilicato dà la possibilità di effettuare lavorazioni aggiuntive sulle forme soffiate. Le principali caratteristiche del vetro Pyrex sono: la resistenza agli shock termici (regge temperature fino a 300 °C, tanto che gli oggetti per la cucina possono essere messi in lavastoviglie, in forno tradizionale e microonde, nel congelatore e in frigorifero), la resistenza agli shock meccanici e ai graffi; inoltre, a differenza del vetro sodocalcico non si rompe facilmente per le sue caratteristiche intrinseche e per la tempra, ha un'alta resistenza alla corrosione per via della sua superficie non porosa e infine si pulisce facilmente senza lasciare graffi. Già da anni vengono prodotti tessuti le cui fibre (**fibre di vetro**) sono costituite da sottilissimi fili di vetro (diametro fino a 0,005 mm) ottenuti per estrusione dalla massa vitrea fusa. La cosiddetta lana di vetro è costituita da fili corti non parallelizzati; la seta di vetro, invece, è costituita da fili molto lunghi parallelizzati. Il filo di vetro può essere adoperato per il rivestimento di conduttori, ma anche per fabbricare tele e nastri che, oggi, sono molto usati nell'isolamento delle macchine elettriche.

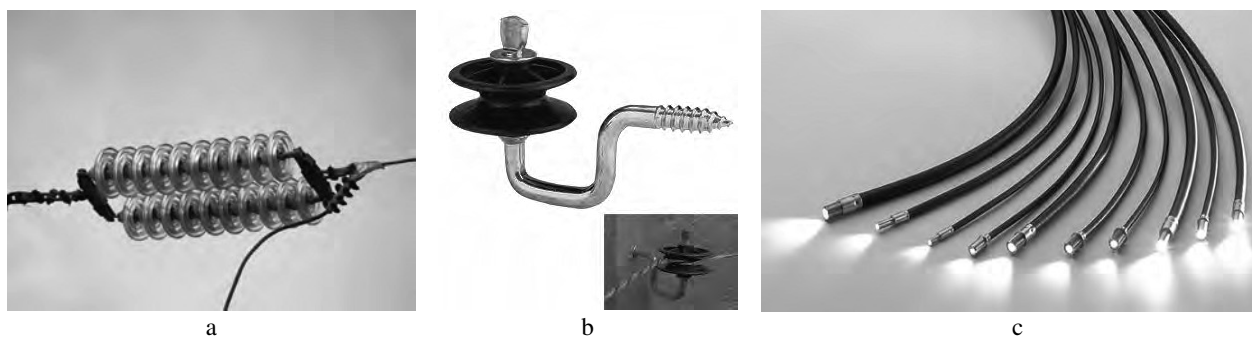


Fig. 3.70 - a) Isolatori in vetro per linee ad alta tensione - b) Isolatore ad angolo con vite per legno, con anello rinforzato con fibre di vetro, adatto per fili e corde elettrificate - c) Fibre ottiche in vetro.

Questi tessuti hanno un'alta resistenza al calore, elevata resistenza meccanica, alta flessibilità, resistenza all'olio, all'umidità e ai solventi; la scarsa rigidità è notevolmente aumentata con l'impregnazione. Il materiale di impregnazione è costituito, a seconda dei casi, da resine poliestere, epossidiche e acriliche.

Le fibre di vetro vengono inoltre utilizzate per la fabbricazione delle fibre ottiche (v. fig. 3.70c) utilizzate per gli impianti di illuminazione, nel campo dell'automazione industriale e delle telecomunicazioni e per la trasmissione dei dati.

La **porcellana**, è un tipo di ceramica a pasta compatta, è costituita per il 50% da una parte infusibile di caolino (argilla pura), mentre la parte restante è fusibile ed è costituita per il 27% da quarzo (biossido di silicio) e per il 23% da feldspato (silicato di alluminio e potassio). Il quarzo e il feldspato vengono prima polverizzati quindi successivamente mescolati al caolino e impastati con acqua. La pasta ottenuta viene depurata mediante un filtro a pressione e quindi immagazzinata per qualche mese. Dopo la stagionatura la pasta è pronta per essere utilizzata per gli isolamenti destinati a funzionare a temperature elevate o soggetti a frequenti scariche elettriche, come per le candele di accensione, i supporti per i contatti elettrici e gli isolatori.

La porcellana presenta un peso specifico di $2300 \div 2700 \text{ kg/m}^3$ e una rigidità dielettrica di circa 100 kV/cm .

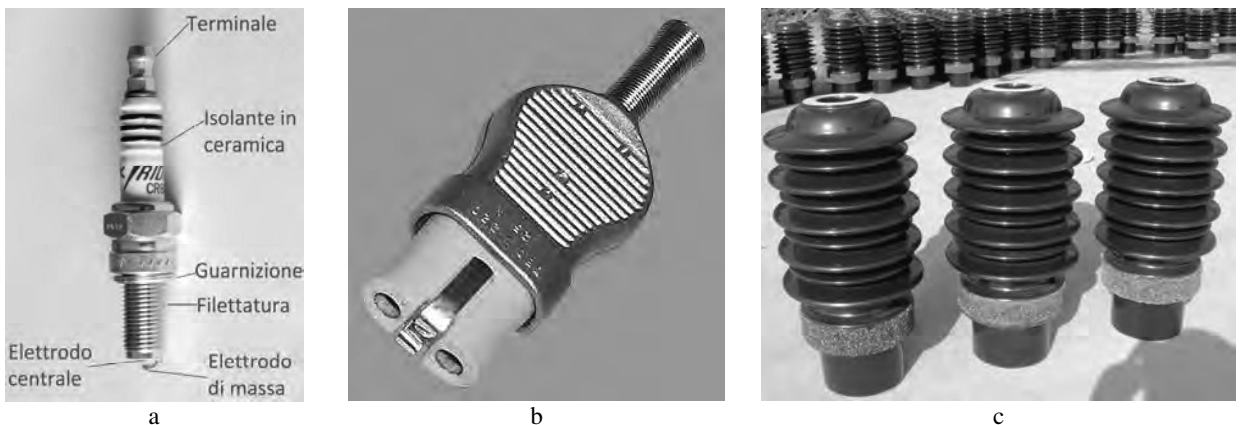


Fig. 3.71 - a) Candela di accensione per motore a ciclo Otto - b) Presa di corrente in ceramica bianca resistente alle alte temperature - c) Isolatori in porcellana per impianti elettrici ad alta tensione.

La **mica**, insieme ai suoi derivati (Micaniti, Micalex, ecc.) è un isolante minerale molto noto e utilizzato perché è dotato di un'elevata rigidità dielettrica (circa 50 kV/mm), di assenza di igroscopicità e di una buona resistenza termica.

La mica è un composto di alluminio, sodio, potassio ferro e calcio e viene venduta sotto forma di piccole lastre. La mica allo stato naturale viene utilizzata nei condensatori, quale dielettrico, e per isolare le lamelle dei collettori delle macchine elettriche rotanti.

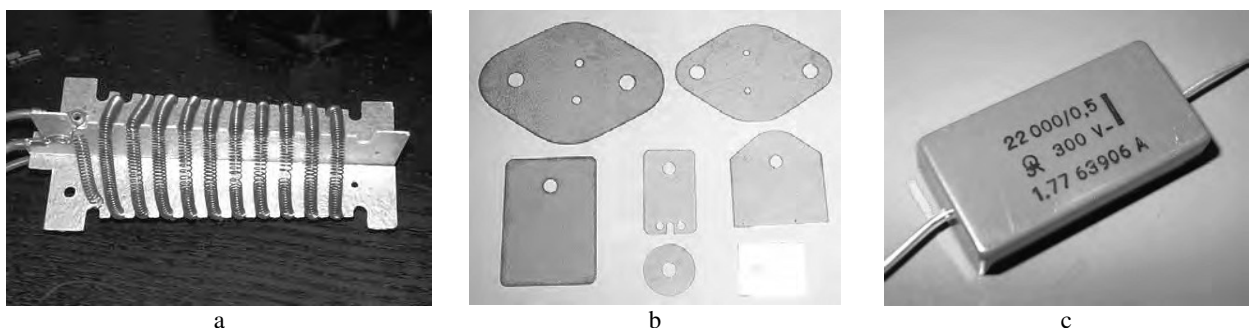


Fig. 3.72 - a) Esempio di resistenza elettrica con avvolgimento a spirale per asciugacapelli con supporto in mica - b) Isolatori in lamina di mica per transistor di potenza - c) Condensatore da 22000 pF , 300 V in mica (dielettrico) armatura (armatura).

Sottoponendo la mica a un processo di pressione (circa 100 atm) e riscaldamento ($150 \div 200 \text{ }^\circ\text{C}$) e usando adeguati collanti, quali la gomma lacca per garantire la necessaria coesione, si ottiene la micanite, sostanza base per ottenere la Micarta (strato di micanite flessibile a freddo applicato a un sottile strato di carta, oppure compresso fra

due fogli di carta), la Micatela (simile alla Micarta da cui differisce solo per avere la carta sostituita da un sottile foglio di tela) e il Micartopresso (costituito da micanite flessibile su cartone pressato e laminato, Presspan).

Questi prodotti vengono utilizzati, sotto forma di fogli e nastri, per l'isolamento degli avvolgimenti delle macchine elettriche rotanti.

Tra gli isolanti di origine vegetale vale la pena ricordare il **legno** che, se privo di umidità, è un discreto isolante, specie nella direzione trasversale alle fibre.

Tuttavia, siccome il legno è molto igroscopico, per poterlo usare come isolante, oltre che essiccarlo, bisogna sottoporlo a trattamento per impedirgli di riassorbire umidità.

Allo scopo si usano, a seconda dell'impiego, la paraffina, l'olio minerale, l'olio di lino, la vernice di bachelite.

L'operazione viene eseguita facendo bollire il legno, già essiccato, nelle dette sostanze alla temperatura di 80 ± 100 °C.

Dal punto di vista elettrico, tutte le qualità di legno si comportano quasi identicamente dopo l'impregnazione. In pratica, la qualità di legno più usato in elettrotecnica è il faggio.

Il legno è impiegato per i distanziatori delle bobine nei trasformatori, nelle biette di chiusura delle cave semia-perte di motori asincroni e in varie altre applicazioni.

La **carta** e i suoi derivati occupano un posto importante nella categoria dei materiali isolanti. Vi sono vari tipi di carta tutti ottenuti da fibre di cellulosa opportunamente preparate e feltrate sì da avere fogli di spessore costante e di vario valore.

La carta è usata in elettrotecnica allo stato di produzione e in particolare verniciata con oli, vernici o resine, viene utilizzata per la costruzione in classe A di macchine elettriche. La carta impregnata viene usata anche per l'isolamento di cavi in alta e media tensione.

La carta presenta una rigidità dielettrica, a seconda della qualità, variabile da 6 a 15 kV/mm che, con l'impregnazione, può arrivare anche a 50 kV/mm. La costante dielettrica varia da 1,6 a 5 a seconda della qualità. La temperatura massima di lavoro è di 85 °C e di 95 °C per la carta impregnata. Gli spessori dei fogli di carta variano da $0,02 \pm 0,03$ (carta velina) a 0,075 mm.



Fig. 3.73 - a) Stecche per riempimento cave in legno di faggio (classe A) - b) Carte isolanti (classe A, E, B, F, H) - c) Lastre e tubi in carta e cartone bachelizzato e bastoni torniti in tela bachelizzata (classe E).

In elettrotecnica vengono usati anche i **cartoni** che essendo compatti e con superfici lisce, risultano poco igroscopici. Questi cartoni, denominati comunemente **presspan**, si trovano di solito in commercio nei colori giallo-arancione o grigio. lo spessore è variabile da 0,2 a 3 mm, ma per l'impiego a solo scopo di isolamento, sono consigliati i piccoli spessori di $0,2 \pm 0,5$ mm.

Il cartone presspan è usato nell'isolamento del ferro dagli avvolgimenti delle macchine elettriche funzionanti a bassa tensione e a modesta temperatura.

Impiegati nell'isolamento degli avvolgimenti dei trasformatori sono i tubi di cartone impregnato di vernice alla bachelite (cartone bachelizzato).

Le fibre tessili come il **cotone**, **canapa**, **juta** e **lino** sono, una volta essiccate e impregnate, utilizzate, sotto forma di tele, nastri e calze, nell'isolamento di conduttori e matasse (v. fig. 3.74).

Il nastro di cotone è di largo uso per isolare con nastratura conduttori piatti, per avvolgimenti a bassa tensione, oppure matasse; tale nastro reca una riga colorata lungo la linea mediana perché la nastratura possa eseguirsi con passo regolare.

Le tele di cotone o di lino servono come supporto alla micanite nella fabbricazione della Micatela.

Le tele, i nastri e le calze di cotone, impregnate di particolari vernici **Sterling** (a base di olio di lino) e poi asciugate danno luogo a tele, nastri e tubetti **sterlingati** dai caratteristici colori giallo uovo o arancione brillante.

Anche questi tessili sterlingati sono usati in quelle parti delle macchine elettriche ove, in generale, occorre un rinforzo dell'isolamento.

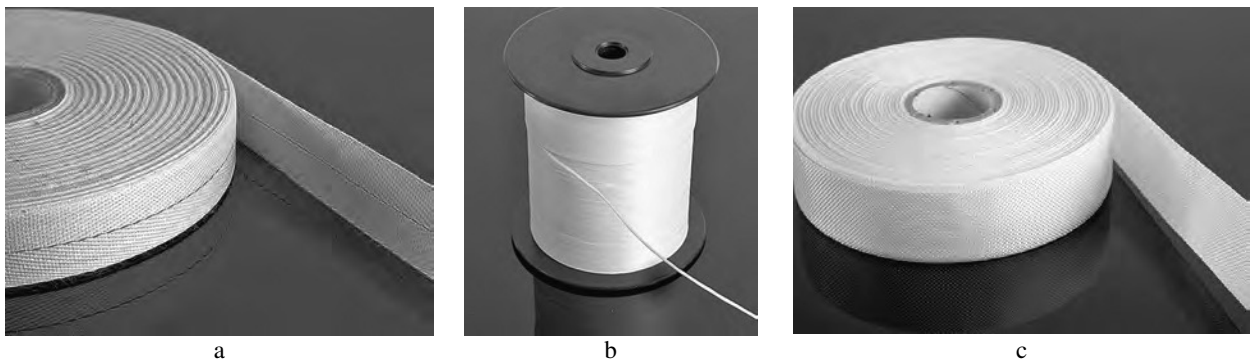


Fig. 3.74 - a) Nastro di cotone con riga rossa, spessore 0,25 - b) Cordina in poliestere cerata - c) Nastro in fibra di vetro le cui caratteristiche principali sono: alta resistenza alla temperatura, bassa conducibilità elettrica, duttilità e malleabilità.

Le tele di lino e di cotone sterlingate, passando dallo spessore di 0,12 a 0,35 mm, presentano una rigidità dielettrica rispettivamente di 33 e 22 kV/mm. È comunque da tenere presente che i tessuti sono naturalmente igroscopici e pertanto, quando vengono usati allo stato naturale, vanno essiccati unitamente agli elementi di avvolgimento da essi fasciati e quindi impregnati di vernice isolante per impedirne il riassorbimento di umidità.

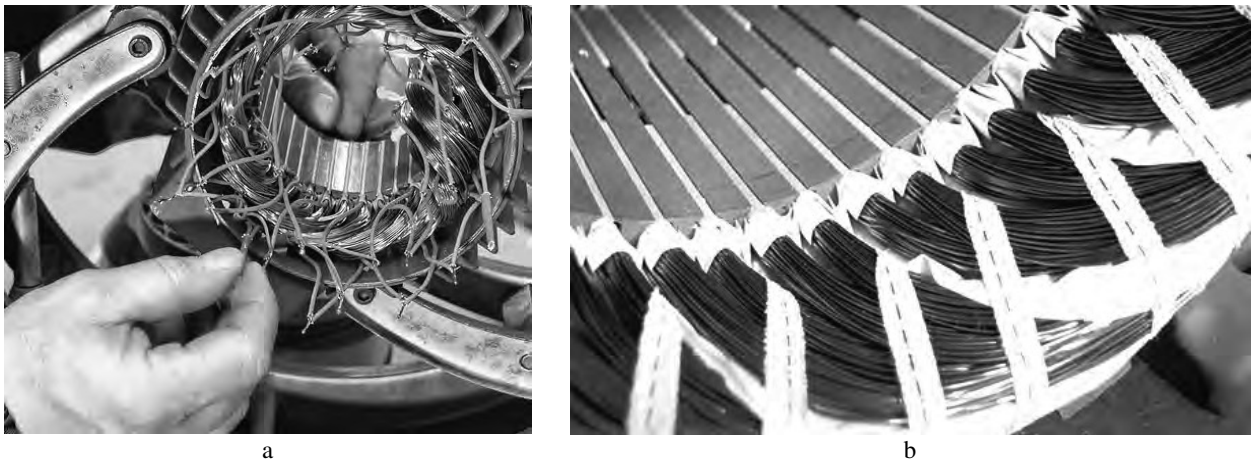


Fig. 3.75 - a) Montaggio dei tubetti sterlingati negli avvolgimenti di statore di un motore asincrono di piccola potenza. - b) Utilizzo del nastro di cotone con riga rossa per la nastratura degli avvolgimenti di statore di un motore asincrono. Si noti nella cave semiaperte la presenza delle stecche di riempimento in legno di faggio necessarie per la loro chiusura.

Materie plastiche. Le materie plastiche, dette anche resine sintetiche per distinguerle da quelle naturali come l'avorio, sono materiali artificiali, ricavati cioè con particolari processi di produzione chimici da materiali quali il petrolio, il gas naturale, il carbone, la calce, l'aria e l'acqua.

Questi materiali sintetici contengono sostanze organiche come il carbonio.

Le principali caratteristiche delle materie plastiche sono:

- 1) bassa massa volumica ($0,04 \div 2,2 \text{ kg/dm}^3$);
- 2) buona resistenza agli urti;
- 3) facilità di lavorazione per stampaggio, estrusione, fusione, laminazione;
- 4) facilità di colorazione;
- 5) trascurabile lavoro di finitura;
- 6) resistenza alla corrosione e agli agenti chimici;
- 7) basso costo rispetto agli altri materiali sia della materia prima che della lavorazione;
- 8) buona capacità di isolamento elettrico, scadente conducibilità termica;
- 9) notevole dilatazione termica, scarsa resistenza al calore.

I materiali di base delle materie plastiche sono generalmente formati da piccole molecole semplici chiamate monomeri. Mediante processi chimici, i monomeri si legano tra di loro da tutti i lati, diventando dei polimeri, formando così delle molecole giganti dette macromolecole (v. fig. 3.76).



Fig. 3.76 - Macromolecole: a) Lineare - b) Ramificata.

Le molecole possono essere legate mediante polimerizzazione, policondensazione o poliaddizione. La struttura di queste macromolecole determina il comportamento di ogni sostanza.

Si distinguono tre classi di materie plastiche: le **termoplastiche**, le **termoindurenti** e gli **elastomeri**.

Le termoplastiche si compongono di lunghe molecole lineari o ramificate non reticolari (non hanno legami tra loro) come mostrato nella fig. 3.77a.

Durante il riscaldamento, le molecole entrano in vibrazione, il tessuto si rilassa diventando tenero e quindi fonde. A temperatura ambiente, le termoplastiche sono dure e poco elastiche, ma in occasione di un riscaldamento diventano molli. Sono plastiche non induribili.

A caldo, possono essere lavorate senza asportazione di trucioli mediante colatura, centinatura (piegatura, curvatura) e saldatura. A temperature molto alte si distruggono. Se si aggiungono dei solventi non volatili (plastificanti), si porta il punto di rammollimento delle termoplastiche alla temperatura ambiente e, in questo modo, vengono rese tenaci, centinabili, simili al cuoio o agli elastici.

Le termoindurenti sono formate da macromolecole lineari reticolari a maglie strette. Queste connessioni sono multiple e così strette che le particelle non possono più entrare in vibrazione quando la materia viene riscaldata (v. fig. 3.77b). Per questo motivo, una volta indurite, le termoindurenti non possono più essere rammollite.

I materiali di base, chiamate resine sintetiche, sono liquidi o fusibili. Essi induriscono mediante compressione e contemporaneo riscaldamento a 170 °C o per aggiunta di indurenti (resina d'incollaggio, resina di colata).

Allo stato solido, le termoindurenti sono dure come il vetro e non possono più essere rammollite mediante riscaldamento.

A questo punto non sono più solubili mediante solventi, non sono saldabili e non possono più essere lavorate, se non per asportazione di trucioli (foratura).

Mediante l'aggiunta di certi additivi, le termoindurenti sono utilizzate per la fabbricazione di materiali compositi come per esempio telai, impugnature di leve, dischi della frizione, corpi isolanti, scatole, ecc.

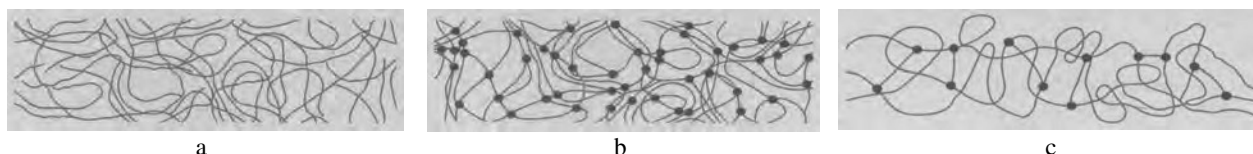


Fig. 3.77 - Struttura delle materie plastiche: a) Termoplastiche - b) Termoindurenti - c) Elastomeri.

Gli elastomeri sono formati da macromolecole lineari disordinate. Il processo di vulcanizzazione crea una rete di molecole a maglie molto larghe, unite da legami chimici (v. fig. 3.77c). I materiali di base sono delle gomme sintetiche o il caucciù naturale.

Essi possono essere deformati con forze deboli e riprendono la forma primitiva al cessare della forza. Sono anche chiamate gomme artificiali. Non fondono durante un riscaldamento, ma restano elastici fino alla loro distruzione quando le temperature sono troppo elevate.

Possiedono una buona resistenza, un buon allungamento e una grande elasticità. Non sono fusibili, non possono essere lavorati mediante asportazione di trucioli e non sono saldabili. Possono gonfiarsi, ma non essere disciolti.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche delle principale resine termoplastiche.

Polivinilcloruro (PVC). È una resina ottenuta per sintesi o unione dell'acetilene con l'acido cloridrico. È un ottimo isolante sia termico che elettrico con una elevata resistenza alla corrosione. È stampabile a caldo ($T \cong 140$ °C).

Viene utilizzato per tubi, lastre, rotelle, profilati per estrusione, rivestimenti per condutture, serbatoi, recipienti per acidi e come isolante per i cavi, guarnizioni, fibre tessili in sostituzione di quelle naturali, abbigliamento in sostituzione della pelle vera, scatole da incasso (v. fig. 3.78a).

Questa resina può essere utilizzata per ottenere vernici resistenti all'acqua, all'alcol e per l'elevato potere di adesione ai metalli. Le vernici a base di resine viniliche vengono molto usate per smaltare i conduttori elettrici.

Acetato di cellulosa (celluloide). Appartiene alle resine cellulosiche derivate dalla cellulosa. È infiammabile, resistente agli urti, ai grassi, agli oli minerali e alle benzine. È solubile in acetone e cloroformio. Dall'acetato di cellulosa si ricava il rayon, nota fibra tessile. Viene utilizzata per pellicole cinematografiche, fibre tessibili, manici per utensileria (v. fig. 3.78b).

Polistirene (PS). Il polistirene (polistirolo) si ottiene facendo reagire il benzolo con l'etilene ricavato da prodotti petroliferi. Può essere di tipo normale o espanso. Le sue caratteristiche sono: bassa massa volumica, resistenza a umidità e agenti chimici, ottimo isolamento elettrico (acustico e termico se espanso). È però attaccabile dai solventi, come benzolo e acetone, ed è infiammabile.

Ha trovata una gamma vastissima di applicazioni per il basso costo e la facilità di stampaggio.

Fra le tante, si possono citare: contenitori, scatolame, tapparelle, giocattoli, elettrodomestici, oggetti d'arredamento, ecc. (v. fig. 3.78c).

Polibutadiene. È costituito da silicio e da prodotti come etilene, propilene, butadiene, ricavati dal petrolio. Presenta caratteristiche simili alle gomme naturali: elasticità, resistenza a fatica, a trazione e a flessione. Viene utilizzato nella fabbricazione degli pneumatici.

Polietilene (PE). Il polietilene o politene è una resina che si ottiene comprimendo a circa 100 MPa in presenza di ossigeno l'etilene ricavato dal petrolio. È un materiale resistente all'urto, resistente agli agenti chimici, con un'elevata resistenza elettrica, buona flessibilità, buona resistenza a trazione.

Viene utilizzato per fusti e recipienti nell'industria chimica, coperture impermeabilizzanti per terrazzi, fogli trasparenti per conserve alimentari, imbuti, bicchieri, tubi per l'acqua, elementi protettivi (elmetti di protezione), isolanti e rivestimenti per cavi elettrici (v. fig. 3.78d).

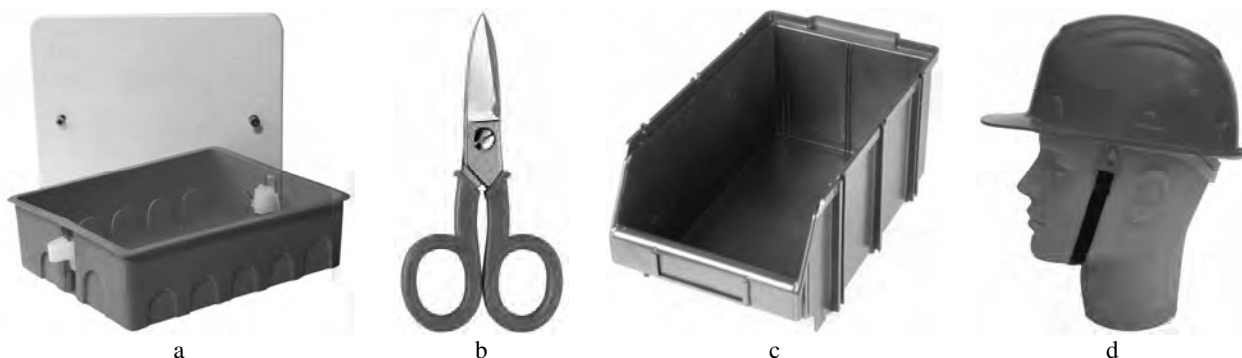


Fig. 3.78 - a) Scatola da incasso in PVC - b) Forbice da elettricista con manici in acetato di cellulosa - c) Contenitore in polistirolo - d) Casco di sicurezza in polietilene.

Polimetacrilato (PMMA) (Plexiglas). Si ottiene dall'acetilene. Le caratteristiche sono: notevole trasparenza, buona lavorabilità, infrangibilità allo stampo, buona resistenza a trazione, ma poca durezza.

Viene utilizzato per finestrini di qualsiasi curvatura per auto e aerei, in sostituzione del vetro per orologi, lenti o oggetti di uso domestico, supporti per quadri sinottici e pubblicitari (v. fig. 3.79a).

Polipropilene (PP) (Moplen). È derivato dal propilene, prodotto gassoso che si sviluppa durante la distillazione del petrolio. Le sue caratteristiche sono: estrema leggerezza, resistenza alla trazione, resistenza alla fatica, elasticità e resistenza alle temperature fino a 175 °C.

Possiede, inoltre, buone proprietà elettriche, resistenza agli acidi e ai solventi, ottima lavorabilità, può essere stampato, incollato, verniciato, cromato, ecc. Se filato sostituisce la lana e assume il nome commerciale di Mera-klon. Viene utilizzato per recipienti e suppellettili, tubazioni, valvolame, pompe, elementi per elettrodomestici, rivestimenti per serbatoi, isolanti, rivestimenti per cavi elettrici, fibre tessili (v. fig. 3.79b).

Resine poliammidiche (PA) (Nylon). Vengono ottenute condensando (eliminando dalla struttura le molecole semplici quali acqua e ammoniaca) acidi organici bicarbossilici con diammine, sono note per le importanti fibre tessili che se ne ricavano (Nylon, Perlan, Dacron).

Possiedono elevate caratteristiche meccaniche, termiche e chimiche. Vengono utilizzate per ruote dentate silenziose, gabbie di cuscinetti a sfere, alberi, giunti, cuscinetti, rivestimenti per cavi elettrici, connettori, cavi, funi, fili, viti, rondelle, isolanti, fibre tessili (v. fig. 3.79c).

Policarbonato (PC). Il policarbonato presenta delle caratteristiche che lo rendono usufruibile in svariati ambiti d'applicazione grazie alle sue proprietà intrinseche.

Il policarbonato è caratterizzato da una forte resistenza agli idrocarburi alifatici, agli acidi minerali, alla benzina, ai grassi, agli oli, nonché all'acqua al di sotto dei 70 °C e, escludendo l'alcol metilico, il policarbonato resiste a tutti gli alcoli.

Grazie al suo carattere aromatico, il policarbonato presenta un elevato indice di rifrazione, mentre la sua trasparenza e l'assenza di colore lo rendono permeabile alla luce per l'89% dello spettro visibile. A causa dell'assorbimento dei raggi UV, vengono impiegati stabilizzatori nella massa oppure delle protezioni speciali applicate sulla superficie esposta agli agenti atmosferici per evitarne l'ingiallimento.

La resistenza all'urto e alla flessione, l'allungamento e il carico di rottura sono alcune delle proprietà meccaniche che il policarbonato possiede e che, con l'aumento del peso molecolare, garantiscono una buona lavorabilità per estrusione e stampaggio.

Per il suo carattere distintivo, il policarbonato è impiegato in svariati campi d'applicazione: costruzioni, trasporti (coperture per fanali, caschi, oblò per aeroplani), imbarcazioni, elettronica (dielettrici per condensatori, supporti per la registrazione ottica (CD, DVD, BD), ottica (lenti per occhiali e obiettivi per macchine fotografiche), medicina, illuminazione elettrica (plafoniere, globi stradali) come mostrato per esempio nella fig. 3.79d.

Nell'edilizia civile e industriale, per esempio, i pannelli in policarbonato, per la loro leggerezza, luminosità, resistenza e versatilità, sono utilizzati per realizzare coperture e finestrate e ben si prestano alle diverse realizzazioni del design.

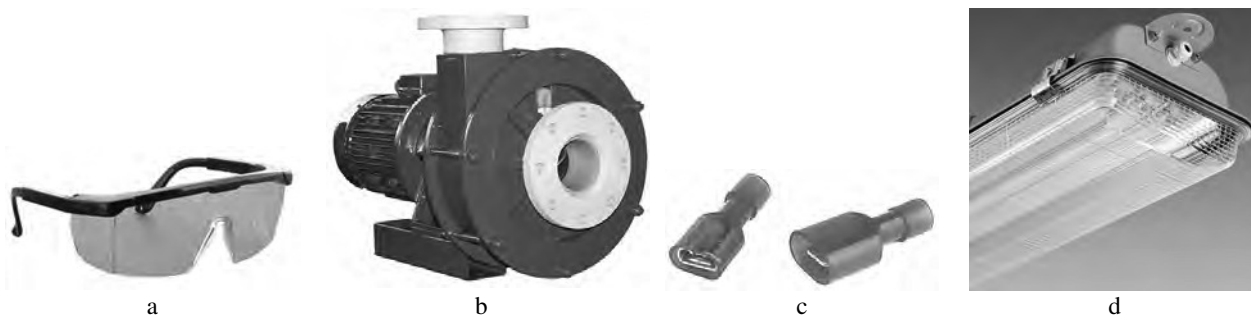


Fig. 3.79 - a) Occhiali di sicurezza in plexiglass - b) Pompa realizzata in polipropilene - c) Isolante per connettori faston in nylon - d) Plafoniera per lampade fluorescenti con diffusore in policarbonato.

Di seguito vengono ora riportate le caratteristiche delle principali resine termoindurenti.

Resine fenoliche (PF) (bakelite). La bakelite appartiene al gruppo delle resine fenoliche, che si ottengono mediante la condensazione del fenolo con la formaldeide. Al di sopra di una certa temperatura carbonizza come tutte le altre resine termoindurenti. Per aumentare la resistenza a trazione, la bakelite può essere impastata con altri materiali, quali: lino, cellulosa, cotone. Sono utilizzate per interruttori, prese di corrente, morsetti, telai per radio e televisioni, supporti per lampade, ruote dentate silenziose, contagiri, contachilometri, cuscinetti; impasti per mole diamantate e per mole a elevato numero di giri; strutture, sportelli, ali, eliche per piccoli aerei. La bakelite viene impiegata nella costruzione di carta e cartoni bakelizzati che vengono utilizzati per realizzare custodie, rochetti, morsetti e rondelle isolanti (v. fig. 3.80a).

Resine ureiche (UF). Le resine ureiche sono ricavate tramite la condensazione dell'urea con la formaldeide. Sono ininfiammabili, resistenti al calore, ai solventi, all'umidità e hanno discrete proprietà meccaniche.

Vengono utilizzate per interruttori, prese elettriche, spine, piatti, bicchieri, bottoni, collanti per compensati.

Resine melamminiche (MF) (formica). Simili alle resine ureiche, si ricavano condensando melanina con la formaldeide. Le resine melamminiche sono resistenti all'abrasione e alla luce, al calore, all'acqua; sono colorabili, infrangibili. Vengono utilizzate per laminati plastici per mobili da cucina (formica), calotte per spinterogeni, basette per interruttori (v. fig. 3.80b).

Resine poliestere (UP) (vetroresina). Le resine poliestere sono a base di polistirolo e presentano una buona resistenza agli agenti chimici come acidi, oli minerali. Sono impermeabili e facilmente stampabili.

Le resine poliestere si usano rinforzate con fibre di vetro (GRP: Glass Reinforced Polyester); in questo modo si ottengono i cosiddetti plastici rinforzati (vetroresina).

Vengono utilizzate per: elementi di carrozzeria per auto, tetti per capannoni industriali, strutture per aerei da turismo, scafi per barche, per roulotte e involucri di interruttori per impianti industriali (v. fig. 3.80c).

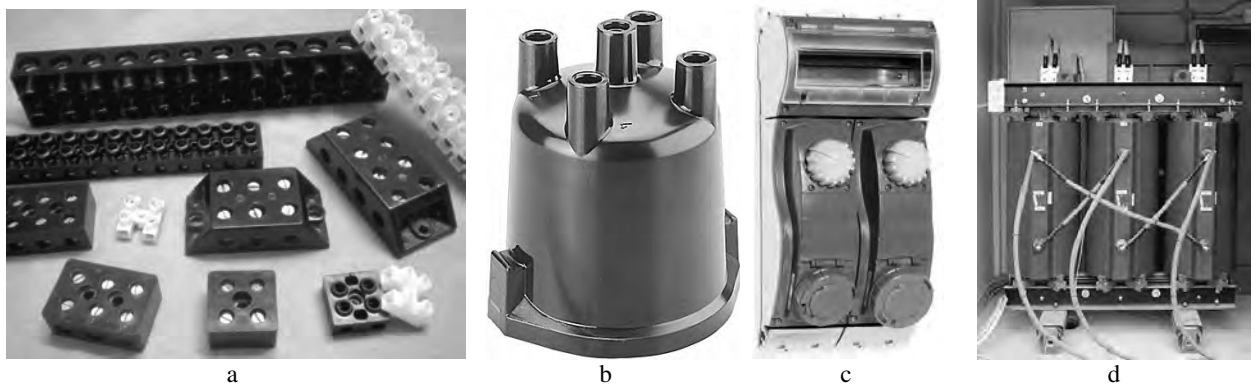


Fig. 3.80 - a) Morsetti con l'isolante in bakelite - b) Calotta per uno spinterogeno di un motore a ciclo otto a quattro cilindri in resina melamminica - c) Prese interbloccate realizzate con resine poliesteri rinforzate con fibre di vetro - d) Trasformatore trifase con gli avvolgimenti isolati mediante resine epossidiche.

Resine poliuretaniche (PUR). Le resine poliuretaniche hanno una resistenza meccanica elevata e buona resistenza elettrica, termica e acustica. Vengono utilizzate per ruote dentate, cuscinetti, isolanti termici ed elettrici.

Resine epossidiche (EP). Le resine epossidiche hanno eccezionali capacità di resistenza alla corrosione, al calore, all'invecchiamento e agli agenti chimici. Vengono usate per adesivi metallici, rivestimenti per motori elettrici, isolatori, trasformatori, stampi per imbutitura delle lamiere, modelli e anime per fonderia (v. fig. 3.80d).

Siliconi (SI). È un termine generico che raggruppa una vasta serie di prodotti che si presentano in modo molto diverso tra loro: grassi, liquidi, resine, oli. Le materie prime per la fabbricazione dei siliconi sono la silice, l'acqua di mare, il carbone e il petrolio.

Per la costruzione delle macchine elettriche interessano particolarmente le resine, le vernici, gli oli.

Proprietà comuni a questi materiali siliconici sono:

- grande resistenza alle temperature sia relativamente basse che alte;
- grande resistenza all'acqua e agli agenti atmosferici;
- notevole inerzia chimica e resistenza ai solventi delle vernici;
- alta rigidità dielettrica.

Le gomme siliconiche si mantengono perfettamente elastiche fra -85 e $+280$ °C. Esse, secondo i casi, possono essere applicate per immersione, per colata o a spruzzo. Gli oli di silicone possono essere usati per temperature sino a 150 °C e risultano impiegabili per i trasformatori; tali oli gelano a -85 °C (v. fig. 3.81a).

Si trovano in commercio nastri e tessuti di vetro, nastri e fogli flessibili di vetro-mica trattati con resine siliconiche molto utili per l'isolamento delle cave delle macchine elettriche rotanti e per quello fra gli avvolgimenti delle singole fasi (v. fig. 3.81c).

I siliconi hanno dato notevole impulso ai tessuti di vetro dei quali possono essere sfruttate appieno le proprietà termiche in quanto le vernici d'impregnazione siliconiche sono anche resistenti alle alte temperature, per esempio per realizzare tubi per il trasporto di fluidi a temperature elevate (v. fig. 3.81d).

Le micanti con adesivo di resina siliconica si prestano per l'isolamento delle lamelle dei collettori.



Fig. 3.81 - a) Grasso e olio spray al silicone - b) Cavi isolati in gomma siliconica per motori elettrici - c) Isolamento delle cave di uno statore di motore asincrono trifase - d) Tubi flessibili realizzati con tessuto in fibra di vetro ricoperto di silicone con spirale di filo di acciaio (temperatura di lavoro da -55 °C a $+260$ °C).

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali degli elastomeri.

Gomma naturale. La materia prima del materiale indicato con il nome di gomma è il caucciù ottenuto per essiccazione all'aria del lattice dell'*Hevea Brasiliensis* o altre piante simili. Dal caucciù, con l'aggiunta di altre resine e altre sostanze, si ottiene la gomma cruda molto igroscopica, plastica, sensibile al calore e alla luce.

La comune gomma si ottiene da tale prodotto attraverso il processo di vulcanizzazione (gomma vulcanizzata) consistente nel riscaldamento a circa 150 °C in speciali condizioni, con aggiunta di zolfo in percentuali variabili dall'1% al 10%. L'elasticità diminuisce man mano che il tenore di zolfo aumenta.

La gomma vulcanizzata è un materiale elastico, di discrete qualità meccaniche, non igroscopico e meno sensibile della gomma cruda al calore e alla luce; tuttavia è abbastanza resistente agli agenti atmosferici, è solubile negli oli minerali e presenta il fenomeno dell'invecchiamento per cui decade rapidamente nelle sue qualità meccaniche ed elettriche.

La gomma viene impiegata per il rivestimento di conduttori singoli per linee e cavi; a tale proposito, vale la pena ricordare che non si può applicare direttamente sui fili di rame, poiché lo zolfo della gomma invecchiata intacca il rame che, per tale motivo, deve essere stagnato a priori.

Inoltre viene utilizzata come caucciù leggero per la fabbricazione di pneumatici, tubature per l'acqua, giunti, cinghie trapezoidali e come caucciù indurito per realizzare scatole per le batterie.

Per effetto dei miglioramenti fatti nel corso degli anni, si può dire che l'impiego della gomma naturale tende a spostarsi dal campo dei comuni cavi per impianti interni (nel quale ormai prevalgono i cavi con isolamento in materiale plastico) al campo dei cavi di maggiore pregio e di maggiori esigenze tecniche. Mescolando alla gomma elastica delle particelle carboniose si ottiene la gomma conduttrice che viene usata per fabbricare i pneumatici degli aerei o di autocarri (adibiti al trasporto di materiale infiammabile) e per fabbricare tappetini per la dispersione di cariche elettrostatiche nonché prodotti per la schermatura di disturbi elettromagnetici (EMI).

Gomme sintetiche. Sono costituite da elastomeri sintetici che presentano, fra le altre caratteristiche, proprietà che ricordano quelle della gomma da caucciù. A tale categoria appartengono il Neoprene, il Butile, la gomma nitrilica. Le gomme sintetiche sono soprattutto impiegate nell'industria dei cavi elettrici, pneumatici, soffietti, tubature.

Alcune versioni di gomme sintetiche (Hypalon) permettono la realizzazione di cavi elettrici soggetti contemporaneamente a elevati gradienti di tensione ed elevate temperature, inoltre trovano impiego per cavetti di accensione di motori per autoveicoli, per cavi di impianti radiologici, ecc.



Fig. 3.82 - Esempi di applicazione della gomma: a) Tubi flessibili rinforzati con tessuto - b) Cinghie di trasmissione dentate - c) Soffietti - d) Passacavi in gomma vulcanizzata di vari diametri.

Vernici isolanti. Le vernici isolanti vengono in genere impiegate per migliorare la resistenza degli isolanti alle sollecitazioni dielettriche, agli agenti atmosferici o chimici, al calore e agli sforzi meccanici, impedirne l'assorbimento di umidità, aumentare la robustezza degli elementi degli avvolgimenti cementando tra loro i conduttori. Peraltro, si hanno vernici con speciali caratteristiche per cui si prestano bene come collanti nella fabbricazione di micaniti o per l'isolamento dei lamierini delle macchine elettriche.

Di seguito vengono riportati alcuni tipi di vernici.

Le **vernici di Sterling** a base di olio di lino, sono usate ove non siano richieste elevate caratteristiche termiche, chimiche e meccaniche.

La **vernice al gliftal** è molto resistente al calore e all'arco elettrico ed è insolubile negli oli, è dotata di grande potere di penetrazione per cui non è richiesto uno speciale trattamento per la sua applicazione. Ha un forte potere di adesione e cementazione per cui conferisce grande solidità agli avvolgimenti trattati senza farne perdere l'elasticità.

La **vernice all'acetale di polivinile** viene usata come smalto per l'isolamento dei fili di rame; ha buone caratteristiche di resistenza all'abrasione, al calore e ai solventi.

La **vernice all'acetato di cellulosa** è dotata di grande rigidità dielettrica, ha una discreta resistenza al calore e rende immuni dall'umidità gli isolanti trattati.

Le **vernici silconiche** offrono grande resistenza alle alte temperature, all'acqua, agli agenti atmosferici ed ai solventi; posseggono alta rigidità dielettrica, presentano qualche difficoltà nell'impiego e sono di alto costo.

Le **vernici epossidiche** hanno come principali caratteristiche una grande resistenza al calore e una elevata stabilità; posseggono un'alta rigidità dielettrica e resistenza agli urti meccanici e termici.

I sistemi di applicazione delle vernici agli avvolgimenti delle macchine elettriche o a materiali che hanno comunque bisogno di migliorare una o più caratteristiche, a seconda dell'impiego previsto, eliminandone le eventuali qualità negative, sono i seguenti: a pennello, a spruzzo, per immersione in aria libera, per impregnazione in autoclave (l'autoclave è un cassone chiuso in cui viene riscaldato il materiale da essiccare e dove viene creato un discreto grado di vuoto, l'aria e il vapore d'acqua che si libera dal materiale vengono aspirati all'esterno, si migliorano così le caratteristiche elettriche del materiale). L'asciugamento delle vernici avviene all'aria per alcune e per altre mediante riscaldamento in appositi forni.

Smalti per conduttori. Prendono tale nomi i rivestimenti isolanti di conduttori ottenuti con l'applicazione di vernici con speciali caratteristiche (smalti a base di poliuretani) mediante adatti procedimenti.

Uno smalto perfetto dovrebbe assommare i seguenti requisiti:

- grande aderenza al metallo che non deve essere intaccato;
- coesistenza di durezza e flessibilità;
- coefficiente di allungamento pari a quello del metallo;
- resistenza all'acqua e agli oli minerali;
- resistenza agli agenti chimici e al calore.

Gli smalti usati sono di vari tipi e vanno scelti secondo le esigenze d'impiego in rapporto alle caratteristiche presentate. Molto importante è la temperatura massima a cui possono sottostare senza danno e in base alla quale sono ripartiti nelle varie classi di isolamento riportate nella tab. 3.26.



Fig. 3.83 - Esempi di applicazione delle vernici: a) Tubetti isolanti in tessuto di vetro più vernice acrilica o vernice poliuretanica - b) Contenitori per smalto isolante poliuretanico, per vernici isolanti e per impregnazione - c) Esempio di applicazione delle vernici per l'isolamento dei conduttori di rame e delle vernici di impregnazione negli avvolgimenti di statore di un motore asincrono trifase.

3.13.2 Isolanti liquidi

L'**olio di lino** è estratto dai semi del lino. Ha la proprietà di essere un ottimo isolante con una rigidità dielettrica variabile da 80 a 110 kV/cm. Ha un peso specifico di circa 930 kg/m³. Ha la prerogativa di ossidarsi facilmente all'aria, è un olio essiccativo che dà luogo, una volta spalmato, a una pellicola elastica e sufficientemente resistente sul piano meccanico. L'olio di lino rappresenta la base delle vernici Sterling.

Gli **oli isolanti minerali** provengono dalla distillazione del petrolio. Le norme CEI fissano le caratteristiche per quanto riguarda: la temperatura di infiammabilità (non inferiore a 140 °C), la fluidità (che deve rimanere alta anche a basse temperature), la rigidità dielettrica (deve rimanere alta al variare delle condizioni ambientali), il tasso di umidità e di impurità contenute, l'invecchiamento (ossidazione, durante il funzionamento, di una parte degli idrocarburi che li costituiscono). I migliori oli hanno una rigidità dielettrica che può arrivare fino a circa 150 kV/cm.

Gli oli minerali sono utilizzati principalmente per l'isolamento dei trasformatori e degli interruttori in alta e media tensione. In particolare nei trasformatori di media e grande potenza contenuti in un cassone esterno, le parti attive, cioè gli avvolgimenti elettrici e il nucleo magnetico, sono immersi nell'olio contenuto nel cassone.

L'olio ha la funzione di isolante e di mezzo refrigerante, in quanto consente di trasferire all'esterno il calore prodotto, a causa delle perdite di potenza, che si generano durante il funzionamento del trasformatore.

L'olio dei trasformatori può durare in funzionamento anche decenni, a seconda delle temperature e di altri fattori; però, periodicamente, bisogna eseguire la verifica della rigidità dielettrica (per la presenza di impurità).

Se necessario occorre eseguire la purificazione, mediante appositi filtri-presse o separatori centrifughi, per liberarlo dalla fanghiglia di materie solide che si formano con l'invecchiamento.

Quando non è più possibile purificarlo con mezzi meccanici, occorre ricorrere alla rigenerazione chimica, in alcuni casi può essere necessaria la sua essiccazione e quindi dopo aver verificato la rigidità dielettrica, l'olio può essere utilizzato di nuovo.

Tra i diversissimi prodotti silicnici se ne hanno anche di liquidi che, come tutti gli altri, hanno la prerogativa di resistere a temperature relativamente elevate e di essere in modo particolare idrofughi. Possiedono, anche se a costi maggiori, le migliori proprietà chimiche, termiche e dielettriche rispetto agli altri tipi di oli.

Gli **oli silicnici** gelano a $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ e possono sopportare temperature di $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ in aria e di $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ in atmosfera inerte. I vapori di tali oli si infiammano a $315\text{ }^{\circ}\text{C}$ e la combustione della massa incomincia a circa $435\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Alcuni tipi di oli al silicone non sono infiammabili. È da notare che la viscosità resta praticamente costante al variare della temperatura. La rigidità dielettrica è da ritenersi uguale a quella degli oli minerali e, in più, risulta maggiore per le tensioni a impulso. Il peso specifico ha il valore di $970\text{-}990\text{ kg/m}^3$; la costante dielettrica è circa 2,63. L'olio di silicone aumenta la rigidità dielettrica dei tessuti, li rende impermeabili e ne aumenta la resistenza sia meccanica che termica. Fra le applicazioni degli oli silicnici si ricordano i trasformatori e i condensatori e tutte le applicazioni in cui si hanno condizioni termiche gravosi.

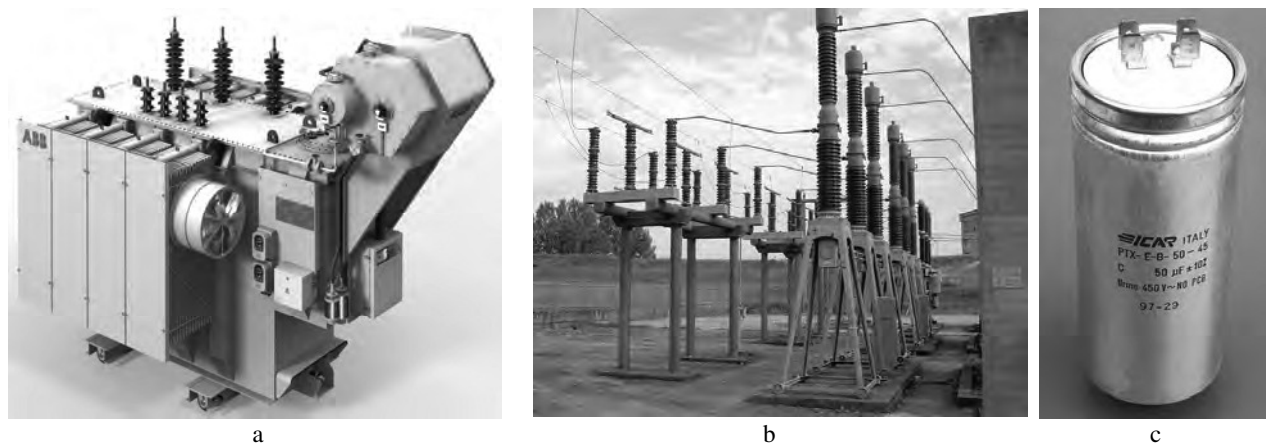


Fig. 3.84 - Esempi di applicazione degli oli: a) Isolamento e raffreddamento mediante olio minerale di un trasformatore di grande potenza - b) Isolamento in olio minerale per interruttori ad alta tensione funzionanti a 145 kV - c) Esempio di condensatore con dielettrico carta-olio.

3.13.3 Isolanti gassosi

L'**aria** è da considerarsi un buon isolante. La sua resistività sarebbe praticamente infinita se a diminuirne il valore non intervenissero numerosi fattori quali l'umidità e la ionizzazione dovuta ai raggi ultravioletti e ad altre cause; è inoltre influenzata dalla temperatura e dalla pressione.

Per quanto riguarda la rigidità dielettrica, è da considerarsi piuttosto scarsa se, in aria secca e a pressione normale, occorre una tensione di circa 3 kV per perforare lo spessore di un millimetro.

È da notare che, a parità di distanza fra gli elettrodi di prova, la tensione di perforazione è influenzata dalla forma e dalle dimensioni degli elettrodi stessi.

La rigidità aumenta con la pressione e diminuisce con l'aumentare della temperatura; tale proprietà è peraltro presente in misura varia anche negli altri gas.

L'aria, il cui costo quale isolante è praticamente zero, viene utilizzata (isolamento tra i conduttori nudi di linee elettriche aeree) ogni qual volta problemi costruttivi legati alla sicurezza o alle norme, non ne impediscono l'uso. Viene inoltre utilizzata anche come isolante e mezzo spegniarco negli interruttori ad aria compressa per gli impianti a media e alta tensione.

L'**idrogeno** ha una rigidità dielettrica inferiore a quella dell'aria, tuttavia, a causa del suo minore peso specifico e dalla maggiore conducibilità termica, è largamente utilizzato nel raffreddamento delle macchine elettriche rotanti di grande potenza. Il suo impiego permette, a parità di potenza, una notevole riduzione delle dimensioni delle macchine per il maggiore effetto raffreddante rispetto a quello dell'aria; inoltre, anche le perdite meccaniche per ventilazione risultano minori in conseguenza della minore densità del fluido.

Per contro, l'idrogeno, deve essere impiegato con i dovuti accorgimenti per evitare che, mescolandosi all'aria, possa dare luogo a un miscuglio esplosivo.

L'**anidride carbonica (CO₂)** e l'**azoto (N)** sono gas inerti che trovano impiego nei moderni cavi a gas compresso; la loro rigidità dielettrica è maggiore di quella dell'aria.

In particolare l'anidride carbonica è molto nota quale mezzo estinguente, utilizzata in molti tipi di estintori e negli impianti antincendio all'interno di cabine elettriche.

Fra gli isolanti gassosi è da citare anche l'**esafluoruro di zolfo (SF₆)** che è un gas altamente stabile e inerte e presenta una rigidità dielettrica relativa all'aria di 2÷2,5.

L'esafluoruro di zolfo ha il vantaggio di non essere soggetto ad alterazioni permanenti, di non essere infiammabile, di avere una rigidità dielettrica più elevata di quella degli altri isolanti gassosi, di avere un basso punto di condensazione e una spiccata tendenza a ricomporsi. Questo gas non è velenoso in caso di fughe.

Presenta un'elevata efficacia di spegnimento degli archi: le maggiori correnti che possono essere interrotte in ambiente SF₆ possono ritenersi, a parità di altre condizioni (pressione, temperatura), circa 100 volte maggiori di quelle che possono essere interrotte in aria.

L'impiego del SF₆ consente di realizzare impianti completamente blindati, nei quali i componenti a diverse tensioni sono chiusi entro custodie ermeticamente chiuse e riempite di questo gas in pressione.

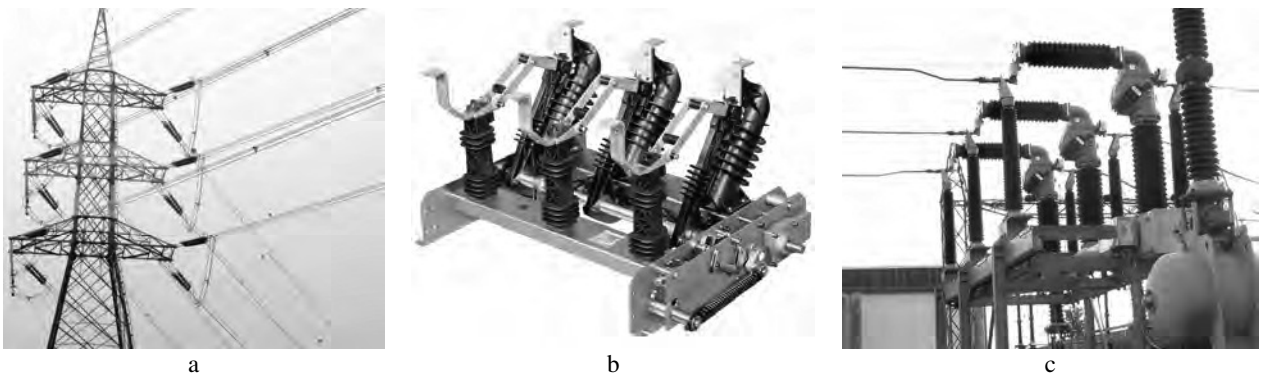


Fig. 3.85 - a) Linea elettrica aerea ad alta tensione dove l'isolamento tra i conduttori nudi è l'aria - b) Interruttore-sezionatore per media tensione isolato in aria - c) Interruttori-sezionatori per alta tensione (130 kV) in esafluoruro di zolfo SF₆ (ABB).

Poiché questo gas ha caratteristiche migliori rispetto all'aria, si possono utilizzare minori distanze di isolamento tra le parti (è possibile realizzare interruttori aventi dimensioni minori rispetto a quelli realizzati in aria).

Le applicazioni più importanti si hanno negli interruttori a media e alta tensione, nei quadri elettrici isolati in media tensione sia come isolante sia quale mezzo estinguente l'arco elettrico e, infine, come refrigerante sotto pressione nei cavi ad alta tensione.

3.13.4 Invecchiamento termico e classi di isolamento

Le caratteristiche dei materiali isolanti dipendono dalla temperatura assunta dall'isolante durante il funzionamento dell'apparecchiatura o della macchina elettrica, in altre parole se la temperatura aumenta diminuiscono sia la resistività che la rigidità dielettrica e di conseguenza diminuisce fortemente la sicurezza dell'isolamento.

Gli isolanti sono sottoposti, oltre alle sopracitate sollecitazioni termiche, anche a sollecitazioni di tipo elettrico che a lungo andare determinano un processo di invecchiamento.

Tale processo consiste nella progressiva perdita delle caratteristiche meccaniche di flessibilità, ovvero l'isolante diventa rigido e fragile (v. fig. 3.86a), perde di compattezza screpolandosi e dando luogo a porosità e fessure (v. fig. 3.86b) con la conseguente perdita delle caratteristiche dielettriche. Se le caratteristiche che presenta l'isolante scendono sotto determinati valori è necessario sostituirlo, ovvero, ogni isolante ha una certa durata che normalmente viene espressa in ore di funzionamento, in genere tale sostituzione comporta quella della stessa apparecchiatura. I fenomeni che stanno alla base dell'invecchiamento degli isolanti risiedono nel complesso delle reazioni chimiche (ossidazione, idrolisi, rottura delle catene di polimerizzazione, ecc.) che avvengono all'interno di questi materiali, in particolare in quelli che contengono prodotti organici. Le elevate temperature in genere accelerano queste reazioni chimiche, che avvengono a temperature modeste con velocità molto più ridotte, rendendo così più rapido il processo di invecchiamento e quindi riducendo la durata (vita operativa) dell'isolante. Nel grafico di fig. 3.86c in ordinata viene riportata la durata di vita convenzionale in scala logaritmica e in ascissa in scala lineare, la temperatura di funzionamento; il grafico mostra che, per un determinato isolante, all'aumentare della temperatura diminui-

sce la sua durata. Nel grafico la temperatura T_{max} rappresenta quella massima di servizio di un determinato isolante che corrisponde a un tempo t_p (10÷20 anni).

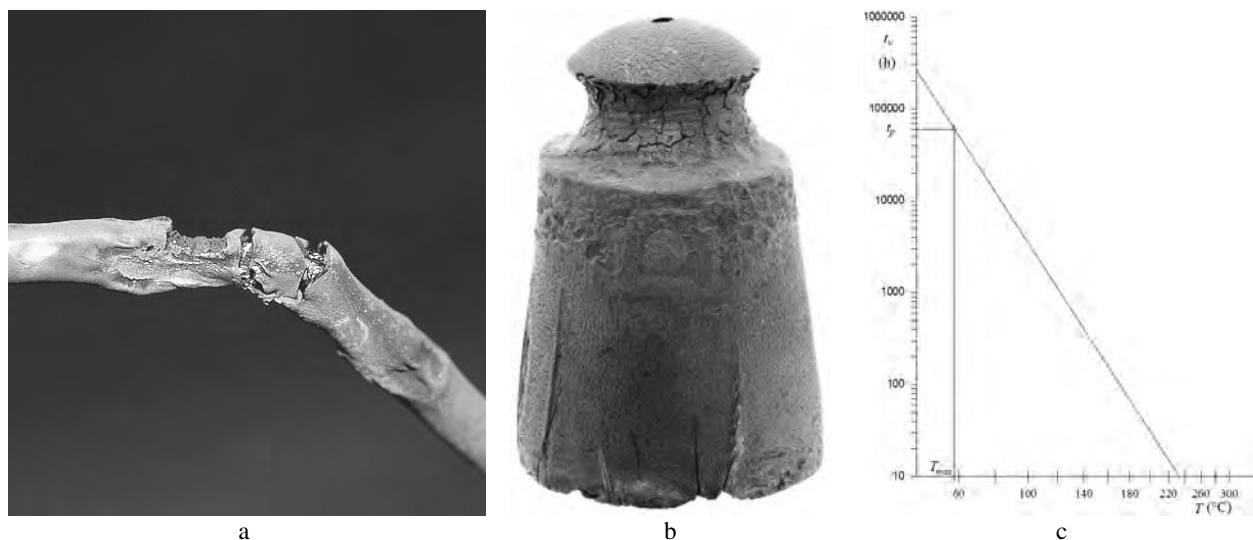


Fig. 3.86 - a) Cavo elettrico con isolante reso rigido e fragile dall'invecchiamento - b) Esempio di isolante in bakelite dove l'invecchiamento ha dato luogo a porosità e screpolature - c) Curva della durata di vita convenzionale di un materiale isolante.

Classi di isolamento. Durante il funzionamento le macchine elettriche e più in generale le apparecchiature elettriche si riscaldano a causa dell'energia elettrica che, a causa delle perdite, si trasforma in calore.

Tale produzione di calore fa aumentare la temperatura delle diverse parti della macchina finché non viene raggiunta la temperatura di regime, cioè quella temperatura in corrispondenza della quale si ha l'equilibrio fra la potenza calorifica prodotta e quella ceduta all'ambiente.

Per quanto riguarda, in particolare le macchine elettriche, il valore della temperatura di funzionamento è di grande importanza perché da essa dipende la loro durata.

Infatti, quantunque gli isolanti abbiano ognuno una temperatura limite di funzionamento che non bisogna mai superare, la durata della loro efficienza è tanto maggiore quanto minore è la temperatura alla quale vengono fatti lavorare.

D'altra parte è evidente come una macchina o un'apparecchiatura diventi inservibile quando i materiali isolanti sono talmente degradati da non rispondere più alla loro funzione.

Inoltre, c'è da considerare che vi sono anche fattori meccanici, quali la lubrificazione e le deformazioni termiche di alcune parti, che limitano la temperatura di regime delle macchine elettriche.

Per questo motivo le norme CEI hanno stabilito i valori delle temperature massime che non devono essere superate dagli avvolgimenti.

Siccome a parità di potenza della macchina la temperatura raggiunta dipende dalla temperatura ambiente, tali norme fissano una temperatura convenzionale e quindi stabiliscono le sopraelevazioni di temperatura su tale base a seconda dei tipi di isolanti nei confronti del loro comportamento termico.

Le temperature convenzionali di ambiente sono fissate dalle norme nei valori di 40 °C per l'aria e 25 °C per l'acqua, quando quest'ultima rappresenta il mezzo usato quale scambiatore di calore.

In funzione della temperatura permanente massima di funzionamento ammessa dalla norme, i diversi materiali isolanti risultano classificati (Y, A, E, ...) come riportato nella tab. 3.26.

È importante tenere presente che le suddette temperature di funzionamento, che caratterizzano le diverse classi di isolamento, sono da considerarsi come quelle massime ammissibili nel punto più caldo della singola macchina elettrica quando essa lavora a carico nominale.

La classe di isolamento rappresenta un dato di targa della macchina elettrica o dell'apparecchiatura, non del singolo materiale isolante.

La classificazione avviene in base ai risultati di prove normalizzate e l'appartenenza, di una data apparecchiatura o macchina elettrica a una classe, è determinata, oltre che dal tipo o dai tipi di materiali usati per l'isolamento, dalla presenza e dal tipo d'impregnazione, sia dei singoli materiali usati che del complesso isolante posto in opera, come riportato nei dati di targa mostrati nella fig. 3.30b.

1	2	3	4
Classe	Materiali isolanti	Sostanza di agglomerazione, impregnazione, rivestimento da usare nella fabbricazione degli isolanti della colonna 2 ⁽¹⁾	Sostanze di impregnazione da usare nei trattamenti delle parti isolanti incorporate ⁽²⁾
Y 90 °C	Cotone, seta naturale, fibra di cellulosa rigenerata, fibra di acetato di cellulosa, seta artificiale, fibra di poliammidi, carta e prodotti derivati, cartone pressato (presspan), fibra vulcanizzata, legno, resine anilo-formaldeidiche, resine ureo-formaldeidiche.	Nessuna.	Non necessarie.
	Poliacrilati, polietilene, polistirolo-cloruro di polivinile plastificato o no, gomma naturale vulcanizzata	Nessuna.	Non necessarie.
A 105 °C	Cotone, seta naturale, fibra di cellulosa rigenerata, fibra di acetato di cellulosa, seta artificiale, fibra di poliammidi, carta e prodotti derivati, cartone pressato (presspan), fibra vulcanizzata, legno.	Nessuna.	Vernici asfaltiche, vernici naturali o sintetiche oleomodificate, essiccanti, gommalacca, coppale e altre resine naturali, soluzioni o sospensioni di esteri e esteri cellululosici, olio isolante e liquidi dielettrici sintetici.
	Tessuti verniciati a base di cotone, seta naturale, cellulosa rigenerata, acetato di cellulosa, seta artificiale o fibra di poliammidi, carta verniciata.	Vernici naturali o sintetiche, oleomodificate essiccanti.	
	Legno stratificato.	Resine fenolo-formaldeidiche.	
	Pellicole di acetato di cellulosa, resine poliesteri a catene trasversali, smalto di tipo oleoresinoso per fili e piattine.	Nessuna.	
E 120 °C	Elastomeri di policloroprene, elastomeri di butadiene acrilonitrile.		Non necessarie.
	Smalto per fili e piattine a base di resine di acetato di polivinile, o poliuretaniche, o epossidiche, o poliammidiche, resine poliesteri a catene trasversali, pellicole di acetobutirrato, pellicole di policarbonato, pellicole di triacetato di cellulosa.	Nessuna.	Vernici a base di resine sintetiche oleomodificate, resine poliesteri a catene trasversali, resine epossidiche.
	Pezzi stampati con carica cellulosa, laminati di tessuti di cotone, laminati di carta.	Resine melaminoformaldeidiche, fenolformaldeidiche o fenolfurfuroliche.	
	Tessuti trattati.	Tereftalato di polietilene.	
B 130 °C	Copolimeri di etilene-acetato di vinile.	Nessuna.	Non necessarie.
	Fibre di vetro.	Nessuna.	
	Tessuti di vetro impregnati.	Vernici a base di resine sintetiche oleomodificate.	
	Agglomerati di mica (con o senza supporto).	Gommalacca, miscele asfaltiche o bituminose, resine sintetiche modificate, resine alchidiche, resine poliesteri a catene trasversali, resine epossidiche.	Vernici a base di resine sintetiche oleomodificate. Resine poliesteri a catene trasversali, resine epossidiche.
F 155 °C	Smalto per fili e piattine a base di politereftalato, pellicole a base di tereftalato di polietilene, pellicole a base di policarbonato cristallizzato.	Nessuna.	
	Laminati di fibre di vetro, laminati composti con pellicole di tereftalato di polietilene, pezzi stampati con cariche minerali.	Resine melaminoformaldeidiche, resine fenolformaldeidiche, resine poliesteri a catena trasversale, resine epossidiche.	
	Fibre di vetro.	Nessuna.	
H 180 °C	Tessuti di vetro impregnati, agglomerati di mica (con o senza supporto), composti privi di cellulosa con isolanti in fibre di poliammidi aromatici, laminati di tessuto di vetro.	Resine alchidiche, epossidiche, poliesteri a catene trasversali, resine poliuretaniche, resine silicono-alchidiche.	Resine alchidiche, resine epossidiche, resine poliesteri a catena trasversale, resine poliuretaniche, resine silicono-alchidiche.
	Smalto per fili e piattine, a base di poliesteri imidici, per esempio di imidi di estere o di acido tereftalico imidico, smalto per fili e piattine a base di politereftalati di elevate proprietà termiche, pellicole a base di polimonoclorotrifluoroetilene.	Nessuna.	
	Fibre di vetro.	Nessuna.	
	Tessuti di vetro impregnati.	Resine silicomiche-elastomeri al silicene.	Resine silicomiche.
	Agglomerati di mica (con o senza supporto), laminati di tessuti di vetro.	Resine silicomiche.	
C >180 °C	Isolanti in fibre a base di poliammidi aromatici, pellicole di poliimmidi.	Nessuna.	
	Politetrafluoroetilene, elastomeri al silicene.	Nessuna.	Non necessarie.
	Smalto per fili e piattine, a base esclusivamente poliimmidica.	Nessuna.	Resine silicomiche.
	Mica, porcellana e altri materiali ceramici, vetro, quarzo.	Nessuna.	Nessuno o leganti inorganici come vetro e cemento.
	Tessuti di vetro trattati, agglomerati di mica.	Resine silicomiche con stabilità termica elevata.	Resine silicomiche con stabilità termica elevata.
	Politetrafluoroetilene.	Nessuna.	Non necessarie.

⁽¹⁾ I materiali della colonna 3 sono quelli usati dai costruttori dei materiali isolanti della colonna 2. I materiali della colonna 4 sono quelli usati dai costruttori di macchine elettriche per il trattamento di avvolgimenti e altre parti isolate. Per ogni classe il costruttore sceglierà tra i materiali della colonna 4 quelli che sono adatti per essere usati in comune con i materiali isolati delle colonne 2 e 3 e che appartengono alla stessa o alla classe superiore.

⁽²⁾ I materiali di agglomerazione e impregnazione possono spesso trovare limitazioni, oltre che nella stabilità termica, anche in altri fattori, come per esempio le qualità meccaniche. Talune resine epossidiche e poliesteri, nel caso di sollecitazioni meccaniche particolarmente severe, possono venire limitate alla temperatura della classe A.

Tab. 3.26 - Classi di isolamento con relativa temperatura massima e materiali relativi.

3.14 Materiali magnetici

Nella costruzione delle macchine elettriche e degli apparecchi elettrici, alcune strutture, oltre a avere funzione magnetica, hanno anche una funzione meccanica. I materiali che si prestano per le strutture aventi contemporaneamente le due funzioni oppure soltanto quella meccanica o magnetica, sono comunemente la ghisa, l'acciaio e il ferro allo stato massiccio e alcuni acciai speciali.

Per quanto riguarda la ghisa, l'acciaio comune e il ferro, le differenze sono dovute essenzialmente al tenore di carbonio. La lega ferro-carbonio incomincia ad assumere le caratteristiche proprie della ghisa quando il carbonio supera il 2,0÷2,5% circa.

La netta divisione fra acciaio e ferro praticamente non esiste perché vi è tutta una gamma continua di prodotti; tuttavia si può dire che il ferro comincia a manifestare decisamente le caratteristiche proprie dell'acciaio per un tenore di carbonio superiore allo 0,3% e fino all'1,5% circa. La ghisa grigia, per lo più usata nelle costruzioni elettromeccaniche, contiene dal 3 al 4,5% di carbonio.

Tutta la grande lavorazione del ferro e dei suoi derivati ha per punto di partenza la ghisa di prima fusione, o di alto forno, ottenuta dai minerali di ferro opportunamente trattati nell'altoforno.

Di ghise ne esistono di due tipi: la **ghisa bianca** e la **ghisa grigia**. La ghisa bianca, molto dura ma fragile, viene usata raramente nella costruzione delle macchine elettriche. La ghisa grigia, largamente usata per la costruzione delle carcasce, ha scarse proprietà magnetiche.

La permeabilità relativa è massima con un'induzione molto modesta di circa 0,1 Wb/m² e non supera il valore di 400; di conseguenza è scarsamente usata per la costruzione di circuiti magnetici.

Il **ferro puro** è reperibile come ferro elettrolitico avente una percentuale di impurità minore dello 0,03%.

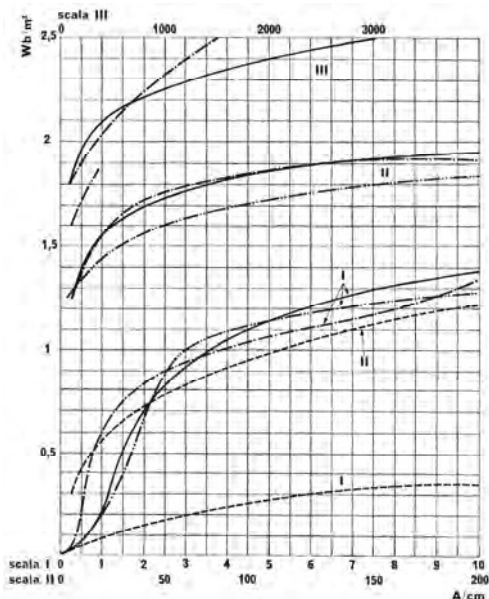
In questo tipo di ferro la permeabilità relativa può raggiungere il valore di 6000, con un'induzione di saturazione di 2 Wb/m².

Il ferro elettrolitico presenta, però, un costo di produzione particolarmente elevato, è fragile e poco lavorabile e, di conseguenza, viene utilizzato solo raramente (costruzione di strumenti di misura di elevata precisione).

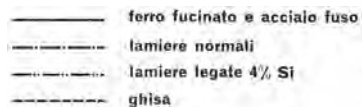
Come già detto in precedenza, la lega ferro-carbonio con tenore di carbonio inferiore a quello posseduto dalla ghisa è chiamato **acciaio**. L'acciaio è malleabile, duttile, può essere saldato autogenicamente.

Quale materiale magnetico l'acciaio ha una permeabilità magnetica alquanto inferiore a quella del ferro puro, ma decisamente superiore a quella della ghisa. Precisamente, l'acciaio fuso ha una permeabilità relativa massima pari a 2860 circa per un'induzione di 0,5 Wb/m² intorno alla quale tale permeabilità diminuisce rapidamente.

Nella costruzione delle macchine elettriche l'acciaio si usa fuso, fucinato e dolce. L'acciaio fuso viene usato in sostituzione della ghisa tutte le volte che questa non è consigliabile per le sue limitate proprietà meccaniche oppure se si desidera minore peso e ingombro sfruttando la maggiore permeabilità.



a



b

Caratteristiche	Lamiera normale	Lamiere al silicio			
		Semi-legate	Legate	Extra-legate	A cristalli orientati
Spessore in mm	0,5÷1÷1,5	0,5	0,5	0,35÷0,5	0,35
Cifra di perdita	3,6±8	3	2,3	1,3±1,7	0,5
Induzione magnetica B ₂₅	1,53	1,5	1,47	1,43	1,75
Induzione magnetica B ₅₀	1,63	1,6	1,57	1,55	1,84
Induzione magnetica B ₁₀₀	1,73	1,71	1,69	1,65	1,90
Silicio %	0,5÷0,7	1,2÷1,4	2,2÷2,6	3,8÷4,2	2,6
Carico di rottura a trazione in N/mm ²	294	372	441	549	392
Costo relativo	1	1,02	1,06	2,43	2,7

Nota: B₂₅, B₅₀, B₁₀₀ rappresentano l'induzione magnetica prodotta rispettivamente da un campo magnetico H = 25 A/cm, H = 50 A/cm, H = 100 A/cm.

c

Fig. 3.87 - a) Caratteristica di prima magnetizzazione del ferro fucinato e dell'acciaio fuso, delle lamiere normali, delle lamiere in acciaio al silicio al 4% e della ghisa - b) Legenda - c) Caratteristiche principali delle lamiere al silicio semilegate, legate, extralegate e a cristalli orientati.

L'acciaio fucinato presenta praticamente la stessa permeabilità relativa dell'acciaio fuso. Viene talvolta utilizzato per la costruzione dei poli degli alternatori.

Quando l'acciaio assume funzioni magnetiche di rilevanza, si utilizza l'acciaio dolce o extra dolce caratterizzato da un basso tenore di carbonio e da una permeabilità relativa maggiore rispetto agli altri due tipi di acciaio.

In generale il carbonio peggiora le caratteristiche magnetiche dell'acciaio, riducendone la permeabilità e aumentando le perdite per isteresi; non subisce, invece, variazioni di rilievo l'induzione di saturazione.

Inoltre, le proprietà magnetiche peggiorano in presenza di impurità come lo zolfo, il fosforo e il manganese che producono la deformazione del reticolo cristallino del ferro.

I circuiti magnetici delle macchine elettriche realizzati in acciaio, possono essere a pezzi (massicci) se costruiti in acciaio fuso oppure laminati, ovvero costituiti da **lamiere normali** (senza aggiunta di silicio), di spessore da 0,5 mm a 1,5 mm, con una cifra di perdita che varia da 3,6 a 8 W/kg, crescente all'aumentare dello spessore.

La resistività di queste lamiere varia da 0,12 a 0,15 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, a seconda della minore o maggiore quantità di impurità totale contenuta. La laminazione viene effettuata per ridurre le perdite per correnti parassite nelle applicazioni con flusso magnetico variabile nel tempo. Aggiungendo del silicio, fino a un massimo di 4÷4,5%, alla lega ferro-carbonio si ottiene l'**acciaio al silicio**, che è il materiale più utilizzato nella costruzione dei circuiti magnetici delle macchine elettriche funzionanti a corrente alternata a frequenza industriale (50÷60 Hz).

Il silicio migliora leggermente la permeabilità magnetica e aumenta la resistività del materiale. Per contro il silicio peggiora le qualità meccaniche e già con una percentuale del 3% rende fragile e poco lavorabile il materiale al punto da non poter essere più utilizzabile nelle macchine rotanti, ma solo nei trasformatori.

La presenza del silicio consente una riduzione dell'area del ciclo di isteresi, questo permette di ridurre le perdite per isteresi, cosa che unitamente alla diminuzione delle perdite per correnti parassite (a causa dell'aumento della resistività) permette di ridurre la cifra di perdita di questo materiale.

La presenza del silicio, modifica, come mostrato nel grafico di fig. 3.87a, la caratteristica di magnetizzazione facendo diminuire l'induzione di saturazione e aumentando la permeabilità iniziale.

Come riportato nella tabella di fig. 3.87c le lamiere magnetiche si distinguono in base al tenore di silicio nel seguente modo:

- 1) **lamiere semilegate**, con una percentuale di silicio che varia dall'1,2% all'1,4% e una cifra di perdita di circa 3 W/kg; vengono utilizzate per le macchine rotanti di piccola e media potenza;
- 2) **lamiere legate**, contenenti silicio con percentuali che variano da 2,2% a 2,6% e una cifra di perdita 2,3 W/kg; vengono utilizzate per le macchine rotanti di grande potenza;
- 3) **lamiere extralegate**, con una percentuale di silicio che varia da 3,8% a 4,2% e una cifra di perdita che può variare da 1,3 W/kg a 1,7 W/kg; sono utilizzate per la costruzione delle macchine elettriche statiche come i trasformatori.

I valori della cifra di perdita devono intendersi come media fra lamierini di partite diverse.

I circuiti magnetici realizzati con questo materiale, data la variabilità del flusso nel tempo, vengono realizzati con lamierini magnetici accostati e isolati fra loro (v. fig. 3.88b), per diminuire le perdite per correnti parassite; gli spessori maggiormente usati sono 0,35 mm e 0,5 mm.

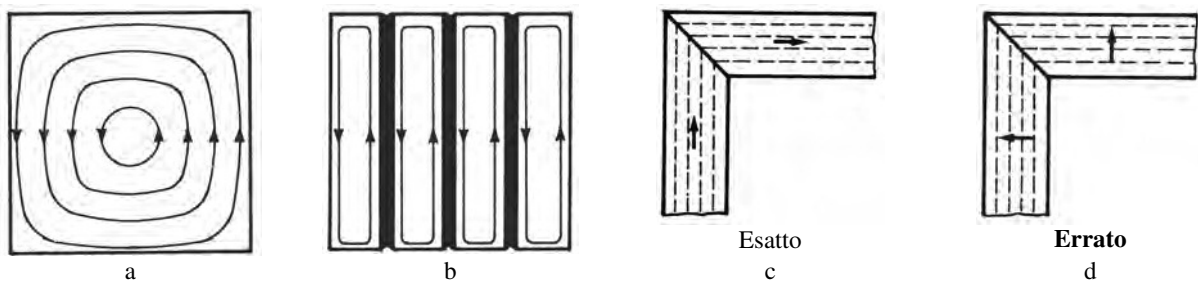


Fig. 3.88 - a) Elevate correnti parassite in corpi metallici massicci - b) Riduzione del valore delle correnti parassite in corpi laminari - c) Montaggio di lamiere a cristalli orientati. La freccia indica la direzione dell'asse dei cristalli.

I lamierini magnetici vengono realizzati tranciando fogli di dimensioni costanti, per esempio, di 1 x 2 m. Queste dimensioni sono dovute al fatto che è difficile nei laminatoi ottenere spessori costanti di valore così basso, per dimensioni delle lamiere maggiori.

Queste lamiere devono essere poi isolate su una faccia. Possono essere rivestite di una pellicola di ossido formatosi durante l'operazione di ricottura e vengono chiamate non acidulate, oppure disossidate (acidulate) e rivestite di un sottile foglio di carta (0,03 mm) incollato. Possono pure essere isolate con vernici isolanti speciali di spessori sempre di 0,025÷0,015 mm.

Per l'interposizione del materiale isolante, quando si calcola una sezione di ferro laminato, non tutta l'area è occupata dal ferro, bensì anche dall'isolante e da sottili strati di aria. Le lamiere, funzionando a una temperatura di 80÷100 °C, sono soggette a un fenomeno detto di invecchiamento consistente in un aumento delle perdite.

I lamierini in **acciaio al silicio a cristalli orientati** sono ottenuti partendo da lamiere, dello spessore di alcuni millimetri (0,35 mm oppure 0,30 mm), contenenti circa il 2÷3% di silicio, ricavate da materiale laminato a caldo.

Queste lamiere vengono poi laminate a freddo a più riprese sottoponendole, fra una laminazione e l'altra e alla fine della lavorazione, a opportuni trattamenti termici.

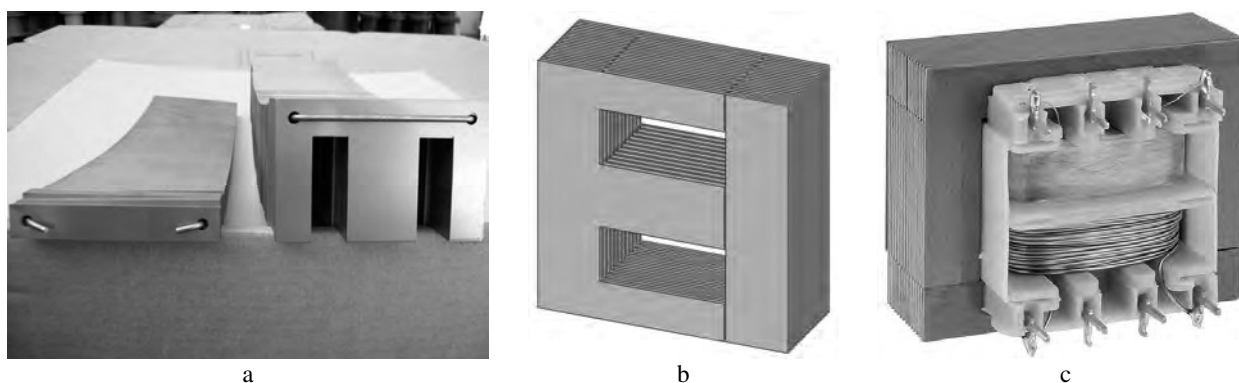


Fig. 3.89 - a) Lamierini magnetici per trasformatori monofase - b) Circuito magnetico di un trasformatore monofase - c) Esempio di trasformatore monofase di bassa potenza, da notare; al centro, il rocchetto in materiale isolante su cui sono avvolti gli avvolgimenti elettrici.

I lamierini a cristalli orientati, se soggetti a flusso nella direzione della laminazione (v. fig. 3.88c), presentano proprietà magnetiche decisamente migliori con una cifra di perdita molto minore dei normali lamierini al silicio extralegati per trasformatori (v. fig. 3.87c).

Infatti, circa il 75÷80% dei cristalli si dispone con la direzione di più facile magnetizzazione parallela a quella di laminazione, si ottiene così un materiale che, quando viene magnetizzato con linee di flusso parallele alla laminazione, presenta una maggiore permeabilità e una cifra di perdita piuttosto bassa dell'ordine di 0,5 W/kg o meno.

Per la costruzione dei nuclei con lamierini a cristalli orientati è necessario assicurarsi che la direzione della laminazione e quella di magnetizzazione coincidano, altrimenti si perdono i vantaggi di avere un materiale con maggiore permeabilità e minori perdite.

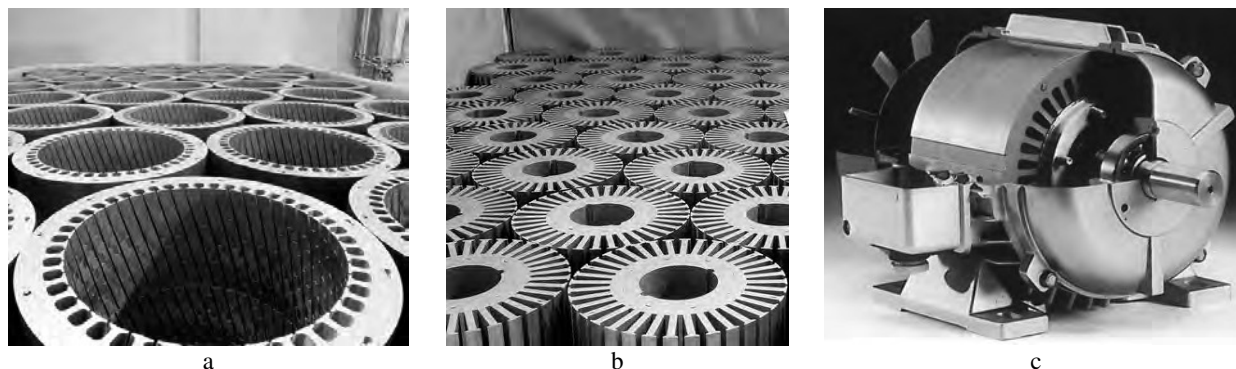


Fig. 3.90 - a) Pacchi di lamierini statorici per motori asincroni; si possono notare le cave necessarie per l'alloggiamento delle matasse degli avvolgimenti statorici - b) Pacchi di lamierini rotorici per motori asincroni; anche in questo caso è possibile osservare le cave per l'alloggiamento degli avvolgimenti rotorici e al centro per l'albero - c) Vista interna di un motore asincrono trifase dove è possibile notare il pacco dei lamierini statorici privi di avvolgimenti.

All'aumentare dell'angolo di scostamento tra la direzione in cui il materiale è magnetizzato e quella di laminazione, i valori dell'induzione B_M corrispondenti ai diversi valori della forza magnetizzante H diminuiscono (v. fig. 3.91b) e il ciclo di isteresi si allarga, a dimostrazione delle minori prestazioni di questo materiale.

Da quanto detto, a causa dell'alta permeabilità nel senso della laminazione e delle basse perdite specifiche che consentono un'induzione di lavoro maggiore di quella possibile per i lamierini laminati a caldo, l'uso razionale dei lamierini a cristalli orientati rende possibile la costruzione di macchine elettriche meno pesanti ed ingombranti nonché con minori perdite. In particolare ciò può essere molto vantaggioso per i trasformatori di grandissima potenza, anche nei riguardi del problema del trasporto dagli stabilimenti del costruttore al luogo di impiego.

Vale la pena ricordare che tutti i lamierini sono ottenuti nelle dimensioni volute tramite cesoie e stampi. Per quanto affilati siano gli stampi e le lame delle cesoie, si verificano sempre delle sbavature nel taglio.

Tali sbavature devono essere ridotte al minimo o eliminate tramite apposite macchine denominate sbavatrici, in quanto potrebbero formare dei ponti di collegamento elettrico fra i lamierini rendendo in tal modo inutile la laminazione e l'isolamento tra i lamierini.

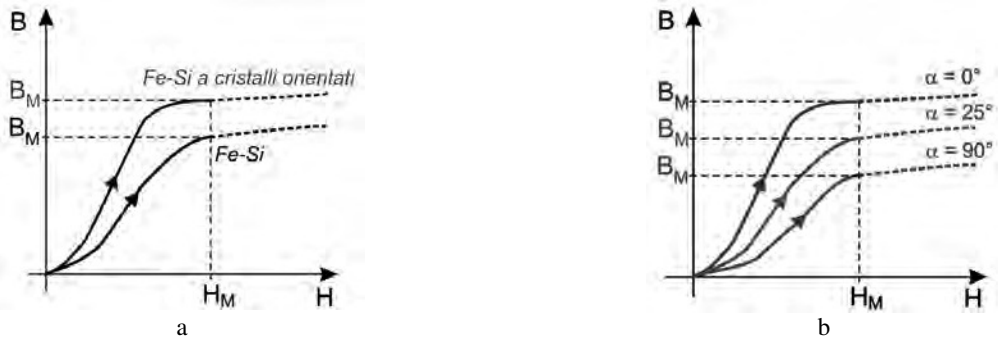


Fig. 3.91 - a) Nei lamierini a cristalli orientati il valore di B_M è più alto rispetto al corrispondente valore dei lamierini normali al silicio - b) Se si aumenta l'angolo di scostamento α tra la direzione in cui il materiale è magnetizzato e quella della laminazione, i valori di B corrispondenti ai diversi valori di H diminuiscono.

Il problema delle sbavature è particolarmente sentito nei lamierini al silicio, caratterizzati da notevole durezza (rapido consumo degli stampi) e da elevata fragilità (pericolo di rotture dei lamierini tranciati in corrispondenza di sezioni eccessivamente ridotte).

Tutte le lavorazioni meccaniche come, laminazione, piegatura, stampatura, tranciatura e taglio d'utensile, cui il materiale viene assoggettato per la fabbricazione del pezzo, incrudiscono più o meno il materiale, peggiorandone le caratteristiche magnetiche specialmente alle basse induzioni con aumento delle perdite per effetto della dilatazione del ciclo di isteresi.

La ricottura consente di eliminare questi inconvenienti.

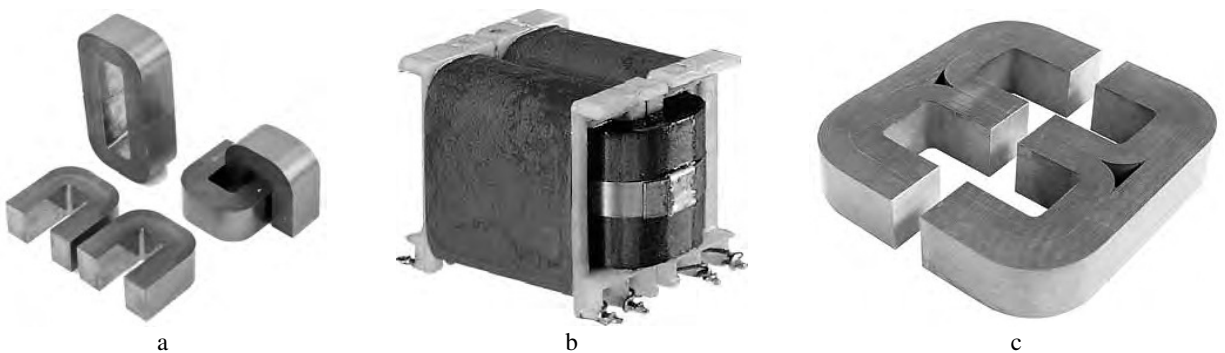


Fig. 3.92 - a) Lamierini al silicio a cristalli orientati con nucleo a C per trasformatori monofase - b) Trasformatore monofase con un nucleo magnetico realizzato con lamierini al silicio a cristalli orientati a C. Si noti la banda in acciaio amagnetico per il serraggio del nucleo a C - c) Lamierini al silicio a cristalli orientati con nucleo a C per trasformatori trifase. Le tre colonne servono per alloggiare gli avvolgimenti delle tre fasi.

I materiali ad alta permeabilità iniziale sono costituiti da leghe di ferro e nichel, ad alte percentuali di nichel, con aggiunta a volte di altri elementi quali manganese, cobalto, cromo, rame e molibdeno.

L'aggiunta di nichel in piccole percentuali ne peggiora le proprietà magnetiche mentre in notevole quantità permette di ottenere materiali che, opportunamente trattati dal lato termico, hanno interessanti caratteristiche magnetiche.

Queste leghe presentano la singolarità di assumere una permeabilità molto elevata (in qualche caso fino a $\mu_r = 80000$ circa) alle basse induzioni ($0,2 \div 0,5 \text{ Wb/m}^2$), ma non alle alte come mostrato nella fig. 3.94a.

I valori massimi di induzione a cui queste leghe si possono spingere sono limitati perché la saturazione avviene già fra $0,7 \div 1 \text{ Wb/m}^2$.

Le perdite per correnti parassite presentate dai lamierini in tali leghe sono molto piccole a causa dell'elevata resistività che può raggiungere valori $1,5 \div 1,7$ volte quella dei lamierini extralegati al silicio; anche le perdite per isteresi sono molto ridotte.

Questi materiali vengono utilizzati quando si vogliono ottenere valori di induzione B alti con piccoli valori di H e, quindi, della corrente magnetizzante (v. fig. 3.94b), come è richiesto, nei trasformatori di corrente (TA), in cui la corrente magnetizzante contribuisce a peggiorare la precisione del trasformatore.

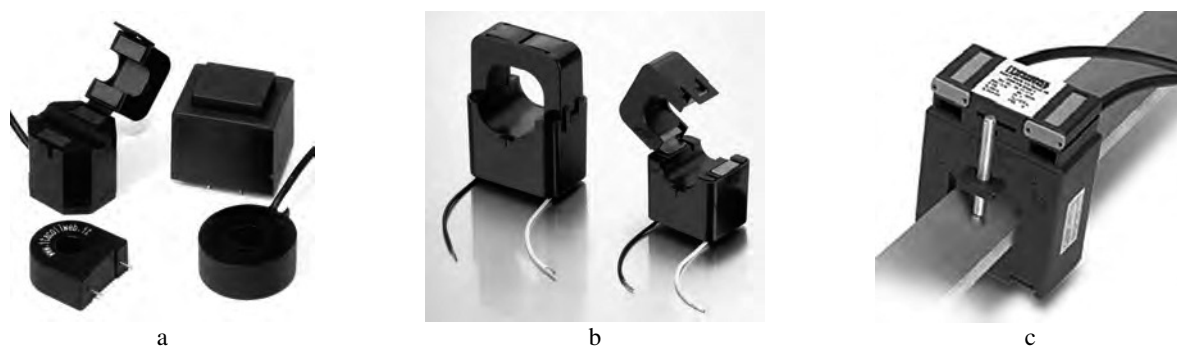


Fig. 3.93 - a) Trasformatori amperometrici TA di precisione, realizzati con materiali ad alta permeabilità, adatti a funzionare alla frequenza di 50/60 Hz, con correnti fino centinaia di amper. Si utilizzano per amperometri e wattmetri e altri strumenti di precisione, per il controllo del carico di motori elettrici. In versione sia da circuito stampato che per il montaggio direttamente su cavo - b) Trasformatori amperometrici in versione apribile, per un'installazione senza interruzione del conduttore (split core) - c) Esempio di applicazione di un TA, per la misura della corrente che attraversa una sbarra di rame.

In definitiva queste leghe ad alta permeabilità iniziale, dato che la saturazione inizia a valori bassi di induzione, non vengono usate per le macchine elettriche di potenza, ma solo limitatamente, in casi particolari, quando è necessario avere minime perdite e grande permeabilità alle basse induzioni: in proposito si tenga anche presente il costo elevato di questi materiali.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali di alcuni di questi materiali.

Permalloy A (78% Ni, 21,5% Fe). Ha permeabilità massima relativa di circa 80000 con induzione di circa 0,5 Wb/m² contro quella massima di circa 2800 raggiungibile dai lamierini al 4% di silicio (Si) all'induzione di 0,7 Wb/m² circa. Presenta lo svantaggio di variare le sue caratteristiche magnetiche per sollecitazioni meccaniche e di essere poco stabile in conseguenza di variazioni di temperatura.

Permalloy C (78,5% Ni, 18% Fe, Mo, 0,5% Mn). È usato in sostituzione del Permalloy A per la sua maggiore stabilità termica e meccanica.

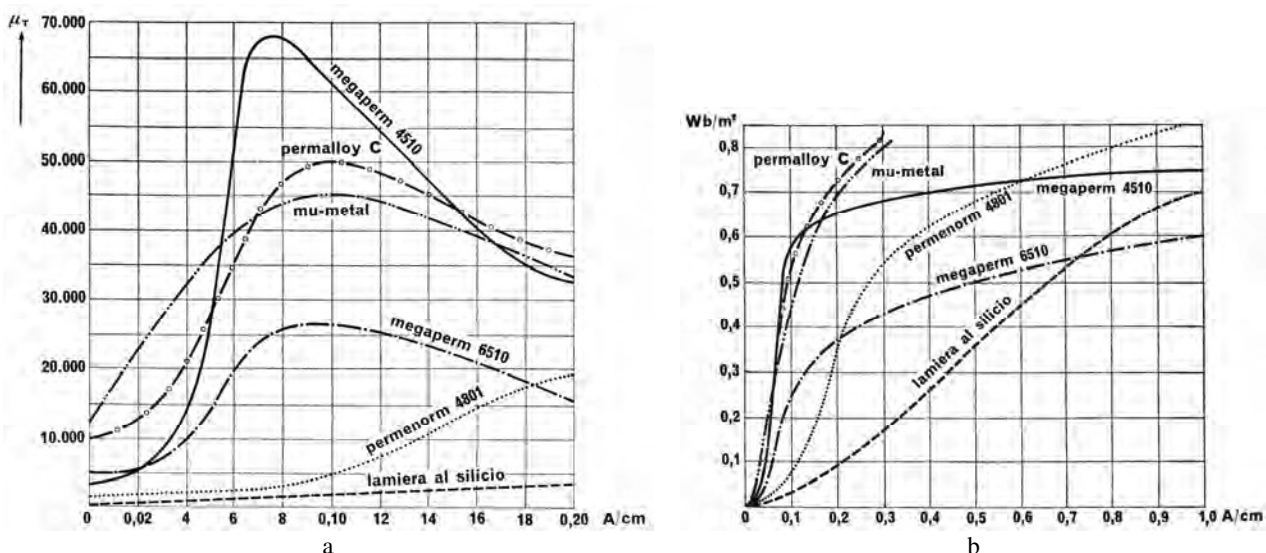


Fig. 3.94 - a) Curve di permeabilità μ_r in funzione del campo magnetico H [A/cm] di alcuni materiali ad alta permeabilità iniziale - b) Curve di magnetizzazione B [Wb/m²] in funzione del campo magnetico H [A/cm] di alcuni materiali ad alta permeabilità iniziale. Da notare il confronto, in entrambi i grafici, rispetto alla lamiera al silicio.

Perminvar (45% Ni, 30% Fe, 25% Co). Questo materiale ha la particolarità di assumere induzione, entro certi limiti, quasi proporzionale alla corrente magnetizzante (caratteristica di magnetizzazione lineare per piccoli valori dell'induzione). Per induzioni inferiori a 0,5 Wb/m² presenta un'induzione residua e una forza coercitiva quasi nulle. È così possibile la costruzione di bobine, con nucleo magnetico, aventi un'induttanza praticamente costante.

Il vantaggio di queste bobine, rispetto a quelle senza nucleo, è la minore resistenza ohmica in relazione al minore numero di spire e al minore ingombro.

Megaperm 4510 (45% Ni, 45% Fe, 10% Mn). Questo materiale con caratteristiche simili al Perminvar, come è riportato nella fig. 3.94, ha una curva di magnetizzazione rispetto a una normale lamiera al silicio, con una pendenza molto più accentuata nel tratto iniziale che indica un valore del rapporto B/H (e quindi della permeabilità) maggiore. Il Perminvar e il Megaperm 4510 vengono utilizzati per i trasduttori magnetici di vario tipo, per i quali la risposta lineare è un requisito essenziale.

Le caratteristiche delle lamiere per la costruzione delle macchine elettriche e apparecchiature elettriche sono normalizzate nella UNI EN 10106:2007 dal titolo “**Lamiere e nastri magnetici di acciaio a grani non orientati, laminati a freddo e forniti allo stato finito**” e nella UNI EN 10107:2006 dal titolo “**Lamiere e nastri magnetici di acciaio a grani orientati forniti allo stato finito**”.

In particolare la prima norma è la traduzione della versione in lingua inglese della norma europea EN 10106 (edizione settembre 2007). La norma definisce i tipi di lamiere e i nastri magnetici di acciaio a grani non orientati, laminati a freddo aventi spessore nominale 0,35 mm, 0,50 mm, 0,65 mm e 1,00 mm.

In particolare, la norma fornisce i requisiti generali, le proprietà magnetiche, le caratteristiche geometriche, le tolleranze e le caratteristiche tecnologiche, nonché i procedimenti di controllo. Essa si applica ai prodotti forniti dopo ricottura finale, destinati alla costruzione di circuiti magnetici. Non si applica ai prodotti semilavorati.

La seconda norma è la traduzione dalla versione in lingua inglese della norma europea EN 10107 (edizione agosto 2005) che definisce i tipi di lamiere e di nastri magnetici di acciaio a grani orientati, aventi spessore nominale 0,23 mm, 0,27 mm, 0,30 mm e 0,35 mm; in particolare i requisiti generali, le proprietà magnetiche, le caratteristiche geometriche, le tolleranze, le caratteristiche tecnologiche e i procedimenti di controllo.

Essa si applica alle lamiere magnetiche di acciaio a grani orientati, a struttura Goss, fornite dopo ricottura finale in fogli o in rotoli e destinate alla costruzione di circuiti magnetici. I prodotti sono suddivisi in due classi: a) materiali a grani orientati convenzionali; b) materiali a grani orientati ad alta permeabilità.

Materiali magnetici sinterizzati, ferriti. Tra i materiali magnetici vale la pena ricordare le **polveri magnetiche agglomerate**, costituite da polveri impalpabili di ferro o leghe ferro-nichel, annegate in un opportuno materiale isolante di resine sintetiche.

Se ne foggiano cilindretti o nuclei di varia forma adatti a essere introdotti nelle bobine per alta frequenza. La permeabilità di questi materiali è bassa, ma le perdite risultano praticamente trascurabili.

Vale la pena ricordare, inoltre, le **ferriti ceramiche**. Si tratta di composti omogenei di ossido di ferro e altri ossidi metallici, quali quelli di Mn e Zn oppure Ni e Zn, ottenuti per sinterizzazione.

Presentano struttura simile a quella della ceramica (da cui il nome) e sono caratterizzate da altissima resistività (intorno a $10^6 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) e da bassissima induzione di saturazione. Il ciclo di isteresi di tali materiali è molto ripido e stretto (v. fig. 3.34b) e ad andamento pressoché rettangolare. Le più comuni ferriti ceramiche (ferriti dolci) sono il **Ferroxcube**, con ossidi di Fe, Mn, Zn, e le ferriti dure come il **Ferroxdure** con ossidi di Fe, Ni, Zn.

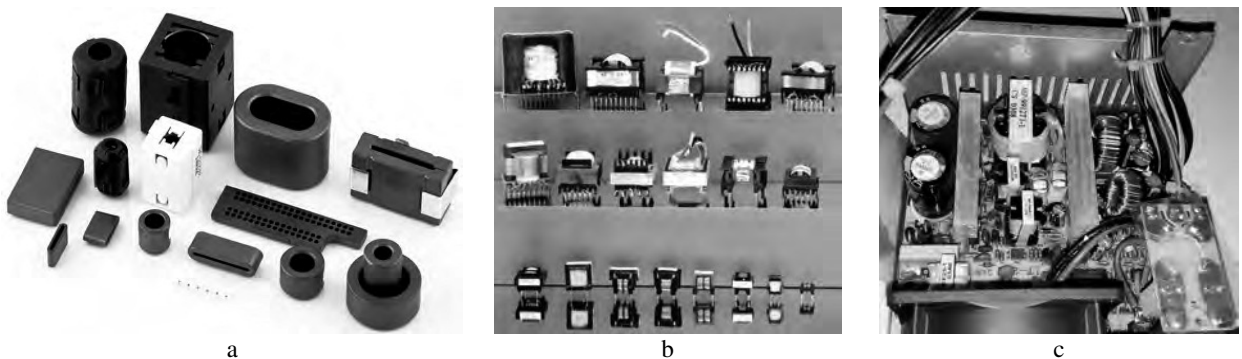


Fig. 3.95 - a) Esempi di ferriti - b) Esempi di applicazione: trasformatori e bobine (induttori) con nucleo in ferrite - c) Esempio di applicazione dei trasformatori e delle bobine con nucleo in ferrite in un alimentatore per personal computer.

Questi materiali, data l’elevatissima resistività che non consente praticamente la circolazione di correnti parassite, unita alle bassissime perdite per isteresi, hanno una cifra di perdita notevolmente ridotta anche a elevata frequenza. Questi li rende adatti all’impiego in apparati elettronici funzionanti in alta frequenza.

Per esempio, sono impiegati per la costruzione di nuclei per trasformatori, induttanze per filtri, magneti permanenti, memorie magnetiche, nuclei d'antenna, trasformatori a larga banda e per impulsi, testine per registratori, applicazioni elettroacustiche. Questi materiali sono durissimi e quindi sono lavorabili soltanto con abrasivi.

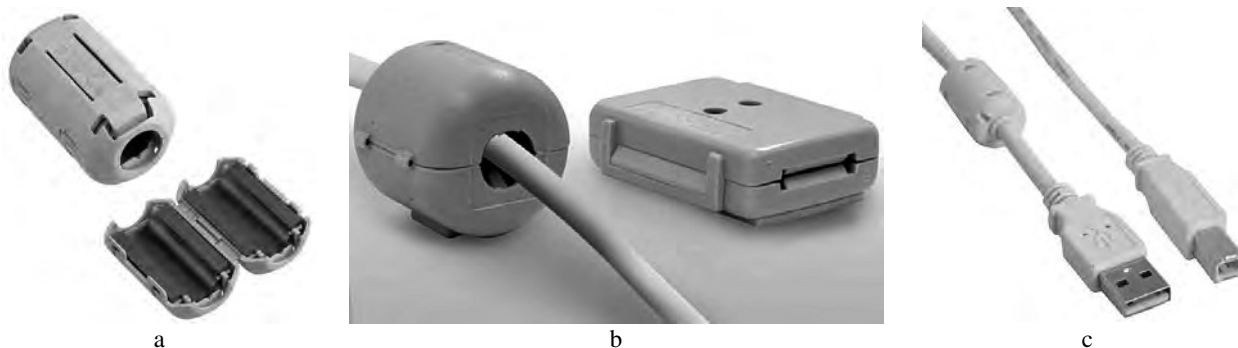


Fig. 3.96 - a) Esempi di filtri in ferrite per cavi, utili per limitare la propagazione dei disturbi elettromagnetici lungo il cavo (aperto e chiuso) - b) Esempi di filtri in ferrite per cavi con sezione circolare e cavi piatti. Si noti il sistema di chiusura a scatto per il facile montaggio su cavi già installati - c) Esempio di cavo USB con connettori termosaldati e con incorporato un filtro in ferrite per il collegamento di un personal computer a una stampante.

La tecnologia che permette di ottenere questi materiali è denominata **sinterizzazione** o **metallurgia delle polveri**. Per la lavorazione di metalli scarsamente fucinabili, ad alto grado di durezza, o caratterizzati da un punto di fusione molto alto, per i quali non sono adottabili lavorazioni per fucinatura o per fusione, si impiegano i procedimenti di sinterizzazione delle polveri del metallo stesso.

Il procedimento è stato introdotto inizialmente per ottenere la riduzione in filamento del tungsteno utilizzato per le lampade ad incandescenza (v. fig. 3.97b).

La struttura e le caratteristiche meccaniche di un metallo ottenuto per sinterizzazione delle polveri sono diverse da quelle del metallo stesso.

Il procedimento consiste nella compressione entro forme prestabilite di polveri metalliche e non metalliche molto fini (v. fig. 3.97a). Le forme, realizzate per compressione delle polveri in appositi stampi sono compatte, ma poco consistenti. I granelli sono uniti fra di loro per semplice adesione e con semplici incastri, ma la massa è sgreto labile.

Per rendere le forme stabili, in agglomerati di grande durezza, si ricorre al loro riscaldamento a elevate temperatura in forni elettrici. Propriamente è l'operazione di riscaldamento che prende il nome di sinterizzazione.

Le fasi essenziali del procedimento di sinterizzazione sono pertanto:

- 1) la preparazione delle polveri;
- 2) l'agglomerazione delle polveri mediante la compressione in stampi;
- 3) la sinterizzazione vera e propria ad alta temperatura.

A parità di dimensioni del pezzo prodotto per sinterizzazione, le sue caratteristiche variano a seconda dei seguenti fattori: dimensioni dei granelli della polvere, uniformità dei granelli della polvere, forma dei granelli, pressione di agglomerazione, temperatura e durata della sinterizzazione, leganti miscelati nella polvere.



Fig. 3.97 - a) Esempio di pressa per la agglomerazione delle polveri - b) Esempio di filamento per lampade ad incandescenza in tungsteno realizzato per sinterizzazione - c) Esempi di pezzi meccanici realizzati per sinterizzazione.

Materiali per magneti permanenti. In numerose apparecchiature e macchine elettriche si fa uso di magneti permanenti come per esempio, negli strumenti di misura magnetoelettrici, nei relè, negli interruttori di posizione magnetici con ampole reed (v. fig. 3.100 e fig. 3.101), nei motori elettrici in corrente continua (v. fig. 3.102) e nei motori brushless utilizzati nel campo dell'automazione, della robotica e dell'elettronica.

Lo scopo di un magnete permanente è quello di fornire, in un determinato intraferro, una certa quantità di energia magnetica. Tale energia magnetica è, per un determinato volume del magnete, dipendente dal prodotto dell'induzione residua B_r per la forza coercitiva H_c .

Poiché gli acciai speciali per costituire magneti permanenti, sono costosi, si cerca di ridurre al minimo il volume del magnete permanente col vantaggio anche di ridurre lo spazio occupato. Pertanto i vari materiali destinati alla creazione dei magneti hanno come indice caratteristico il prodotto $B \cdot H$ riferito ai soli punti compresi nel tratto discendente EM di fig. 3.98a del ciclo di isteresi.

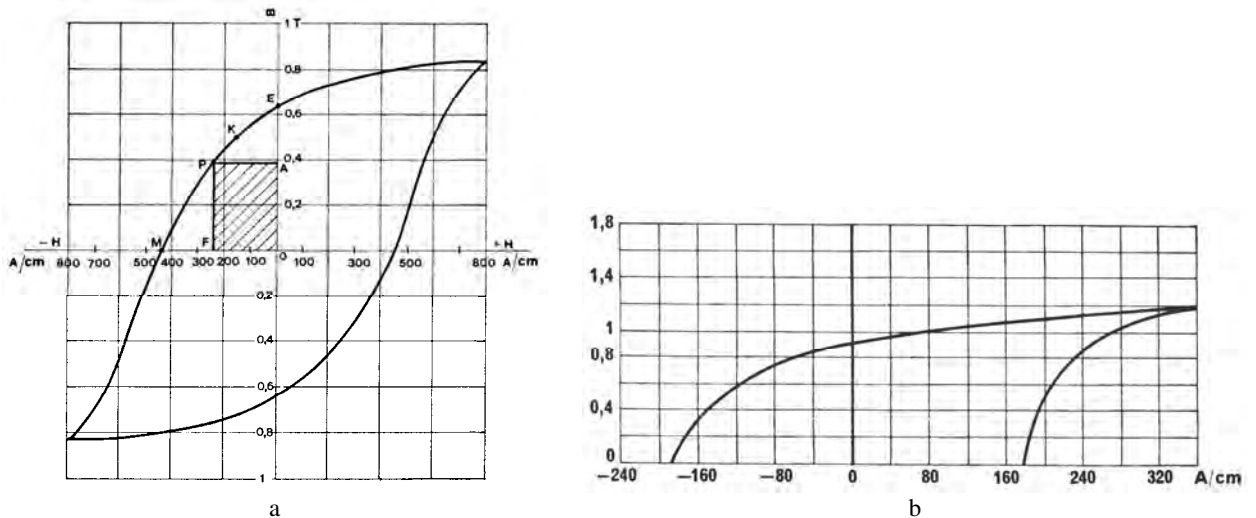


Fig. 3.98 - a) Energia magnetica di un magnete permanente - b) Ciclo di isteresi (primo e quarto quadrante) di un acciaio al cobalto (35% Co).

Tale prodotto, per un qualsiasi punto P di tale tratto EM, è rappresentato dall'area tratteggiata OAPF, essendo OA il valore dell'induzione B_r residua del punto P e OF il corrispondente valore della forza coercitiva H_c .

Per realizzare un magnete permanente, occorre scegliere quei materiali che abbiano elevati valori dell'induzione residua B_r e della forza magnetizzante coercitiva H_c . Il metodo più usato per magnetizzare uno dei citati materiali è quello di metterlo a contatto con un potente elettromagnete.

Inoltre, di particolare importanza è il valore dell'energia magnetica specifica immagazzinata nel magnete, tale energia risulta proporzionale al prodotto $B \cdot H$, tra i valori dell'induzione e della forza magnetizzante relativi al punto di funzionamento del magnete (il punto P).

Come è possibile osservare nel grafico di fig. 3.98a, affinché l'energia magnetica specifica sia elevata, deve essere grande la superficie compresa tra la caratteristica di smagnetizzazione, considerata nel tratto EM del ciclo di isteresi, e gli assi cartesiani. Il massimo valore dell'energia specifica $(B \cdot H)_M$, espresso in kJ/m^3 , rappresenta un fattore importante per valutare la qualità del materiale.

I materiali utilizzati per realizzare i magneti permanenti sono:

- acciai con il 6% di tungsteno, ad alta percentuale di carbonio (0,5%÷1,2%);
- acciai al cobalto con tenore di cobalto variabile tra il 10% e il 35%, i valori del prodotto $B \cdot H$ possono arrivare a circa 20 kJ/m^3 , il che significa che si possono avere magneti permanenti di volume e quindi di peso, pari a 1/3 di quelli ottenuti con degli acciai al tungsteno a parità di energia magnetica;
- acciai al nichel-alluminio; queste leghe sono note in commercio con il nome di leghe AlNi (se a base di alluminio e nichel) oppure Alnico (se contenenti anche cobalto); presentano energie magnetiche massime di circa 25 kJ/m^3 .

Tutte le leghe citate precedentemente sono isotrope, ovvero presentano le medesime caratteristiche qualunque sia la direzione della forza. Le leghe Alnico se raffreddate in presenza di un campo magnetico diventano anisotrope e migliorano le loro caratteristiche nella direzione in cui ha agito il campo magnetico; questi materiali vengono chiamati a magnetizzazione direzionale e devono assumere una forma rettilinea, essendo impossibile avere un campo magnetico curvilineo (a U). Leghe di questo tipo sono note in commercio con i nomi di Alcomax, Ticonal, Mexalco.

Altri materiali utilizzati per la costruzione dei magneti permanenti sono:

- le leghe a base di cobalto e terre rare denominate Vacomax, le quali, se pur a un costo elevato, hanno ottime prestazioni, cioè hanno valori della forza smagnetizzante coercitiva e dell'energia magnetica specifica nettamente superiori a quelle delle leghe Alnico;
- le leghe sinterizzate sono formate da polvere di leghe di Alni e Alnico sottoposte al trattamento di sinterizzazione. Con questo processo è possibile ottenere magneti permanenti di forme complicate che successivamente possono essere lavorate con difficoltà, perché molto dure. In commercio questi materiali sinterizzati sono noti con i nomi di Koerox, ferriti, ecc. Questi materiali possono essere resi anisotropi, con prestazioni migliori in una determinata direzione, eseguendo lo stampaggio in presenza di un elevato campo magnetico che agisce nella direzione voluta.



a



b

Mediante la rotazione di un gruppo di magneti permanenti contenuti nella carcassa, le linee del flusso magnetico possono agire sui poli e quindi sul carico, oppure vengono deviate nella carcassa; in questo modo il magnete non può sollevare il carico.

Se la leva è nella posizione "I" le linee di flusso sono condotte attraverso i poli verso il carico. Il magnete è perciò attivato.

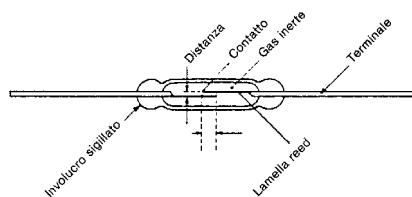
Se invece la leva è nella posizione "0" le superfici dei poli sono neutre ed il magnete è quindi disattivato.

Fig. 3.99 - a) Esempi di magneti permanenti - b) Esempio di utilizzo di un magnete permanente nel mezzo di presa in un sistema di sollevamento con portate da 150 kg a 2000 kg, adatti sia per materiali ferrosi a sezione circolare sia di tipo piatto. Da notare che un mezzo di presa di questo tipo è utilizzabile ovunque e risulta indipendente da qualsiasi alimentazione elettrica al contrario degli elettromagneti.

Di particolare importanza per ottenere buoni materiali per la costruzione dei magneti permanenti è il trattamento termico di tempra, oltre agli altri trattamenti tecnologici.

È interessante notare che con l'aumentare della temperatura tutte le leghe citate precedentemente incominciano a perdere le loro proprietà magnetiche (la magnetizzazione si annulla per tutte a circa 750 °C); la magnetizzazione si mantiene più stabile nelle leghe Alnico, è meno stabile nelle leghe al cobalto e ancora meno in quelle al tungsteno (in queste ultime a soli 180 °C le proprietà magnetiche si riducono del 25% rispetto a quelle che si hanno a 20 °C; nelle leghe Alnico occorre invece arrivare a circa 600 °C per trovarsi nelle medesime condizioni).

Caratteristiche costruttive delle ampolle reed

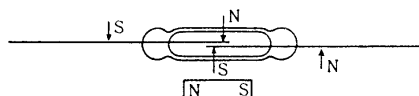


Un'ampolla reed consiste in due lamelle flessibili di materiale magnetico, piatte e di bassa riluttanza, ermeticamente sigillate in un tubo di vetro riempito di gas inerte.

Tali lamelle sono posizionate in modo che le parti terminali si contrappongano l'una all'altra senza toccarsi.

Le lamelle si prolungano oltre l'involtro 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.

Fig. 3.100 - Caratteristiche costruttive e principio di funzionamento degli interruttori di posizione magnetici con ampolle reed.

La temperatura alla quale le proprietà magnetiche di un materiale si annullano si chiama **punto di Curie**.

Gli urti e le vibrazioni possono indebolire i magneti permanenti; anche il tempo a lungo andare le indebolisce (fenomeno dell'invecchiamento); attualmente l'invecchiamento, con l'arrivo di nuovi materiali, è ridotto al minimo, specialmente se i magneti permanenti sono sottoposti, durante la fabbricazione, a uno speciale processo di stabilizzazione.

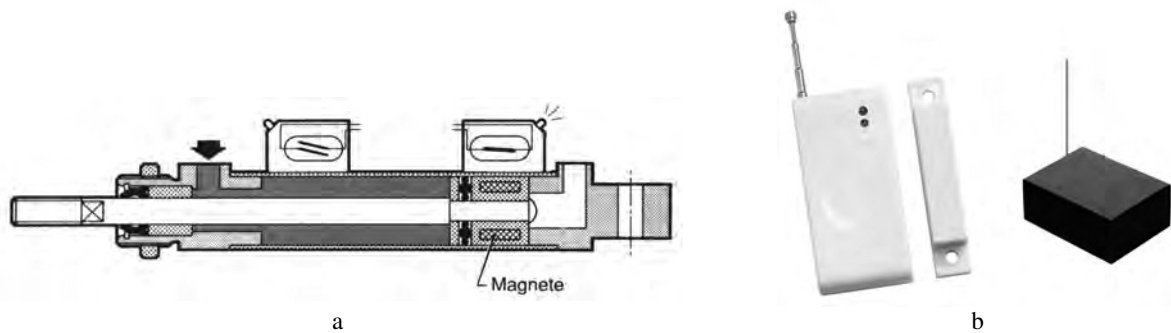


Fig. 3.101 - a) Cilindro a doppio effetto per finecorsa magnetici. Sui cilindri è in genere possibile montare uno o più interruttori di posizione magnetici, fissati al cilindro. Essi consentono di rilevare sia le posizioni di finecorsa sia le posizioni intermedie del pistone. La freccia indica la direzione del flusso di aria compressa nella camera negativa - b) Interruttore di posizione magnetico wireless (il magnete che aziona l'interruttore è al centro della figura) da installare su finestre, infissi, porte, cassetti. Il ricevitore (a destra nella figura) può attivare una sirena, una lampada, una pompa, un combinatore telefonico o semplicemente può essere interfacciato e integrato in sistemi di antifurto.



Fig. 3.102 - Esempio di applicazione dei magneti permanenti: a) Principio di funzionamento di un motore in corrente continua: la figura mostra un avvolgimento percorso da corrente posto tra le espansioni polari di un magnete, il campo magnetico generato dalla corrente interagendo con il campo magnetico del magnete (statore), pone in rotazione l'avvolgimento (rotore) - b) Esempio di motore in corrente continua con magneti permanenti. Da notare i morsetti, in alto a destra, per l'alimentazione elettrica del motore, mentre a sinistra è visibile l'albero del motore.

3.15 Componenti passivi utilizzati nei circuiti elettrici ed elettronici

Nei circuiti elettrici ed elettronici vengono utilizzati diversi componenti passivi, ovvero quei componenti che non sono in grado di fornire più energia rispetto a quanta gliene viene fornita.

Di seguito vengono illustrate le principali caratteristiche fisiche e tecnologiche dei dispositivi, utilizzati più di frequente, nei circuiti elettrici ed elettronici, che sono:

- 1) resistori;
- 2) potenziometri e trimmer;
- 3) termoresistente (RDT) e termistori (PTC e NTC);
- 4) varistori (VDR), fotoresistori (LDR) e magnetoresistori (MDR);
- 5) condensatori;
- 6) induttori.

Resistori. Un conduttore che presenta, in senso assoluto o relativamente alle altre parti che costituiscono un circuito, una resistenza elevata prende il nome di **resistore**. I resistori vengono utilizzati nei circuiti elettrici ed elettronici, negli strumenti di misura e nella trasformazione dell'energia elettrica in calore come per esempio nel caso dei forni elettrici, stufe elettriche, ferri da stiro e scaldabagni elettrici, ecc.

Nei circuiti elettronici i resistori sono usati per limitare il valore della corrente, modificare il valore di una differenza di potenziale e infine per convertire un valore di tensione in un valore proporzionale di corrente.

Le principali caratteristiche che contraddistinguono i resistori e che ne permettono la scelta, sono:

- il valore nominale della resistenza ($R_n = 100 \Omega$);
- la tolleranza sul valore nominale della resistenza (5%);
- potenza nominale del resistore ($P_n = 1 \text{ W}$);
- tensione nominale di lavoro ($U_n = 10 \text{ V}$);
- corrente nominale di lavoro ($I_n = 0,5 \text{ A}$);
- coefficiente di temperatura ($\pm 50 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$).

I valori nominali delle resistenze e delle tolleranze dei resistori ad impasto e a strato, vengono normalmente indicati sul corpo del resistore mediante un particolare codice dei colori, secondo quando indicato dalle norme IEC (International Electrotechnical Commission), come mostrato nella tab. 3.27.

Sul resistore vengono stampate quattro strisce parallele dal seguente significato: la prima striscia indica la prima cifra del valore nominale della resistenza, la seconda striscia indica la seconda cifra, la terza indica un fattore di moltiplicazione e infine la quarta la tolleranza del valore nominale della resistenza, se la quarta striscia manca la tolleranza è del $\pm 20\%$.

Sebbene per impieghi particolari vengano prodotti resistori di qualsiasi valore, per gli impieghi industriali sono state stabilite a livello internazionale delle tabelle di valori a cui si attengono la maggior parte delle case produttrici.

La convenzione più diffusa è denominata **standard IEC** e si riferisce a un numero limitato di tabelle e di valori sufficienti, però, a soddisfare le richieste provenienti dai diversi settori di applicazione.

Per i resistori a carbone, a strato di carbone e a filo metallico la tabella dei valori normalmente prodotti è indicata come tabella IEC E24, che comprende 24 valori diversi all'interno di una decade, con una tolleranza sul valore nominale del $\pm 5\%$.

Banda colorata	Nero	Marrone	Rosso	Arancione	Giallo	Verde	Blu	Viola	Grigio	Bianco	Oro	Argento
<i>Coefficiente di temperatura (ppm/°C)</i>												
VI	--	100	50	15	25	--	10	5	--	1	--	--
<i>Tolleranza (%)</i>												
V	--	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	--	--	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,25\%$	$\pm 0,10\%$	$\pm 0,05\%$	--	± 5	± 10
<i>Moltiplicatore (Ω)</i>												
IV	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}
<i>Cifre</i>												
III	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	--	--
II	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	--	--
I	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	--	--

Tab. 3.27 - Codice dei colori delle resistenze secondo le norme IEC.

In commercio sono disponibili resistori con un valore nominale compreso tra 1Ω e $100 \text{ M}\Omega$ con una serie di valori normalizzati in relazione alla tolleranza; in particolare tra le serie commerciali più diffuse, oltre alla E24 vista precedentemente, troviamo la E6 ($\pm 20\%$), E12 ($\pm 10\%$) e a costi leggermente superiori anche la E48 ($\pm 2\%$) e la E96 ($\pm 1\%$).

I valori commerciali, presenti in una decade per ciascuna delle serie normalizzate secondo lo standard IEC, sono riportati nella tab. 3.28.

Con il termine decade si intende un intervallo di valori in cui il valore massimo sia 10 volte il valore minimo; per esempio, nella tabella la decade riportata è quella compresa tra i valori di 10Ω e 100Ω .

I valori della tab. 3.28 sono presenti in tutte le altre decadi.

Per esempio, il valore di 18Ω , presente nella serie E12 nella decade compresa tra 10Ω e 100Ω , è presente anche nella decade compresa tra $10 \text{ k}\Omega$ e $100 \text{ k}\Omega$, in questo caso assumerà il valore di $18 \text{ k}\Omega$.

Lo stesso vale per qualsiasi altro valore presente nella serie.

Serie	Valori nominali												
E6 (±20%)	10	15	22	33	47	68	--	--	--	--	--	--	
E12 (±10%)	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82	
E24 (±5%)	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	
	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91	
E48 (±2%)	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169	
	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301	
	316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536	
	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953	
	E96 (±1%)	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
		133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
178		182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232	
237		243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309	
316		324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412	
422		432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549	
	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732	
	750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976	

Tab. 3.28 - Valori nominali commerciali della serie standard secondo le norme IEC 63 e BS 288. Serie E6, E12, E24, E48, E96.

I resistori a filo metallico sono normalmente riconoscibili mediante stampigliatura del valore direttamente sul loro involucro oppure mediante un codice alfanumerico del tipo mostrato nella tab. 3.29. Ciò è permesso anche dalle loro maggiori dimensioni.

Valore della resistenza	Siglatura	Valore della resistenza	Siglatura
0,47 Ω	R47	47 kΩ	47K
4,7 Ω	4R7	470 kΩ	470K
47 Ω	47R	0,47 MΩ	M47
470 Ω	470R	4,7 MΩ	4M7
0,47 kΩ	K47	47 MΩ	47M
4,7 kΩ	4K7	470 MΩ	470M

Tab. 3.29 - Esempio di siglatura del valore della resistenza mediante codice alfanumerico secondo lo standard British Standard BS1852. Sono stati presi in considerazione, a titolo di esempio, i resistori che hanno il valore che prevede il numero 47. La tolleranza viene normalmente espressa con un valore numerico (±5%) oppure mediante una seconda lettera (M ±20%, K ±10%, J ±5%, G ±2%, F ±1%, D ±0,5%, C ±0,25%, B ±0,1%).

La tolleranza, che dipende in particolare dalla tecnologia costruttiva del resistore, indica il massimo errore relativo percentuale rispetto al valore nominale. Normalmente i resistori che hanno una tolleranza più bassa hanno un costo più elevato.

Per esempio un resistore avente un valore nominale di 27000 Ω e una tolleranza del ±10% (equivalente a un valore in più e in meno di 2700 Ω) avrà in realtà un valore compreso tra:

$$27000 - 2700 = 24300 \text{ } \Omega \text{ e } 27000 + 2700 = 29700 \text{ } \Omega.$$

Mentre un resistore avente lo stesso valore nominale di 27000 Ω e una tolleranza più ristretta del ±5% (equivalente a un valore in più e in meno di 1350 Ω) avrà in realtà un valore compreso tra:

$$27000 - 1350 = 25650 \text{ } \Omega \text{ e } 27000 + 1350 = 28350 \text{ } \Omega.$$

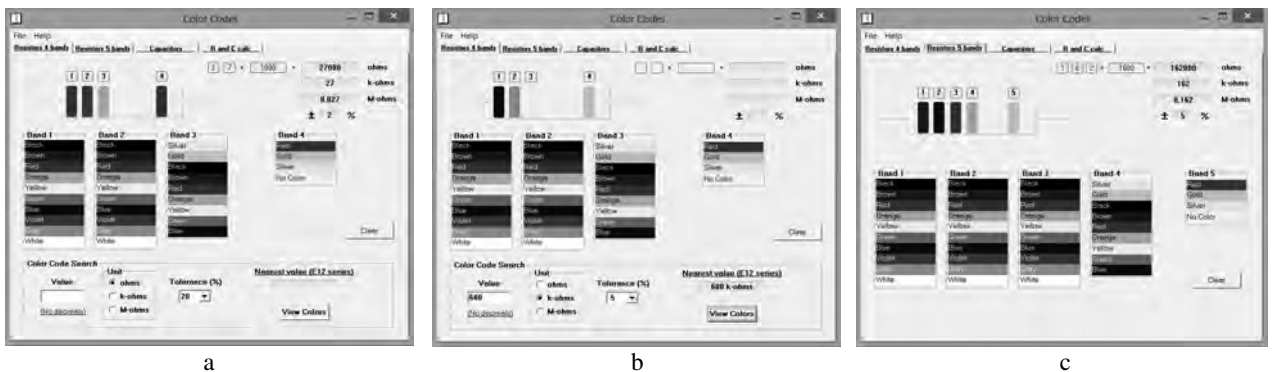


Fig. 3.103 - Esempio di software per la decodifica di un resistore (Color Codes): a) Per resistori a 4 bande e decodifica mediante l'impostazione dei colori - b) Per resistori a 4 bande e decodifica mediante l'impostazione del valore numerico - c) Per resistori a 5 bande con decodifica mediante l'impostazione dei colori.

Appositi software di facile utilizzo reperibili su Internet (Color Codes), come riportato nella fig. 3.103, possono facilitare la decodifica dei resistori.

Come è noto quando una corrente attraversa un resistore questi si riscalda per effetto Joule ($P = R \cdot I^2$), un riscaldamento eccessivo può deteriorare irreparabilmente le proprietà fisiche e tecnologiche del dispositivo; è necessario quindi che il calore prodotto venga trasmesso all'ambiente. Ciò può essere ottenuto, per esempio, aumentando la superficie del resistore.

Quindi, con il termine **potenza nominale** dei resistori P_n si intende la potenza che la resistenza può sviluppare senza danneggiarsi.

La potenza dissipabile diminuisce se il resistore viene posto a una temperatura ambiente più alta, viceversa una temperatura ambiente più bassa aumenta la potenza dissipabile in quanto migliora lo scambio termico con l'ambiente.

Valori normali della temperatura ambiente di riferimento sono 40 °C e 70 °C. I costruttori forniscono la caratteristica potenza-temperatura ambiente, chiamata anche curva di derating, che rappresenta l'andamento della potenza massima dissipabile, espressa in percentuale rispetto a quella nominale, in funzione della temperatura ambiente.

Nella fig. 3.104, è possibile osservare che un resistore può dissipare l'intera potenza nominale (100%) quando la temperatura ambiente non supera i 70 °C. Se la temperatura ambiente aumenta, si deve utilizzare il resistore in modo che debba dissipare una potenza sempre più piccola; per esempio, a 150 °C si scende a circa il 55% della potenza nominale, mentre al valore limite di 250 °C, la potenza dissipabile è nulla e, in pratica, il resistore non deve essere attraversato da corrente. Sempre nel diagramma di fig. 3.104, è possibile notare che, se la potenza dissipata arriva al 125% di quella nominale, la temperatura ambiente massima ammissibile si riduce a 25 °C.

I valori nominali delle potenze dissipabili dai resistori sono standardizzati come segue: 0,25 W, 0,5 W, 1 W, 2 W e 5 W, fino ad arrivare nei grandi resistori a filo a 100 W. In genere, il valore di potenza dissipabile viene fornito per una determinata temperatura ambiente, per esempio a 40 °C.

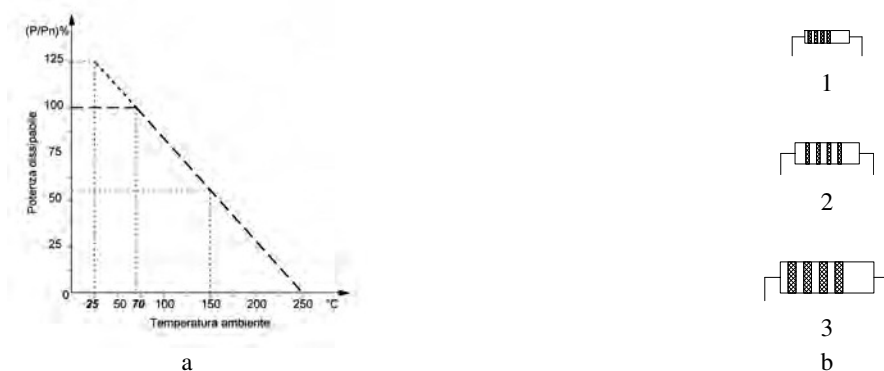


Fig. 3.104 - a) Caratteristica potenza-temperatura di un resistore (Krah) - b) Esempi di resistori ad impasto di piccola potenza: 1) da 0,25 W - 2) da 0,5 W - 3) da 1 W.

La **tensione nominale** applicabile a un resistore U_n , ovvero il massimo valore della differenza di potenziale che è possibile applicare ai terminali del dispositivo, è legata alla potenza massima nominale dissipabile P_n .

In altre parole maggiore è la tensione applicata più alta è la potenza dissipata, sarà quindi necessario non superare U_n al fine di non superare il valore massimo di potenza che il resistore è in grado di dissipare.

Il valore della tensione nominale si ricava dalla seguente relazione:

$$U_n = \sqrt{P_n \cdot R_n}$$

Per esempio un resistore da 2 W e 100 Ω avrà una tensione nominale $U_n = 14,14$ V e tale valore rappresenta la caduta di tensione ai capi del componente durante il funzionamento nelle condizioni nominali.

La tensione massima di funzionamento applicabile a un resistore dipende dalle caratteristiche del componente e dalla temperatura ambiente.

Conoscendo P_n e R_n di un resistore, è possibile determinare anche la **corrente nominale** I_n mediante la seguente relazione:

$$I_n = \sqrt{\frac{P_n}{R_n}}$$

Per esempio il resistore, citato nell'esempio precedente, da 2 W e 100 Ω avrà una corrente nominale $I_n = 0,14$ A, valore che non deve essere superato durante il normale funzionamento.

Il **coefficiente di temperatura TC** (Temperature Coefficient) infine esprime la variazione in positivo o in negativo del valore nominale del resistore, rispettivamente all'aumentare o al diminuire della temperatura del dispositivo di un grado centigrado.

Se, per esempio, un resistore ha un valore nominale di $1\text{ M}\Omega$ e ha un coefficiente di temperatura di ± 50 parti per milione per ogni grado centigrado ($\text{ppm}/^\circ\text{C}$) il suo valore aumenterà o diminuirà di $50\ \Omega$ rispettivamente all'aumentare o al diminuire di $1\ ^\circ\text{C}$ del dispositivo. In alcuni resistori il valore di TC viene indicato mediante una banda di colore, come viene mostrato nella tab. 3.27.

I resistori si differenziano a seconda della tecnologia con cui sono realizzati, possono essere del tipo a filo metallico (resistori a filo), ad impasto e a strato. Oltre a ciò variano anche i materiali di rivestimento esterno isolante, tra i quali ci sono la lacca, lo smalto, le resine al silicone e le resine vetrificate.

Sono caratterizzati da due terminali (reofori) che servono per collegare l'elemento resistivo con l'esterno, sono in genere realizzati mediante metalli aventi una discreta duttilità e malleabilità.

I **resistori a filo** sono, in genere, realizzati mediante l'uso di leghe di rame-nichel, nichel-rame-ferro, nichel-cromo, nichel-cromo-alluminio sotto forma di un filo avvolto a elica su di un supporto isolante in ceramica (v. fig. 3.105b) o bakelite e protetto da un rivestimento esterno realizzato mediante lacche o smalti vetrosi (v. fig. 3.105a).

Il rivestimento esterno, può anche mancare, al fine di smaltire meglio il calore, ed essere sostituito semplicemente dall'ossido che ricopre il conduttore oppure può esserci un dissipatore (in alluminio) come mostrato nella fig. 3.105c.

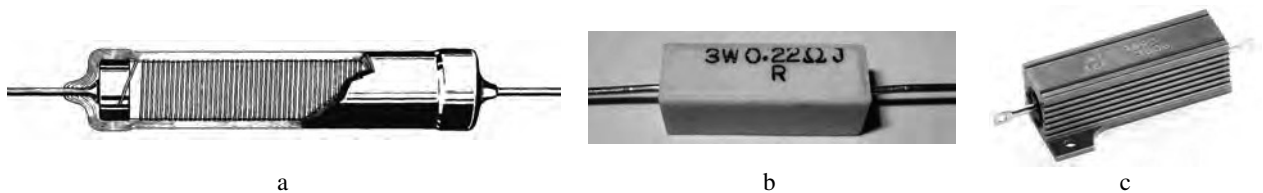


Fig. 3.105 - a) Esempio di struttura interna di un resistore a filo - b) Resistore a filo con rivestimento in ceramica da $0,22\ \Omega \pm 5\%$ e potenza nominale da 3 W - c) Resistore a filo da $15\ \Omega \pm 1\%$ con dissipatore di alluminio da 10 W a 250 W .

Generalmente vengono suddivisi in tre categorie:

- 1) resistori a filo smaltati per potenze medie e alte, da 10 W a 100 W ;
- 2) resistori a filo cementati per potenze da 2 W a 20 W ;
- 3) resistori a filo di precisione per potenze da $0,25\text{ W}$ a 2 W .

I resistori a filo (v. fig. 3.106) vengono impiegati anche per dissipare potenze rilevanti, cosa possibile poiché ammettono temperature di lavoro assai più elevate di tutti gli altri tipi.



Fig. 3.106 - Esempio di resistore a filo di potenza.

Questi tipi di resistori sono particolarmente resistenti all'invecchiamento, sono poco sensibili al sovraccarico, hanno una buona precisione (dell'ordine dello $0,001\%$), sono utilizzabili per la costruzione di strumenti di misura e apparecchiature professionali nonché di resistenze campione.

I **resistori ad impasto** sono realizzati con polvere di carbone o grafite e resine sintetiche mescolate a materiale inerte, come per esempio il talco, in percentuali diverse a seconda del valore della resistenza che si vuole ottenere.

Resistore di potenza costituito da un telaio in acciaio inox portante, e da inserti isolatori in ceramica (con un elevato grado di isolamento) su cui è avvolto il filo resistivo in grado di sopportare alte temperature senza subire alterazioni o danni. Data la loro forma piatta sono adatti a essere assemblati in gruppi di più elementi.

Vengono utilizzati per la trazione elettrica, nell'avviamento e regolazione di grossi motori, nella frenatura elettrica e nei sistemi di carico per gruppi elettrogeni, banchi prova, soppressori di armoniche e per la messa a terra del centro stella. Caratteristiche elettriche:

- potenza: da 850 W a 1650 W ;
- valore della resistenza: da $1\ \Omega$ a $200\ \Omega$;
- tensione massima applicabile: 1000 V ;
- tolleranza standard: $\pm 5\%$;
- coefficiente di temperatura $\leq 100\text{ ppm}/^\circ\text{C}$;
- temperature limite d'impiego $-55\ ^\circ\text{C} / +500\ ^\circ\text{C}$ (max. $800\ ^\circ\text{C}$).

La potenza nominale P_n è considerata per resistore posto con il lato più lungo orizzontalmente e con il lato più corto verticalmente, a libera circolazione d'aria, con temperatura ambiente di $25\ ^\circ\text{C}$. Con ventilazione forzata la potenza nominale dissipabile dal resistore aumenta in funzione della velocità dell'aria.

Il dispositivo è costituito da un piccolo cilindretto al quale vengono applicati i terminali e che è ricoperto da una custodia isolante di ceramica o di bakelite, protetto con una lacca isolante.

Possiedono una buona robustezza meccanica, un basso costo e un ottimo comportamento alle alte frequenze; presentano però lo svantaggio di una scarsa precisione a causa della disomogeneità che si viene a creare nell'impasto che li costituisce.

Questi tipi di resistori sono i più impiegati e consentono normalmente una buona dissipazione del calore (1/4 W, 1/2 W, 1 W, 2 W), anche se inferiore ai corrispondenti tipi a filo. I valori nominali di resistenza possono variare dall'ordine dell'ohm a circa 100 M Ω e le tolleranze da $\pm 5\%$ a $\pm 20\%$.

I **resistori a strato (film) sottile** sono realizzati mediante un supporto in ceramica o vetro sul quale viene spiralizzato, nel corso di un processo di deposito mediante evaporazione, con un sottilissimo strato (film) di materiale isolante.

La spiralizzazione, il cui scopo è quello di aumentare il percorso della corrente nello strato conduttore sino a ottenere il desiderato valore di resistenza, avviene mediante tracciamento di solchi elicoidali dello spessore di alcuni micron. Successivamente, dopo aver depositato il film, si procede alla ricopertura dello stesso mediante lacca silicica e quindi alla realizzazione del rivestimento esterno.

I materiali conduttori impiegati sono: leghe nichel-cromo o, in alcuni casi, oro e platino; lo strato ceramico è di alluminio. Questi resistori sono caratterizzati da una notevole precisione e il loro campo di applicazione è compreso tra 1 Ω e 10 M Ω con tolleranze dello 0,5%, 1% e 2%.

Resistori a film sottile di minor precisione vengono realizzati impiegando come materiale conduttore, in alternativa a quelli precedentemente indicati, il carbone o alcuni ossidi metallici (ossido di stagno o di rutenio); in questi casi le tolleranze non sono mai inferiori all'1% e possono raggiungere anche il 20%.

I **resistori a strato metallico** sono simili al tipo a film sottile, si differenziano per lo spessore dell'elemento resistivo che può essere di qualche centinaio di micron. Sono reperibili in commercio i seguenti tipi.

- **Cermet.** L'elemento costruttivo viene realizzato con ossidi di metalli nobili; sono caratterizzati dall'aver una buona risposta alle alte frequenze e dal poter lavorare a temperature elevate (fino a 160 °C) e con alti valori di tensione. I valori ohmici nominali vanno da 2-3 Ω a circa 3 G Ω .
- **Metal glaze.** L'elemento conduttivo è formato da una polvere di vetro e metallo, generalmente palladio, titanio o argento. Sono impiegati quando è necessario avere uno smaltimento di calore molto elevato.
- **Film a carbone.** L'elemento conduttivo è costituito da uno strato spiralizzato di carbone dello spessore di circa 100 μm .

In generale i resistori a strato sono prodotti sia per piccole potenze (fino a 1-2 W) sia per medie potenze (fino a 15-20 W) e con diversi valori della tolleranza; per i resistori di alta precisione si può arrivare anche allo 0,001%. Per potenze maggiori (fino a 200 W) si ricorre a dissipatori di calore.

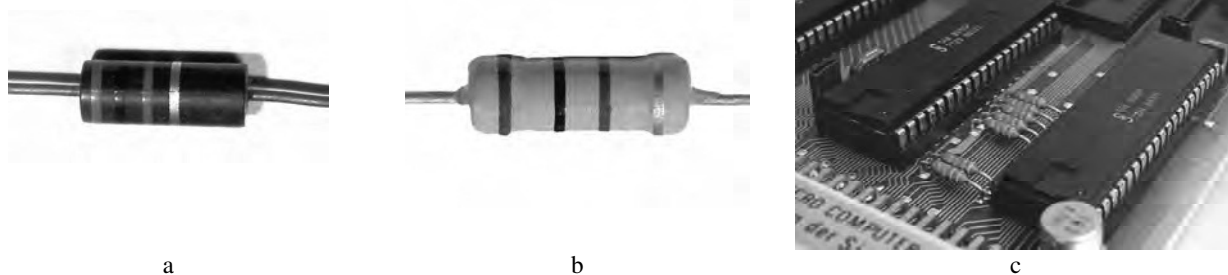


Fig. 3.107 - a) Aspetto esterno di un resistore a impasto - b) Aspetto esterno di resistori a strato metallico - c) Esempio di applicazione di resistori (ne sono presenti 7) in un circuito stampato.

In commercio sono disponibili dei componenti passivi denominati reti resistive (v. fig. 3.108a). Essi contengono un gruppo di resistenze, indipendenti oppure collegate tra di loro secondo particolari configurazioni (v. fig. 3.108b) utilizzate abitualmente in particolare nelle schede elettroniche digitali dove si utilizzano circuiti integrati.

Il loro uso consente di semplificare e velocizzare le operazioni di montaggio della scheda elettronica consentendo, inoltre, di sfruttare al meglio lo spazio disponibile (v. fig. 3.108c). Normalmente i vari resistori, contenuti nel componente, hanno lo stesso valore di resistenza, tolleranza e il medesimo comportamento termico.

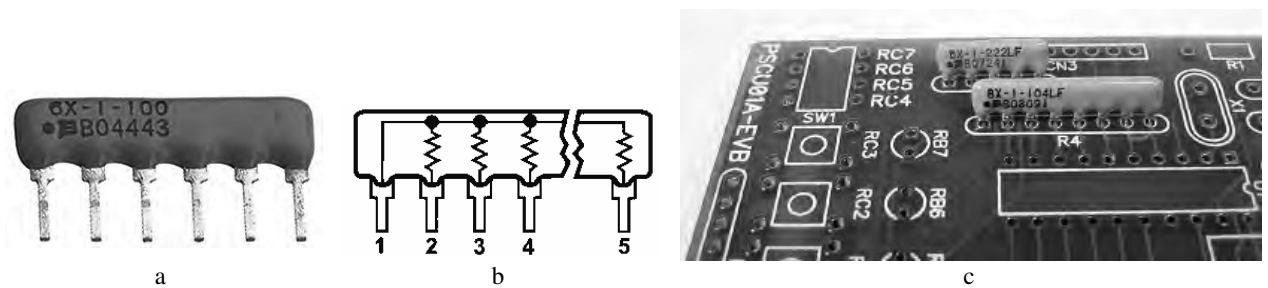


Fig. 3.108 - a) Aspetto esterno di una rete resistiva - b) Esempio di collegamento interno dei resistori di una rete resistiva - c) Esempio di reti resistive montate su di un circuito stampato.

Potenziometri e trimmer. I resistori descritti precedentemente sono denominati **resistori fissi** in quanto hanno un valore nominale definito, altri tipi, il cui valore può essere cambiato, vengono chiamati **resistori variabili**.

Al secondo tipo appartengono quei resistori per i quali il valore della resistenza si può regolare con l'aiuto di un cursore o di prese o morsetti mobili intermedi: sono denominati resistori-potenziometrici o più brevemente potenziometri.

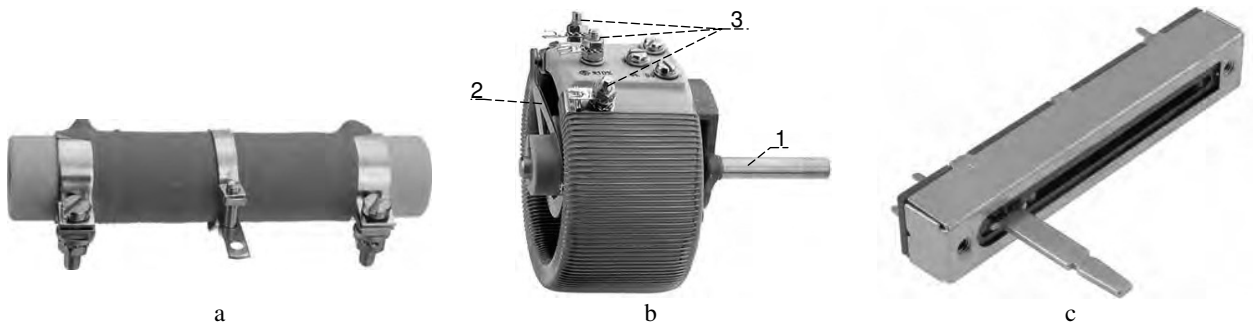


Fig. 3.109 - a) Esempio di resistore a filo di potenza; si noti il morsetto centrale la cui posizione, regolabile rispetto ai morsetti posti alle estremità, consente di modificare il valore della resistenza tra il morsetto mobile e i due fissi - b) Esempio di potenziometro a filo. Si notino: (1) albero di comando manuale la cui rotazione determina lo spostamento del (2) contatto strisciante (cursore), (3) morsetti per i collegamenti elettrici, in particolare quello centrale è collegato al cursore, mentre gli altri due sono collegati alle estremità del resistore a filo - c) Potenziometro a slitta (slider).

I potenziometri a filo hanno normalmente una resistenza variabile da una decina di ohm fino ad alcune decine di migliaia di ohm (con una variazione lineare) e sono adatti per potenze da 5 W a 50 W, mentre i tipi a grafite, economici e molto diffusi, possono raggiungere alcuni megaohm (con una variazione lineare, tipo A, o logaritmica, tipo B) e con potenze che variano da 0,1 W a 0,5 W.

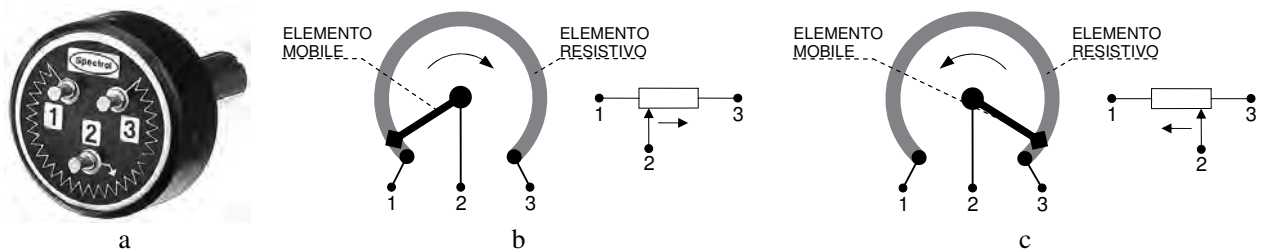


Fig. 3.110 - a) Esempio di potenziometro a filo. Il dispositivo presenta tre terminali, in particolare 1 e 3 fanno capo ai morsetti posti all'estremità del resistore, mentre il 2 risulta collegato al contatto mobile. Principio di funzionamento di un potenziometro rotativo (a carbone), quando l'elemento mobile si muove, la resistenza tra il terminale centrale 2 e i terminali 1 e 3 cambia - b) In senso orario: la resistenza tra il terminale 2 e 1 aumenta, mentre la resistenza tra il terminale 2 e 3 diminuisce - c) In senso antiorario: la resistenza tra il terminale 2 e 1 diminuisce, mentre la resistenza tra il terminale 2 e 3 aumenta.

Il principio su cui si basa un resistore variabile a filo è legato ai tre parametri (resistività ρ , lunghezza l , sezione S) da cui dipende la resistenza di un conduttore a una determinata temperatura.

Pertanto volendo ottenere un resistore di valore variabile, mediante un'opportuna manovra, sarebbe necessario far variare almeno uno dei tre parametri suddetti.

In pratica non essendo agevole variare ρ (resistenza specifica) ed S (sezione del conduttore), conviene far variare l ovvero la lunghezza del conduttore incluso nel circuito.

Il sistema più usato è quello di variare l o mediante un contatto strisciante con un movimento lineare per esempio nei reostati a cursore (v. fig. 3.111a), oppure nei potenziometri a slitta (v. fig. 3.109c) oppure con un movimento di tipo rotativo o suddividendo la lunghezza totale del conduttore in tante parti (sezioni) da includere o escludere progressivamente mediante un apposita manovella; nella fig. 3.109b e nella fig. 3.110a sono mostrati alcuni tipi di resistori variabili a filo di tipo rotativo.

Lo stesso principio, mostrato nelle fig. 3.111b e fig. 3.111c, viene utilizzato anche nei potenziometri rotativi a grafite dove al posto del filo viene usato uno strato di grafite su di un supporto isolante.

I potenziometri possono avere come elemento resistivo anche la plastica conduttiva che ha caratteristiche simili alla grafite e anche elementi sinterizzati di materiali ceramici e metallici (cermet) che permettono di realizzare potenziometri di buona qualità, con potenze da 0,25 W fino a 2 W.

Con il termine potenziometri di compensazione o trimmer potenziometrici si intendono resistori che con l'aiuto di un utensile (un giravite) possono essere regolati; sono in genere di piccole dimensioni e vengono utilizzati nei circuiti elettronici in fase di collaudo o di taratura dell'apparecchiatura, nella fig. 3.108b e fig. 3.108c ne vengono mostrati alcuni tipi.

Presentano normalmente un valore che può variare tra un centinaio di ohm e alcuni megaohm, con una potenza dissipabile piuttosto piccola dell'ordine dei 100 mW a una temperatura di 40 °C.

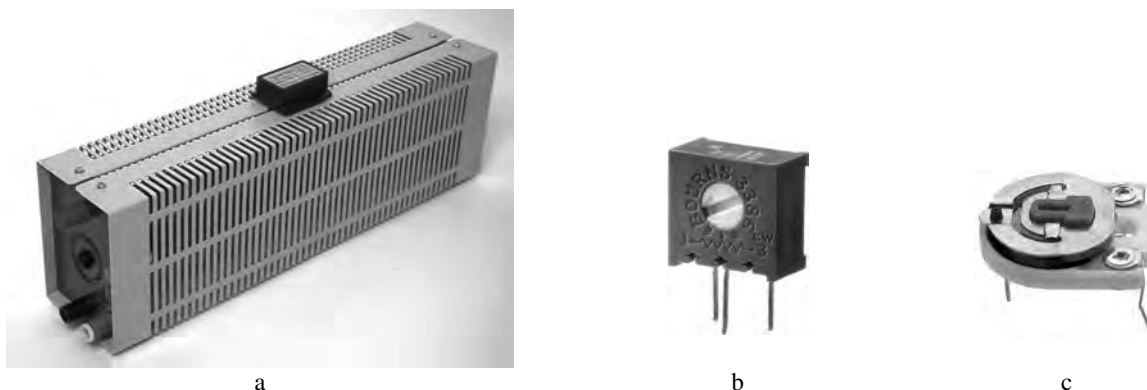


Fig. 3.111 - a) Esempio di reostato lineare a cursore; si notino in basso all'estremità le boccole per i collegamenti elettrici e al centro in alto il cursore con cui è possibile variare la resistenza - b) - c) Esempi di potenziometri di compensazione o trimmer potenziometrici con i terminali a saldare per circuito stampato e regolazione mediante cacciavite, nel tipo b) si può notare lo schema di collegamento stampigliato sul contenitore del dispositivo e la fessura per l'inserimento del giravite di regolazione presente, quest'ultima, anche nel tipo c) a strato di grafite.

Al fine di migliorarne la sensibilità i potenziometri rotativi sono disponibili anche nella versione multigiro, in modo che a una certa variazione della resistenza corrisponda uno spostamento angolare maggiore rispetto ai modelli a singolo giro, in cui la rotazione normalmente è limitata a circa 270°.

Per quanto riguarda i collegamenti, vale la pena osservare, come mostrato nella fig. 3.112, il segno grafico del potenziometro con i suoi contatti fissi (1 e 3) e il cursore (2); R è la resistenza di tutto l'elemento tra i contatti 1 e 3, mentre r indica il valore della resistenza tra i morsetti 2 e 3, dipendente dalla posizione del cursore; il collegamento del potenziometro può avvenire in due modi:

- 1) collegamento in serie (v. fig. 3.112b), usato quando occorre regolare la corrente in un circuito; in questo caso la resistenza inserita $R-r$ varia in relazione alla posizione del cursore, da 0 (cursore sul morsetto 1) al valore massimo R (cursore sul morsetto 3); in questo caso si dice che il dispositivo ha la funzione di reostato, funzione che consente di variare la corrente I che attraversa il circuito;
- 2) collegamento in derivazione (v. fig. 3.112c), viene utilizzato per la regolazione potenziometrica della tensione; la resistenza r sull'uscita varia da 0 (cursore sul morsetto 3) al valore massimo (cursore sul morsetto 1), in questo caso il potenziometro si comporta come partitore di tensione (variando la tensione U_2 da 0 fino al valore massimo U_1).

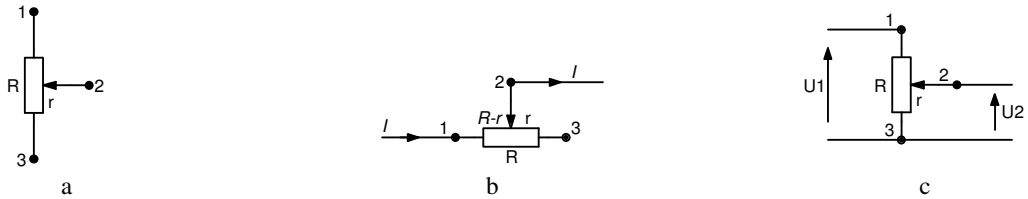


Fig. 3.112 - Potenziometro: a) Segno grafico - b) Collegamento in serie - c) Collegamento in derivazione.

Il segno grafico dei resistori nei circuiti elettrici. Le norme CEI prevedono, come per ogni altra apparecchiatura o dispositivo elettrico o elettronico, un apposito segno grafico; di seguito, nella fig. 3.113 ne vengono riportati alcuni tra i più importanti a seconda dei tipi di resistore.



Fig. 3.113 - Segni grafici secondo le norme CEI 3-16: a) Resistore fisso, segno generale - b) Resistore con prese fisse intermedie, (con due prese fisse) - c) Resistore variabile - d) Potenziometro con contatto mobile - e) Potenziometro di compensazione o trimmer potenziometrico - f) Resistore visto come elemento riscaldante (resistenza di un forno elettrico, stufe elettriche, ferri da stiro, scaldabagni, ecc.).

Il segno grafico della resistenza in uno schema elettrico può assumere due diversi significati: può indicare la resistenza distribuita su tutto il conduttore di collegamento (in una linea elettrica) oppure la presenza di un resistore in un punto del circuito (un utilizzatore come un forno elettrico).

Nella fig. 3.114 viene mostrato un circuito costituito da un generatore G_1 , avente una resistenza interna R_i , collegato mediante una linea elettrica avente una resistenza $R_{l/2}$ distribuita sui due tratti di linea che collegano i morsetti del generatore con l'utilizzatore (lampada ad incandescenza) di valore R_l .

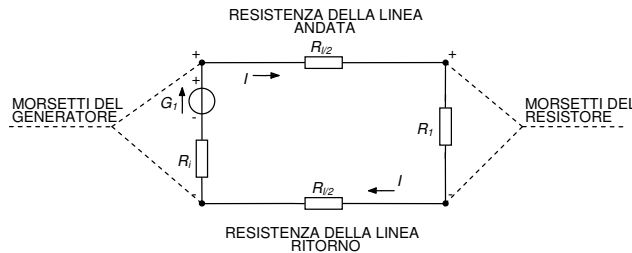


Fig. 3.114 - Esempio di circuito elettrico dove è presente un generatore G_1 con la propria resistenza interna R_i , la resistenza della linea di andata $R_{l/2}$, il resistore dell'utilizzatore R_l e infine la resistenza del conduttore di ritorno $R_{l/2}$.

Se in un tratto di circuito non è presente il segno grafico del resistore significa che in quella parte di circuito la resistenza ha valori trascurabili in confronto a quella presente in altre parti.

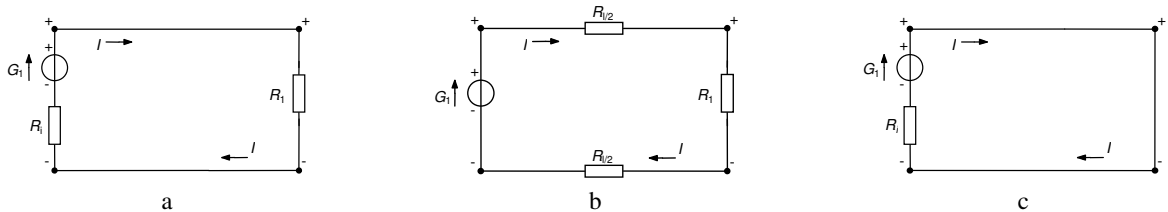


Fig. 3.115 - Esempi di circuiti elettrici ottenuti modificando il circuito di fig. 3.114: a) Circuito senza resistenza di linea R_l - b) Circuito senza la resistenza interna R_i del generatore G_1 (generatore ideale) - c) Circuito senza resistenza di linea R_l e senza il resistore R_l (generatore cortocircuitato).

Esempi di quanto detto precedentemente è possibile ottenerli partendo dalla fig. 3.114, infatti nella fig. 3.115a viene mostrato un circuito dove è trascurabile la resistenza di linea, nella fig. 3.115b dove è trascurabile la resistenza interna e in questo caso si parla di **generatore ideale** infine nella fig. 3.115c dove è trascurabile sia la resistenza della linea che quella dell'utilizzatore e allora si parla di **generatore cortocircuitato**.

Resistenze non lineari: termoresistenze, termistori, varistori, fotoresistori e magnetoresistori. Nel campo dell'automazione vengono utilizzate sia le termoresistenze che i termistori che sfruttando la loro variazione di resistenza elettrica, al variare della temperatura, consentono di misurare la temperatura (termometri a resistenza) oppure vengono utilizzati come trasduttori in cui la variazione di resistenza viene trasformata in una variazione di tensione proporzionale alla variazione di temperatura e, infine, possono essere utilizzati nei sistemi di protezione (dei motori elettrici) e per il controllo della temperatura. Le **termoresistenze**, chiamate anche **RDT** (Resistance Temperature Detector), sono componenti che sfruttano la variazione della resistenza di alcuni materiali al variare della temperatura (v. fig. 3.117a). In particolare, per i metalli esiste una relazione lineare che lega resistività e quindi la resistenza con la temperatura, il valore della resistenza R_T del componente alla temperatura T vale:

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

dove R_0 rappresenta la resistenza alla temperatura T_0 di riferimento (in genere 0°C) e α rappresenta il coefficiente di temperatura del materiale ($\alpha > 0$) con cui è realizzata la termoresistenza (platino, nichel) misurato alla temperatura di riferimento. In altre parole, con la precedente relazione è possibile risalire alla temperatura da una misura di resistenza. Esistono in commercio diversi tipi di termoresistenza, generalmente abbastanza resistenti agli agenti corrosivi, che possono misurare temperature in un buon intervallo di temperatura (anche se inferiore a quello delle termocoppie) compreso tra -200°C e $+750^\circ\text{C}$ e che soprattutto hanno un'ottima linearità.

Molto diffuse sono le cosiddette Pt100 e Pt1000, ovvero termoresistenze in platino (Pt), in cui la resistenza alla temperatura di 0°C è pari rispettivamente a $100\ \Omega$ e $1000\ \Omega$.

Esistono due categorie di termoresistenze al platino: le termoresistenze a filo (citate in precedenza) e le termoresistenze a film sottile. Le termoresistenze a film si realizzano deponendo, sottovuoto, un sottilissimo strato di platino su un substrato di ceramica (tipicamente di forma rettangolare di $2 \times 5\ \text{mm}$). Dopo aver fissato i terminali per il collegamento elettrico esterno, si effettua una taratura del valore del dispositivo al laser.

Per tutti i tipi di termoresistenze, un parametro tipico è il TCR (Temperature Coefficient of Resistance) che indica la variazione media per grado centigrado del valore della resistenza fra gli 0°C e i 100°C . Tale parametro può essere espresso con la seguente formula:

$$TCR = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100}$$

Il valore del TCR viene indicato con α perché coincide con il coefficiente dell'equazione che esprime R in funzione della temperatura. Un valore più alto di TCR indica una maggiore sensibilità dovuta a una più grande purezza del platino usato. In pratica il TCR viene usato per distinguere fra le varie curve resistenza/temperatura disponibili per le termoresistenze al platino, per le quali i valori variano da $0,00375^\circ\text{C}^{-1}$ a $0,003928^\circ\text{C}^{-1}$.



Fig. 3.116 - a) Esempi di termoresistenze. A destra l'elemento sensibile alla temperatura e a sinistra il cavo di collegamento - b) Andamento del rapporto R/R_0 tra la resistenza a una certa temperatura e quella nominale a 0°C .

Le norme prescrivono per le Pt100 un TCR di $0,00385^\circ\text{C}^{-1}$. Nella fig. 3.117b viene riportato il grafico che rappresenta la resistenza in funzione della temperatura delle termoresistenze realizzate con il platino (Pt), il nichel (Ni) e il tungsteno (W).

Le formule presentate sono valide per i metalli e le leghe metalliche in cui la resistenza varia in modo proporzionale (lineare) con la temperatura e il coefficiente α si mantiene sempre positivo.

Esistono sostanze che si ottengono mescolando ossidi metallici (di ferro, nichel, tungsteno, manganese, ecc.), il cui valore di resistenza varia con la temperatura in modo notevole e non proporzionale alla temperatura.

Tali sostanze possono presentare un coefficiente di temperatura positivo, ovvero la resistenza aumenta con l'aumentare della temperatura oppure un coefficiente di temperatura negativo e quindi la resistenza diminuisce con l'aumentare della temperatura; tali sostanze consentono di realizzare i cosiddetti **termistori**.

In particolare i termistori contraddistinti con la sigla NTC (Negative Temperature Coefficient) hanno il coefficiente α negativo, mentre quelli contraddistinti dalla sigla PTC (Positive Temperature Coefficient) hanno il coefficiente α positivo.

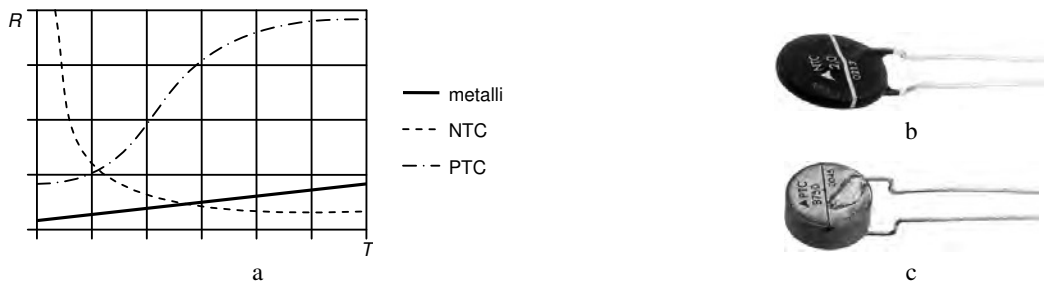


Fig. 3.117 - a) Variazione della resistenza R al variare della temperatura T nei metalli, nei termistori NTC e nei termistori PTC - b) Termistore NTC - c) Termistore PTC.

I principali parametri che caratterizzano questi componenti sono:

- **resistenza a potenza zero:** rappresenta il valore della resistenza del componente attraversato da corrente continua, quando la potenza dissipata, per effetto Joule, è di un valore tale da non determinare variazioni di resistenza entro lo 0,1%;
- **resistenza nominale:** rappresenta il valore della resistenza a potenza zero misurata alla temperatura di 25 °C con una tolleranza $\pm 0,1$ °C;
- **coefficiente di temperatura:** questo parametro non è costante, ma è possibile ricavarlo dalla curva caratteristica del componente fornita dal produttore;
- **campo di temperatura:** in genere questo valore varia da -40 °C a + 300 °C;
- **potenza massima dissipabile:** anche questo parametro dipende dal componente ed è ricavabile dai cataloghi;
- **caratteristica resistenza-temperatura:** normalmente viene riportata in un diagramma cartesiano che riporta il valore della resistenza al variare della temperatura.

Gli andamenti delle caratteristiche resistenza-temperatura di alcuni NTC e PTC sono riportati rispettivamente nella fig. 3.118a e fig. 3.118b, nei diagrammi vengono rappresentati i valori della resistenza R in funzione della temperatura espressa in gradi centigradi.

In particolare è possibile notare nella fig. 3.118b che l'aumento di resistenza del PTC risulta molto accentuato nel tratto ascendente della curva che si sviluppa intorno alla temperatura di riferimento T_{REF} a cui corrisponde un coefficiente di temperatura di valore molto alto. La resistenza aumenta, in questo tratto, fino al 35% per grado centigrado. Il valore della temperatura di riferimento T_{REF} varia, a seconda delle applicazioni, da 90 °C a 190 °C e normalmente il componente viene utilizzato nell'intervallo di linearità intorno a tale valore (nel tipo P430-C13 il valore di $T_{REF} = 170$ °C).

I termistori sono dispositivi che trovano largo impiego dove si vuole avere una elevata variazione di resistenza con la temperatura; vengono usati per esempio per realizzare termometri elettrici, in particolare i termistori PTC vengono usati nei dispositivi di protezione delle macchine elettriche contro temperature anormali che si possono verificare per esempio in caso di sovraccarico di un motore asincrono. In alcune situazioni particolari dove il cortocircuito o il sovraccarico possono essere frequenti e nella norma, per evitare di sostituire frequentemente i fusibili, si utilizzano i termistori PTC in grado di ripristinarsi automaticamente al cessare della causa che ha determinato la sovracorrente, quando il componente si è raffreddato. In pratica, il termistore PTC al superamento di un determinato valore di corrente, ha un aumento di temperatura, per effetto Joule, aumento di temperatura che a sua volta determina un aumento di resistenza, che a sua volta causa un ulteriore aumento dell'effetto Joule e così via, con effetto valanga.

Quando il valore della resistenza del PTC ha raggiunto un elevato valore, la sovracorrente viene in pratica interrotta.

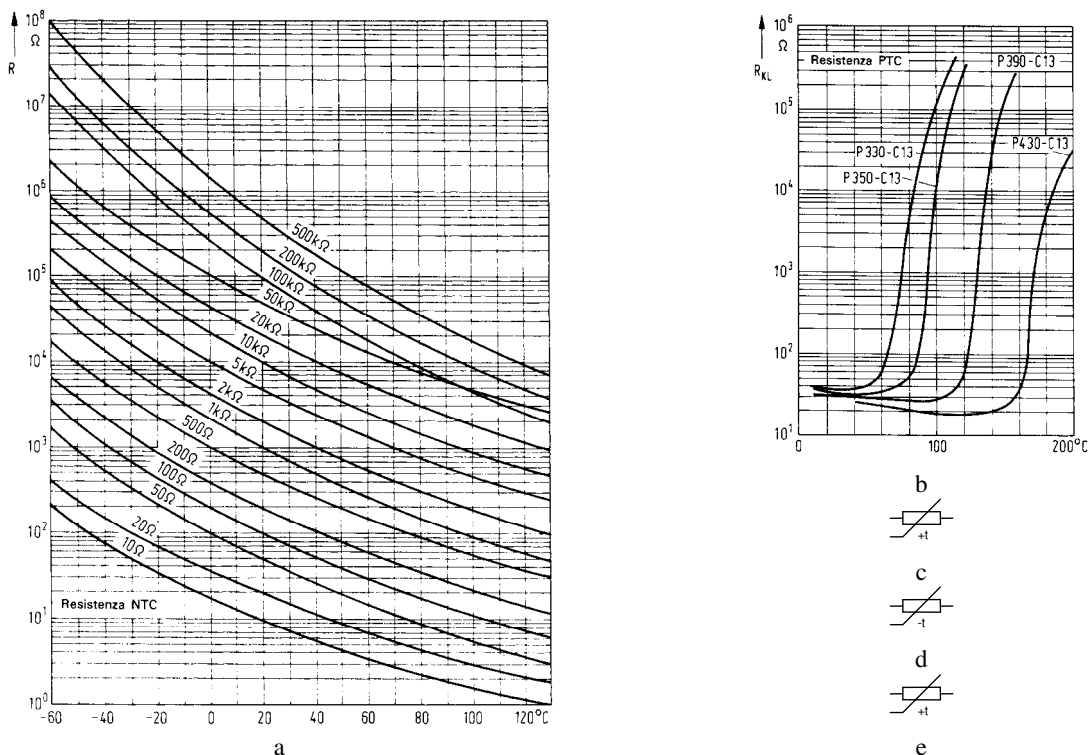


Fig. 3.118 - Variazione della resistenza R al variare della temperatura (in gradi centigradi) di alcuni tipi di termistori commerciali: a) NTC - b) PTC (Siemens) - c) Segno grafico delle termoresistenze (RDT) - d) Segno grafico dei termistori NTC (-t) - e) Segno grafico dei termistori PTC (+t).

In effetti il suo funzionamento è nettamente diverso dai normali fusibili, in quanto non si ha in questo caso un filo che fonde, ma la sua resistenza, normalmente molto bassa, diventa molto alta in caso di sovracorrente, di fatto interrompendola.

Questi componenti, come altri componenti elettronici come resistori, condensatori, induttori, ecc., possono essere del tipo SMD (Surface Mounting Device) utilizzabili nella tecnologia a montaggio superficiale SMT (Surface Mount Technology), che è una tecnica utilizzata in elettronica per l'assemblaggio di un circuito stampato e che prevede l'applicazione dei componenti elettronici sulla sua superficie senza la necessità di praticare dei fori come invece richiesto nella tecnica classica.

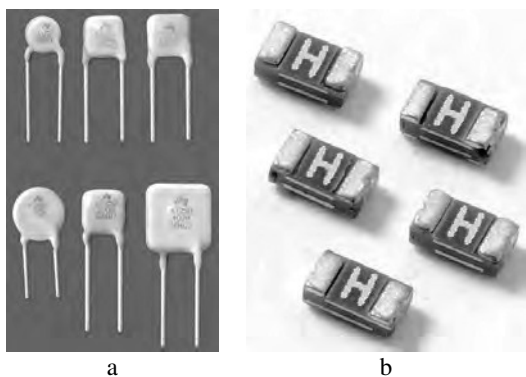


Fig. 3.119 - a) Termistori PTC dotati di due terminali adatti per il montaggio su circuito stampato - b) Termistori PTC del tipo SMD adatti per il montaggio su circuito stampato a montaggio superficiale (SMT) - c) Caratteristiche dei fusibili autoripristinanti più diffusi a termistore PTC.

I tipi più diffusi in commercio sono sei:
 RUSB per tensioni fino a 6 V, con correnti d'intervento tra 1 A e 4 A
 RGE per tensioni fino a 16 V, con correnti d'intervento tra 5 A e 24 A
 RUE per tensioni fino a 30 V, con corrente d'intervento tra 1,8 A e 18 A
 RXE per tensioni fino a 60 V, con corrente d'intervento tra 100 mA e 8 A
 TR250 per tensioni alternate fino a 250 V, con correnti d'intervento tra 100 mA e 300 mA
 TR600 per tensioni alternate fino a 600 V, con correnti d'intervento tra 100 mA e 300 mA
 Il codice stampato sul corpo di questi fusibili comprende una sigla iniziale corrispondente a una delle sei appena elencate, seguito da un codice che indica il valore di corrente massima, oltrepassato il quale, il fusibile inizia ad alzare il suo valore di resistenza.
 Tale valore è indicato sempre in tre cifre, sottintendendo la prima cifra come unità di Ampere.
 Quindi, per esempio:
 RXE005 è stampato su un fusibile da 60 V 50 mA (005 significa 0,05 A)
 RXE050 è stampato su un fusibile da 60 V 500 mA (050 significa 0,50 A)
 RXE300 è stampato su un fusibile da 60 V 3 A (300 significa 3,00 A)
 TR250-145 è stampato su un fusibile da 250 V 145 mA
 TR600-160 è stampato su un fusibile da 250 V 160 mA

I termistori NTC vengono utilizzati, sfruttando la loro caratteristica resistenza-temperatura, per i controlli di processo basati sulla misura della resistenza per determinare la temperatura oppure per il controllo o la compensazione delle temperature ambientali (anche all'interno di quadri elettrici o strumenti di misura).

I termistori NTC possono inoltre essere utilizzati per realizzare trasduttori (manometri, livello di liquidi, ecc.) basati sul variare della costante di dissipazione tramite la conducibilità termica del mezzo, il moto relativo o il trasferimento di calore dal termistore all'ambiente.

Termoresistenze (RDT)	
Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> • Lineari su un'ampia gamma di funzionamento • Ampia gamma di temperature di funzionamento • Funzionamento anche a temperature elevate • Elevata intercambiabilità • Migliore stabilità alle temperature elevate 	<ul style="list-style-type: none"> • Bassa sensibilità • Costo più elevato • Assenza di rilevazione puntuale • Sensibilità ad urti e vibrazioni • Richiedono 3 o 4 conduttori • Possono essere influenzate dalla resistenza di contatto
Termistori	
Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> • Risposta veloce • Piccole dimensioni • L'elevata resistenza elimina la maggior parte dei problemi derivati dalla resistenza dei terminali • Robustezza meccanica contro urti e vibrazioni • Costo più basso 	<ul style="list-style-type: none"> • Non lineare • Intervallo di temperatura limitato per il singolo componente • Intercambiabilità limitata

Tab. 3.30 - Confronto di prestazioni tra termoresistenze (RDT) e termistori (NTC/PTC).

Il valore della resistenza può variare anche per l'azione della tensione applicata e del grado di illuminamento.

In particolare i **varistori** o **VDR** (Voltage Dependent Resistor) sono resistori il cui valore diminuisce all'aumentare della tensione applicata ai loro capi. La polarità della tensione non ha alcuna importanza.

Questi resistori vengono realizzati per sinterizzazione di polveri di carburo di silicio o di ossido di zinco o infine di ossidi di titanio con leganti ceramici. I varistori a ossido sono chiamati MOV (Metal Oxide Varistor) mostrati nella fig. 3.120a.

Il comportamento di un variatore al variare della tensione a esso applicata è rappresentato dalla caratteristica tensione-corrente riportata nella fig. 3.120b; nel grafico è possibile osservare che poiché all'aumentare della tensione la resistenza diminuisce notevolmente, la legge di Ohm nella forma con valore di resistenza costante $U = R \cdot I$ non è più valida e quindi non c'è un legame lineare come invece esiste nel caso dei resistori.

I varistori si prestano molto bene come limitatori di tensione, per questo motivo vengono installati per la protezione degli impianti elettrici e delle apparecchiature elettriche ed elettroniche dalle sovratensioni di origine interna, che si creano alla disinserzione dei cariche induttivi come le bobine di relè, contattori ed elettrovalvole e nel caso di sovratensioni dovute a scariche di origine atmosferica come per esempio i fulmini. Nella fig. 3.120c viene mostrato un esempio di applicazione dei varistori collegati in parallelo a connettori per l'alimentazione di elettrovalvole.

La resistenza del varistore diminuisce bruscamente, facendogli assorbire parte dell'energia accumulata dall'induttanza; in questo modo, si riesce a ridurre l'ampiezza dell'impulso di sovratensione (v. fig. 3.122a).

Infatti, durante l'apertura del contatto di comando dell'elettrovalvola, la sovratensione che ne risulta porta rapidamente il varistore alla conduzione e la durata del transitorio d'estinzione è molto breve; nello stesso transitorio, il varistore dissipa quasi interamente l'energia immagazzinata nel circuito induttivo.

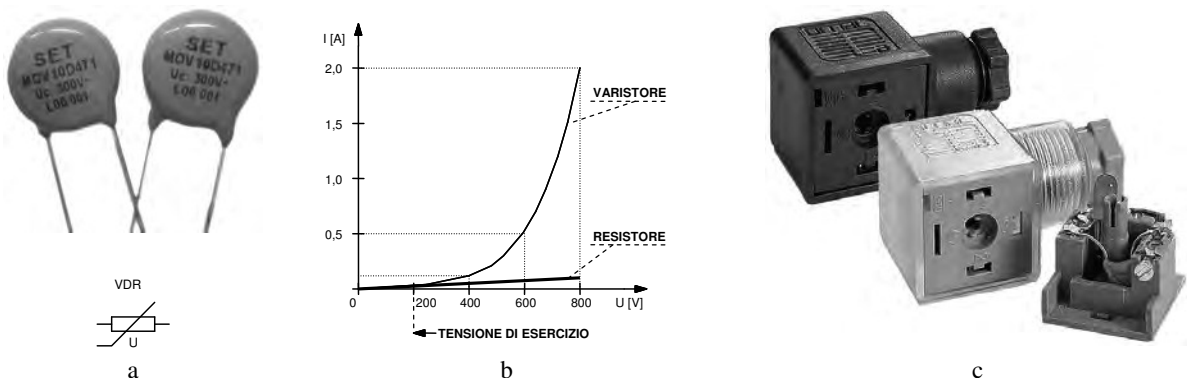


Fig. 3.120 - a) Esempi di varistori a ossido MOV e relativo segno grafico - b) Caratteristica tensione-corrente di un varistore, confrontata con quella di un resistore - c) Esempio di inserimento in parallelo di varistori nei connettori per l'alimentazione di elettrovalvole. Si noti la presenza anche di una spia luminosa a diodo LED che segnala quando l'elettrovalvola è alimentata.

Nella fig. 3.121 vengono riportate in scala logaritmica l'andamento della caratteristica tensione-corrente di alcuni tipi di varistori, da cui è possibile osservare che la tensione aumenta molto meno rispetto all'andamento lineare, a causa della diminuzione della propria resistenza.

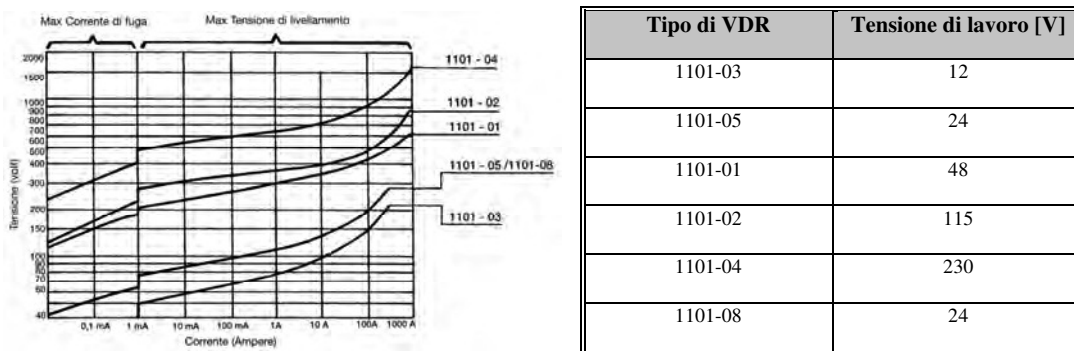


Fig. 3.121 - Curve caratteristiche tensione-corrente di alcuni tipi di VDR (MPM).

Per la scelta dei VDR si devono soddisfare le seguenti condizioni:

- l'energia massima dissipabile dal VDR deve essere maggiore di quella massima immagazzinata dalla bobina;
 - la tensione di esercizio del varistore deve essere almeno uguale alla tensione di alimentazione della bobina.
- I VDR presentano alcuni vantaggi:

- tempi di estinzione brevissimi;
- assenza di fenomeni di risonanza;
- possono essere impiegati sia in AC sia in DC.

Nel contempo, però, si evidenziano i seguenti svantaggi:

- ha una parziale limitazione della tensione di picco;
- il dispositivo subisce nel tempo un certo invecchiamento e la sua affidabilità diminuisce a causa delle sollecitazioni termiche che subisce ogni qual volta deve dissipare l'energia immagazzinata nel circuito.

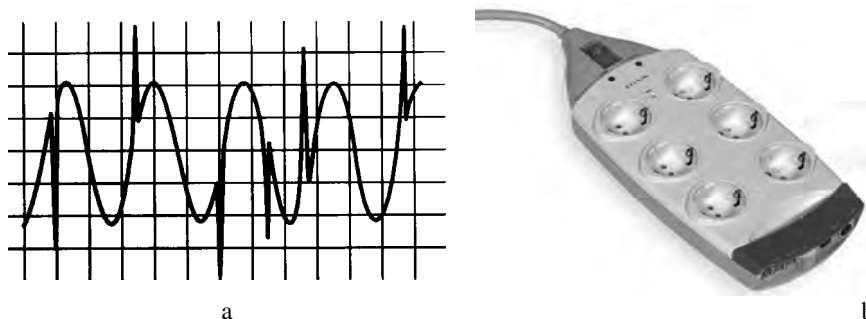


Fig. 3.122 - a) Picchi di tensione causati da sovratensioni di origine atmosferica (spike) - b) Esempio di presa multipla protetta dalle sovratensioni mediante varistori MOV (Belkin).

I **fotoresistori** o **LDR** (Light Dependent Resistor) sono particolari resistori la cui resistenza diminuisce all'aumentare del grado di illuminamento E al quale questi dispositivi sono sottoposti (v. fig. 3.123a).

Gli strati attivi dei fotoresistori consistono in cristalli, misti a semiconduttori. Si utilizzano materiali nei quali l'effetto fotoelettrico è particolarmente forte.

Tali materiali sono, per esempio, il solfuro di cadmio (CdS), il solfuro di piombo, il seleniuro di piombo e il telluriuro di piombo.

A questi materiali base vengono aggiunti particolari materiali additivi i quali aumentano l'effetto fotoelettrico, quindi la sensibilità del dispositivo alla luce.

Lo strato attivo viene depositato su di una piastrina in ceramica che serve da supporto. Le proprietà del fotoconduttore sono determinate dalla lunghezza, dalla larghezza e dallo spessore dello strato, nonché dal materiale usato.

In presenza di una radiazione luminosa, vengono liberati nuovi portatori di carica.

La resistenza perciò diminuisce come mostrato nella fig. 3.123b, dove è riportato l'andamento in scala logaritmica, della caratteristica resistenza-illuminamento. Le due curve limite indicate sul grafico delimitano la zona in cui può trovarsi la caratteristica effettiva del dispositivo.

Un fotoresistore non è sensibile in ugual misura per tutte le lunghezze di onda della radiazione luminosa.

Il massimo della sensibilità corrisponde a una determinata lunghezza d'onda, nella fig. 3.123d viene mostrato un fotoresistore che ha la massima sensibilità a una lunghezza d'onda di 550 nm.

Una presa multipla filtrata consente di fornire un'alimentazione sicura anche in caso di sovratensioni.

Dotata di 6 prese con collegamento a terra centrale e laterale. È dotata di varistore MOV che impedisce alle sovratensioni di origine atmosferica di raggiungere le apparecchiature elettroniche (PC, lettori DVD, alimentatori, caricabatteria, ecc.).

Nella parte superiore è presente un interruttore che consente di alimentare le apparecchiature; la protezione assicurata per 6 prese, 2 telefoni/modem/adsl, 1 antenna TV.

Due spie a LED segnalano se le prese sono alimentate e se sono protette.

La luce a questa lunghezza d'onda presenta un colore verde.

Nella fig. 3.123c viene mostrata la caratteristica corrente-tensione di un LDR a diversi gradi di illuminazione; più è alto il valore dell'illuminazione più alto è il valore della pendenza della retta passante per l'origine.

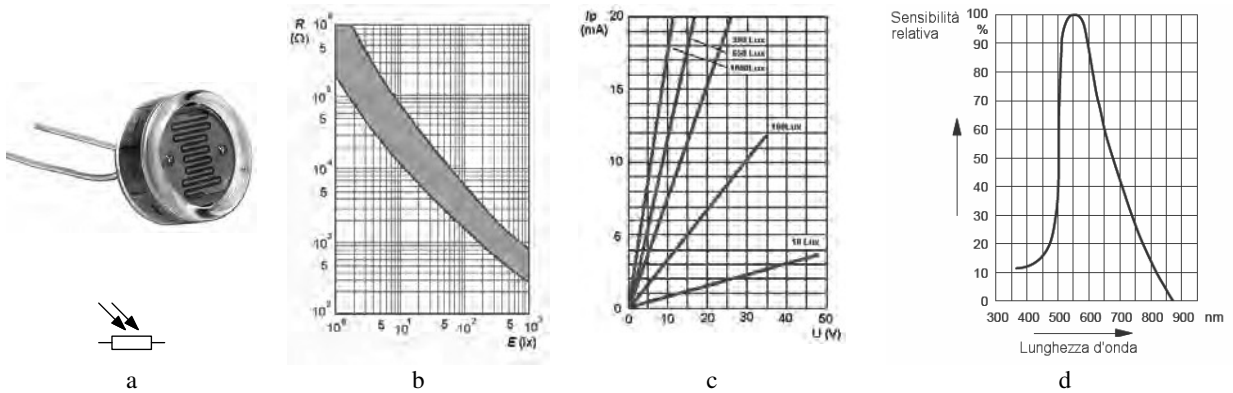


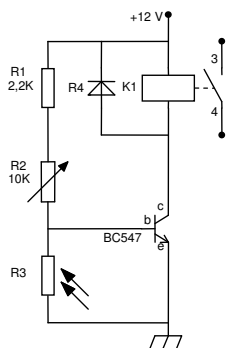
Fig. 3.123 - a) Esempio di fotoresistore (LDR) e relativo segno grafico - b) Caratteristica resistenza-illuminazione di un fotoresistore - c) Caratteristica corrente-tensione a diversi gradi di illuminazione di un LDR - d) Caratteristica sensibilità relativa-lunghezza d'onda delle radiazioni luminose incidenti su un LDR.

Si possono costruire fotoresistori particolarmente sensibili alla luce verde, rosso chiara, blu oppure arancione, nonché fotoresistori i quali hanno il massimo della sensibilità alla luce nell'infrarosso.

Se si varia l'illuminazione di un fotoresistore, la sua resistenza varia con un determinato ritardo di tempo di alcuni millisecondi.

I fotoresistori possiedono una determinata dipendenza dalla temperatura. Il coefficiente di temperatura è tuttavia basso: esso diminuisce con il crescere dell'intensità luminosa.

I parametri caratteristici dei fotoresistori sono la resistenza al buio R_0 ($\approx 1\text{ M}\Omega$ fino a $100\text{ M}\Omega$), la resistenza R_{1000} alla luce con una intensità di illuminazione di 1000 lx ($\approx 100\ \Omega$ fino a $2\text{ k}\Omega$), la lunghezza d'onda della fotosensibilità massima e il tempo di reazione t_r è il tempo che trascorre dall'applicazione di una intensità luminosa di 1000 lx , dopo l'oscurità, fino a quando la corrente raggiunge il 65% del valore corrispondente a R_{1000} ($\approx 1\text{ ms}$ fino a 3 ms).



Il progetto descritto è un semplice interruttore crepuscolare.

Il funzionamento è basato sull'uso di un fotoresistore. Il resistore da $2,2\text{ k}\Omega$ serve a limitare la corrente nel caso ci fosse il trimmer completamente a zero in condizione di forte illuminazione.

In questo caso, se non ci fosse questo resistore la corrente sarebbe limitata dal solo valore resistivo del fotoresistore che abbiamo detto essere pari a poche decine di ohm in presenza di luce.

Mano a mano che viene buio, il valore resistivo del fotoresistore aumenta finché ai suoi capi la caduta di tensione diventa pari alla tensione di soglia del transistor NPN tipo BC547, il quale entrerà in conduzione eccitando il relè.

Il trimmer serve a impostare la soglia di commutazione, agendo su di esso nelle condizioni di buio alle quali si vuole che il relè si ecciti.

Nello schema può essere inserito un diodo LED in parallelo alla bobina del relè che si illumina quando si eccita il relè, cioè quando viene buio o c'è la quantità di luce corrispondente alla commutazione impostata tramite il trimmer.

Fig. 3.124 - Esempio di applicazione di un fotoresistore in un semplice interruttore crepuscolare.

I valori limite sono la potenza dissipata massima P_{tot} ($\approx 50\text{ mW}$ fino a 2 W), la tensione di lavoro massima consentita U_a ($\approx 100\text{ V}$ fino a 250 V) e la temperatura massima consentita T_{max} ($\approx 70\text{ }^\circ\text{C}$).

I fotoresistori sono dispositivi che hanno un costo relativamente conveniente. Essi vengono utilizzati in gran parte per realizzare relè fotoelettrici di ogni tipo, come negli interruttori crepuscolari (v. fig. 3.124 e fig. 3.125) e negli impianti di allarme.

Si possono trovare fotoresistori nei sistemi di controllo e di regolazione, e come limitatori di fiamma negli impianti di riscaldamento centralizzato.

Sono impiegati in tutte quelle applicazioni dove la loro inerzia di risposta non ha particolare importanza.

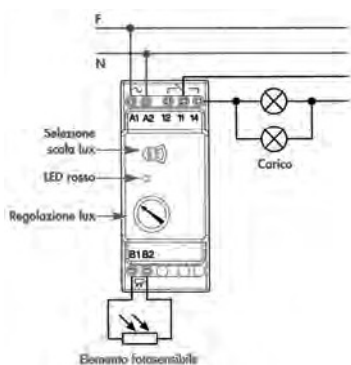


Fig. 3.125 - Esempio di applicazione di un interruttore crepuscolare commerciale per il comando di un gruppo di lampade (Finder).

Un relè o interruttore crepuscolare è un apparecchiatura che chiude un contatto (nella figura i morsetti 11-comune, 12-NC, 14-NO) quando il livello di illuminamento misurato scende al di sotto di una certa soglia.

Un interruttore crepuscolare per poter funzionare necessita di alimentazione elettrica (nella figura morsetti A1, A2, per esempio a 24 V AC oppure 230 V AC).

Il livello di illuminamento è misurato mediante una sonda dotata di un elemento fotosensibile o fotoresistore (in figura collegato ai morsetti B1 e B2).

Generalmente sulla parte frontale degli interruttori crepuscolari è presente la possibilità (mediante una vite di regolazione) di selezionare la scala dell'illuminamento e alzare o abbassare la soglia di illuminamento per cui viene chiuso il contatto del relè e infine un dispositivo ottico (LED) che indica lo stato del contatto.

In figura viene mostrato lo schema di collegamento del carico, per esempio lampade ad incandescenza, fluorescenti, ecc.

I **magneto resistori** o **MDR** (Magnetic Dependent Resistor) sono resistori, la cui resistenza è modificabile tramite un campo magnetico.

Questi componenti vengono prodotti del tipo in **ferro** e del tipo in **materiale sintetico**. Nei tipi in ferro sono utilizzati come materiali di substrato, materiali ferromagnetici aventi grande permeabilità come per esempio il Permalloy. La piastrina formata da tali materiali viene posta su di uno strato di materiale isolante. Nei tipi in materiale sintetico, la piastrina è fatta di materiale sintetico oppure di ceramica.

Sulla piastrina viene applicato uno strato di antimonio di indio il quale contiene piccoli aghi di antimonio di nichel, che possiedono un'ottima conducibilità elettrica.

Se non esiste alcun campo magnetico, le linee della corrente elettrica decorrono in modo rettilineo, come rappresentato nella fig. 3.126a. Sotto l'effetto di un campo magnetico, invece, i portatori di carica vengono deviati come mostrato nella fig. 3.126b e costretti a un percorso sempre più obliquo all'aumentare dell'intensità del campo magnetico.

In altre parole la lunghezza del percorso diventa sempre più grande, all'aumentare del valore dell'induzione B , un aumento della lunghezza del tragitto degli elettroni significa, di conseguenza, un aumento della resistenza del componente.

Nella fig. 3.126d viene mostrato l'andamento della resistenza di un magneto resistore, in relazione al valore dell'induzione magnetica B .

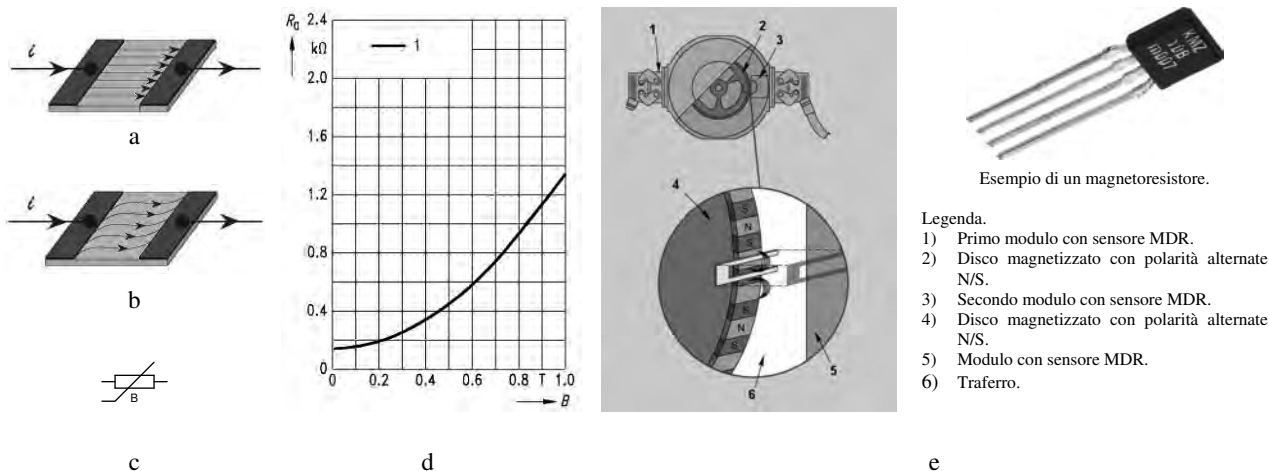


Fig. 3.126 - a) Percorso delle linee della corrente elettrica in assenza di un campo magnetico - b) Percorso delle linee della corrente elettrica in presenza di un campo magnetico - c) Segno grafico - d) Andamento medio (1) della resistenza di un magneto resistore in funzione del valore dell'induzione magnetica B (Infineon) - e) Esempio di applicazione: tachimetro con uno o più sensori magneto resistori per la determinazione della velocità di rotazione di un disco, di un albero, di una ruota, ecc.

I valori di resistenza dei magneto resistori dipendono dalla dimensione e dalla costruzione e possono variare (senza campo magnetico) da pochi ohm a diverse migliaia di ohm, tale variazione di resistenza viene utilizzata come sensore magnetico nelle strumentazioni per la misura dei campi magnetici nei sistemi di controllo negli impianti automatici.

Nella fig. 3.126e viene mostrato un esempio di applicazione dei sensori magnetoresistivi utilizzati per determinare la velocità per esempio di un disco, un albero oppure una ruota. Allo scopo è sufficiente rendere solidale con essi una ruota dotata di magneti permanenti polarizzati come mostrato in figura, il sensore rilevando le variazioni del campo magnetico fornirà in uscita un segnale elettrico variabile (a causa delle ripetute variazioni di resistenza) che potrà essere elaborato da un'apposita unità di controllo (contatore, PLC, ecc.) la quale permetterà di visualizzare la velocità di rotazione.

3.15.1 Superconduttività

Se la temperatura viene portata verso lo zero assoluto cioè a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ la resistività di alcuni metalli tende ad annullarsi (v. fig. 3.127), tale fenomeno si verifica normalmente pochi gradi al di sopra dello zero assoluto (le temperature assolute si misurano in kelvin ed hanno come simbolo K, lo 0 K corrisponde a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ mentre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ corrispondono a $273,15\text{ K}$). Il fenomeno appena descritto viene chiamato **superconduttività**.

Il rame, l'oro, l'argento ed il ferro non diventano mai superconduttori, mentre il piombo (al di sotto di $-266\text{ }^{\circ}\text{C}$) lo diventa e come lui, anche se a diverse temperature, alcune centinaia di leghe e metalli puri.

In base a tale fenomeno una corrente prodotta in un circuito chiuso da un generatore, per esempio da una pila, può circolare all'infinito senza mai diminuire di intensità, anche se il generatore viene tolto.

La superconduttività consente di realizzare delle macchine elettriche, particolarmente complesse, ma in grado di garantire bassissime perdite di energia, inoltre, possono essere realizzate con conduttori di piccolo diametro in grado, però, di sopportare correnti elevatissime.

Vale la pena notare che la formula che ci consente di determinare la resistenza in funzione della temperatura con questi valori così bassi non è più valida, infatti, la resistività diminuisce sempre di meno finché a un certo punto, in modo brusco, si annulla del tutto.

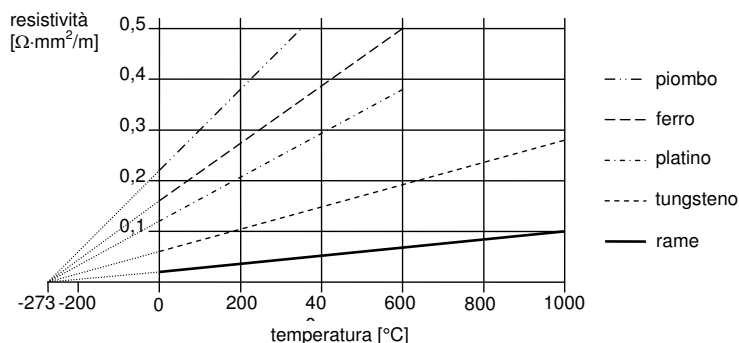


Fig. 3.127 - Variazione della resistività di alcuni metalli al variare della temperatura.

3.15.2 Apparecchi elettrotermici, determinazione delle caratteristiche di un resistore da riscaldamento

Anche nell'uso quotidiano, oltre che in quello industriale, sono numerosi gli apparecchi elettrotermici usati, per esempio ferri da stiro, piastre di cottura, termoventilatori, stufe elettriche, scaldacqua elettrici, ecc.

L'elemento riscaldante è in genere costituito da un filo di lega ad alta resistività ($\rho \cong 1$) avvolto a spirale per occupare meno spazio. Le leghe che vengono utilizzate sono normalmente a base di nichel-cromo con l'aggiunta di altre sostanze (ferro), le leghe a base di nichel-cromo senza ferro sono di migliore qualità, ma sono più costose.

	Composizione %				Resistenza specifica 20 $^{\circ}\text{C}$	Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	
	Nichel	Cromo	Ferro	Alluminio		Massimo d'impiego	Di fusione
Brightray C	80	20	--	--	1,09	1150	1410
Glowray	65	15	20	--	1,10	950	1410
Cekas	60	17	23	--	1,12	1000	1390
Cekas I	20	25	55	--	0,97	950	1400
Cekas II	80	20	--	--	1,08	1150	1400
Electric	--	25	70	5	1,32	1150	1550

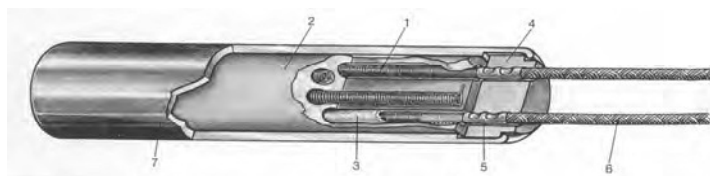
Tab. 3.31 - Alcuni tipi di leghe per la costruzione di elementi riscaldanti per apparecchi elettrotermici.

Per le apparecchiature come i ferri da stiro e le stufe elettriche vengono preferite, in quanto sono più economiche, le leghe contenenti ferro (Glowray, Cekas) in considerazione del fatto che queste apparecchiature funzionano saltuariamente; viceversa per le piastre di cottura e i forni conviene usare delle leghe dove non è presente il ferro (Brightray, Cekas II) in quanto, pur essendo più costose, hanno una maggiore durata.

I fili per realizzare gli elementi riscaldanti per le stufe elettriche, essendo esposte all'aria, non è bene che superino la temperatura di 400 °C, in quanto in tali condizioni si ossidano più facilmente e si disgregano.



a



- 1) Spirale in filo nichel-cromo
- 2) Tubo multiforme in steatite ad alta densità
- 3) Ossido di magnesio
- 4) Testata terminale di materiale ceramico
- 5) Connettore in acciaio inox che unisce il conduttore al filo resistivo
- 6) Cavi di alimentazione in nichel isolati in teflon e fibra di vetro siliconata
- 7) Guaina metallica in acciaio inox

b

Fig. 3.128 - a) Esempi di riscaldatori elettrici per immersione per acqua e olio - b) Riscaldatore a cartuccia, legenda (ELMITI).

Per i ferri da stiro e le piastre elettriche, in cui il filo metallico non viene in contatto con l'aria (in questi casi viene immerso in una miscela di ossidi di magnesio), è possibile elevare la temperatura fino a 800÷900 °C, in questo modo si possono realizzare gli elementi riscaldanti con fili più corti che quindi occupano meno spazio.

I costruttori dei fili forniscono delle tabelle, tipo quella mostrata in tab. 3.32, dove vengono riportate per ogni tipo di lega la portata in ampere.

Diametro [mm]	Sezione [mm ²]	Portata in ampere alla temperatura di [A]			
		200 °C	400 °C	600 °C	800 °C
1	0,7854	5,3	8	11,6	15,9
0,9	0,6361	4,5	6,9	10,0	13,8
0,8	0,5026	3,8	5,9	8,5	11,7
0,75	0,4417	3,4	5,4	7,7	10,7
0,7	0,3848	3	4,8	6,9	9,7
0,65	0,3318	2,6	4,5	6,3	8,8
0,6	0,2827	2,3	3,9	5,7	7,9
0,55	0,2375	2,1	3,4	5,1	7,3
0,5	0,1963	1,8	3,0	4,5	6,1
0,45	0,1590	1,6	2,7	4,0	5,4
0,4	0,1256	1,4	2,4	3,5	4,6
0,35	0,0962	1,2	2,0	3,0	3,9
0,32	0,0804	1,1	1,9	2,8	3,5
0,3	0,070	1,0	1,7	2,6	3,2
0,28	0,0615	0,9	1,6	2,4	3,0
0,25	0,0490	0,8	1,4	2,1	2,6
0,22	0,0380	0,7	1,26	1,82	2,25
0,20	0,0314	0,64	1,12	1,64	2,1
0,18	0,0254	0,57	1,0	1,44	1,8
0,16	0,0201	0,50	0,9	1,28	1,6

Tab. 3.32 - Esempio di tabella per determinare la portata dei fili Glowray per la realizzazione di apparecchi elettrotermici (le portate sono riferite a fili in aria libera).

Esempio 1. I normali ferri da stiro di tipo domestico assorbono una potenza di circa 1000÷1500 W.

Di seguito viene riportato il calcolo della lunghezza e la sezione di un filo di nichel-cromo per un ferro da stiro che assorbe una potenza nominale di $P_n = 1250$ W ed è alimentato con una tensione nominale $U_n = 230$ V (in corrente continua o alternata). La corrente nominale assorbita I_n dal resistore avente una potenza $P_n = 1200$ W è:

$$I_n = \frac{P_n}{U_n} = \frac{1250}{230} = 5,43 \text{ A.}$$

Volendo utilizzare un filo in lega Glowray e raggiungere la temperatura di 800 °C, utilizzando la tab. 3.32, si ricava che la sezione $S = 0,1590$ mm², corrispondente al diametro di 0,45 mm.

La resistenza del filo (a 20 °C) dell'elemento riscaldante E1, risulta:

$$R = \frac{U_n}{I_n} = \frac{230}{5,43} = 42,35 \Omega.$$

La lunghezza del filo l risulta perciò, essendo $\rho = 1,10 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ a 20 °C, come riportato nella tab. 3.31:

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{42,35 \cdot 0,1590}{1,10} = 6,12 \text{ m}.$$

Q1: Interruttore di accensione/spengimento
E1: Elemento riscaldante.

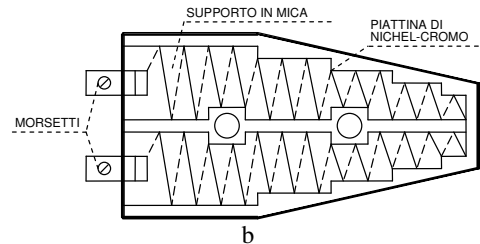
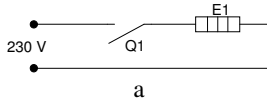


Fig. 3.129 - a) Schema elettrico semplificato di un ferro da stiro - b) Resistore per ferro da stiro.

Nella pratica, invece di utilizzare fili a sezione circolare, si preferisce utilizzare un filo con sezione rettangolare (piattina) in quanto risulta più adatto per essere avvolto su una lastrina di mica, inoltre la piattina a parità di sezione rispetto ai fili con sezione circolare, ammette un maggiore carico dissipando più facilmente il calore.

Da notare che il valore di ρ è stato riferito alla temperatura ambiente di 20 °C, mentre in realtà durante il funzionamento il filo raggiungerà la temperatura di 800 °C circa e quindi a tale temperatura la resistenza specifica diventa $\rho = 1,168 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (un aumento solo di circa il 6%).

Nella pratica, di ciò non si tiene conto, in quanto non tutte le leghe presentano una simile variazione di ρ tra 20 e 800 °C, inoltre la temperatura è approssimativa e infine i costruttori forniscono fili aventi un diametro e quindi la sezione che presenta una certa tolleranza.

Qualora nella tab. 3.32 non fosse presente il valore della corrente assorbita dal ferro da stiro, conviene scegliere la sezione più piccola anche se si determina una sovratemperatura del filo, tale soluzione presenta il vantaggio di avere una minore lunghezza del filo e quindi una maggiore facilità di montaggio in uno spazio a volte alquanto limitato. Nel caso di stufe, siccome è disponibile più spazio, conviene scegliere la sezione maggiore.

Esempio 2. Esempio di calcolo dei resistori per una stufa elettrica con 3 regolazioni di calore.

Di seguito nella fig. 3.130 viene riportato lo schema elettrico di una stufa elettrica dove sono presenti due elementi riscaldanti E_1 ed E_2 che assorbono rispettivamente una potenza $P_1 = 500 \text{ W}$ e $P_2 = 1000 \text{ W}$ se alimentati con una tensione nominale $U_n = 230 \text{ V}$.

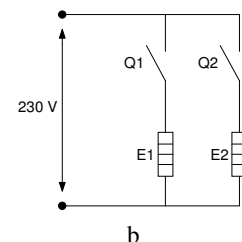


Fig. 3.130 - a) Termoventilatore da parete (stufa elettrica); b) Schema elettrico semplificato per l'inserzione degli elementi riscaldanti a 3 regolazioni di calore, come proposto nell'esempio. Nello schema semplificato non vengono riportate le lampade di segnalazione, il termostato per la regolazione della temperatura e il programmatore giornaliero che consente di attivare e disattivare automaticamente gli elementi riscaldanti. Nel modello riportato è presente, inoltre, un ventilatore mosso da un piccolo motore elettrico che consente una più rapida diffusione del calore nell'ambiente (Vortice).

Mediante due interruttori Q1 e Q2 è possibile inserire separatamente gli elementi riscaldanti E_1 e E_2 e quindi si hanno le potenze assorbite rispettivamente P_1 e P_2 ; quando invece i due elementi sono alimentati contemporaneamente (interruttori Q1 e Q2 chiusi), risultano collegati in parallelo e la potenza assorbita P_3 è massima ed è equivalente alla somma delle due potenze P_1 e P_2 , ovvero:

$$P_3 = P_1 + P_2 = 500 + 1000 = 1500 \text{ W.}$$

Calcoliamo ora la sezione e la lunghezza del filo di Glowray per l'elemento riscaldante E_1 da 500 W supponendo di non far superare al filo la temperatura di 400 °C al fine di non far bruciare il pulviscolo atmosferico e inoltre per far ossidare il meno possibile il filo per garantire alla stufa elettrica una vita operativa più lunga.

La corrente assorbita da E_1 è:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_n} = \frac{500}{230} = 2,17 \text{ A.}$$

La sezione commerciale del filo che più si avvicina (si sceglie la sezione maggiore) risulterà, secondo quanto riportato nella tab. 3.32, per una temperatura di 400 °C pari a $S_1 = 0,1256 \text{ mm}^2$ (diametro 0,4 mm).

La resistenza dell'elemento riscaldante E_1 vale:

$$E_1 = \frac{U_n}{I_1} = \frac{230}{2,17} = 105,9 \Omega.$$

La lunghezza l del filo è quindi per $\rho = 1,10 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$:

$$l_1 = \frac{R_1 \cdot S_1}{\rho} = \frac{105,9 \cdot 0,1256}{1,10} = 12,10 \text{ m.}$$

Analogamente per la resistenza dell'elemento riscaldante E_2 si ha:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_n} = \frac{1000}{230} = 4,34 \text{ A}$$

mentre

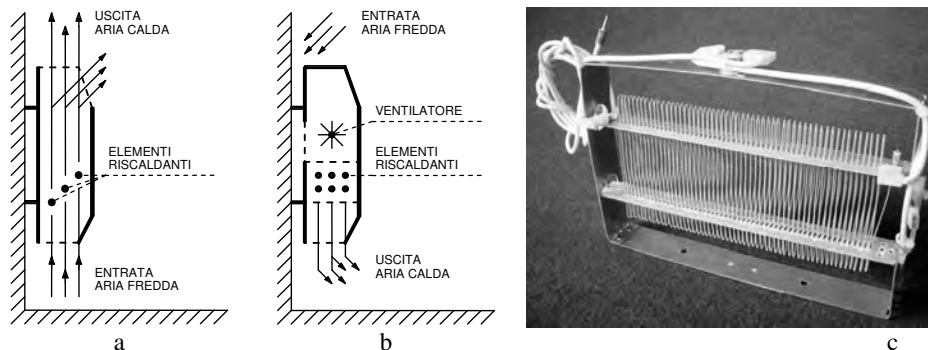
$$E_2 = \frac{U_n}{I_2} = \frac{230}{4,34} = 52,99 \Omega.$$

La sezione commerciale del filo che più si avvicina (si sceglie la sezione maggiore) risulterà, secondo quanto riportato nella tab. 3.32, per una temperatura di 400 °C pari a $S_2 = 0,3318 \text{ mm}^2$ (diametro 0,65 mm), quindi la lunghezza del filo è:

$$l_2 = \frac{R_2 \cdot S_2}{\rho} = \frac{52,99 \cdot 0,3318}{1,10} = 15,98 \text{ m.}$$

In definitiva per la costruzione dei due resistori sono necessari rispettivamente 12,10 m di filo Glowray avente una sezione di $0,1256 \text{ mm}^2$ e 15,98 m di filo della stessa lega avente però una sezione di $0,3318 \text{ mm}^2$.

Vale comunque la pena ricordare che i valori trovati sono approssimati anche se validi per lo scopo dell'esercizio, in quanto risulta impossibile conoscere esattamente la temperatura che raggiungerà il filo durante il funzionamento.



Esempio di riscaldatore costruito con telai in lamiera zincata o acciaio inox, realizzati componendo una serie di moduli a filo su supporti in micanite.

Possono essere realizzati in due versioni, con telaio, come in figura, e senza telaio.

Potenza e dimensioni standard come da catalogo e su misura secondo le indicazioni del cliente.

Resistenza a filo formato standard su telaio in lamiera zincata completa di:

- termoprotettore a riarmo automatico nella parte superiore del telaio;
- cavi di collegamento (1 m).

Fig. 3.131 - Esempi di apparecchi per il riscaldamento diretto con emissione di calore: a) Per convezione naturale - b) Per convezione forzata mediante un elettroventilatore - c) Esempio di riscaldatore commerciale.

3.16 Condensatori

L'insieme di due corpi metallici e il dielettrico che li separa costituisce un condensatore elettrico. I due corpi metallici si dicono armature del condensatore. Se i due corpi hanno forma di piastre piane il condensatore si dice condensatore piano.

Supponendo che le due armature siano cariche e abbiano cariche uguali e opposte, si definisce capacità del condensatore il rapporto fra la quantità di cariche (Q) disposta su di una delle armature e la differenza di potenziale fra le armature stesse (U). La capacità si indica col simbolo C e si misura in farad (F).

$$C = \frac{Q}{U}$$

In altre parole 1 F è quindi uguale al rapporto fra 1 C ed 1 V.

La capacità è una costante tipica di un condensatore, dipende dalla superficie A delle armature, dalla loro distanza d e dalla natura del dielettrico interposto ε . Per un condensatore piano si ha:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

dove C è la capacità del condensatore espressa in farad, ε è la costante dielettrica assoluta espressa in farad/metro ($\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$, dove ε_0 rappresenta la costante dielettrica del vuoto, mentre ε_r rappresenta la costante dielettrica del materiale utilizzato come dielettrico), A è la superficie di una armatura espressa in metri quadrati, d la distanza fra le armature (spessore del dielettrico) espressa in metri.

In realtà sul valore della capacità influiscono alcune grandezze fisiche, principalmente la temperatura e la frequenza, che, facendone variare la costante dielettrica, ne modificano il valore: la resistenza delle armature maggiore di zero, la conduttanza del dielettrico maggiore di zero, un effetto induttivo provocato dal passaggio della corrente nei reofori (i reofori sono i conduttori metallici di collegamento tra le armature e i morsetti esterni del dispositivo).

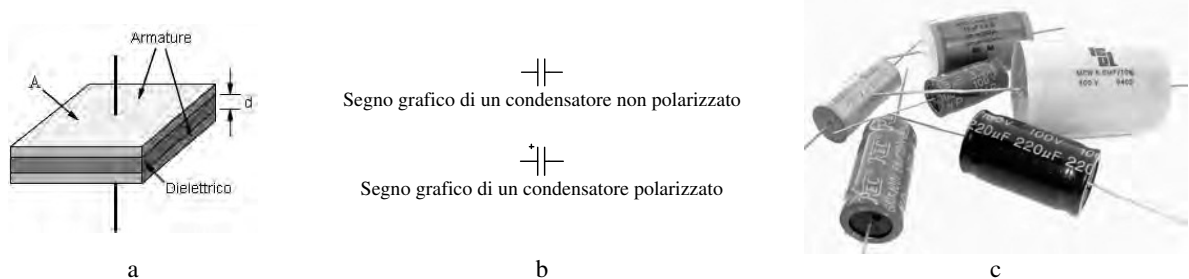


Fig. 3.132 - a) Schematizzazione di un condensatore piano - b) Segno grafico di un condensatore non polarizzato e di un condensatore polarizzato dove il polo positivo è indicato con il segno (+) - c) Esempi di condensatori commerciali.

Dal valore della capacità dipende anche quello dell'energia elettrostatica W immagazzinata nel condensatore:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2$$

I condensatori vengono utilizzati in molte applicazioni elettriche ed elettroniche, come per esempio negli impianti di rifasamento dei carichi induttivi in corrente alternata, per l'avviamento dei motori asincroni monofase, nei filtri contro i disturbi elettromagnetici e in tante altre applicazioni.

I condensatori sono caratterizzati da alcuni parametri riportati di seguito.

Capacità nominale. Rappresenta il valore della capacità del condensatore che normalmente ha dei valori normalizzati ed è riferita alla temperatura convenzionale di 25 °C. Il valore può essere riportato direttamente sull'involucro esterno e indicato attraverso anelli colorati (oppure punti colorati) secondo un codice dei colori. Questo codice corrisponde, in linea di massima, a quello usato per le resistenze con la particolarità che il quinto anello, o punto colorato, indica la tensione nominale.

Nella tab. 3.33 viene riportato il codice ad anelli colorati dei condensatori. Le capacità nominali sono scalate secondo le fasce nominali IEC come quelle riportate per i resistori.

Preferibilmente vengono usate le fasce E6, E12 ed E24. Per condensatori di precisione valgono le fasce E48, E96 ed E192.

L'involucro esterno di un condensatore, se conduttore, può essere usato come schermatura, collegandolo a massa. È quindi importante sapere quale terminale del condensatore è unito al rivestimento esterno.

Colore	1° Anello 1ª Cifra	2° Anello 2ª Cifra	3° Anello Moltiplicatore	4° Anello Tolleranza	5° Anello Tensione di lavoro
Nessuno	---	---	---	±20%	5000 V
Argento	---	---	10 ⁻²	±10%	2000 V
Oro	---	---	10 ⁻¹	±5%	1000 V
Nero	---	0	10 ⁰ pF	±1% ±2%	100 V 200 V 300 V 400 V
Marrone	1	1	10 ¹ pF		
Rosso	2	2	10 ² pF		
Arancio	3	3	10 ³ pF		
Giallo	4	4	10 ⁴ pF	±0,5%	500 V 600 V 700 V 800 V 900 V
Verde	5	5	10 ⁵ pF		
Azzurro	6	6	10 ⁶ pF		
Viola	7	7	10 ⁷ pF		
Grigio	8	8	10 ⁸ pF		
Bianco	9	9	10 ⁹ pF		

Tab. 3.33 - Codice normalizzato ad anelli colorati per i condensatori.

Tolleranza. La tolleranza indica il massimo scostamento, in valore percentuale con segno, che la capacità effettiva può avere rispetto al valore della capacità nominale.

Ciò è dovuto al fatto che durante la produzione di una partita di questi componenti, aventi tutti la stessa capacità nominale accade che il valore reale della capacità sia leggermente diverso tra un componente e l'altro esattamente come accade per i resistori.

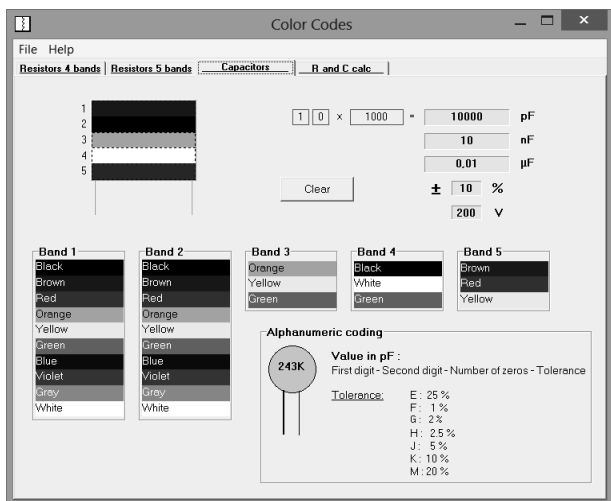
Come per i resistori minore è la tolleranza tanto più è preciso il valore della capacità nominale, il valore viene riportato sul contenitore del condensatore oppure viene riportato con dei colori come indicato nella tab. 3.33; i valori tipici sono: ±0,5%, ±1%, ±2%, ±5%, ±10%, ±20%.

Tensione nominale U_n . Rappresenta il valore di tensione applicabile alle armature di un condensatore per un tempo indefinito senza che il componente subisca permanenti variazioni dei suoi parametri o si degradi. Questa tensione dipende dalla rigidità dielettrica dell'isolante interposto tra le armature e dalla distanza tra le stesse.

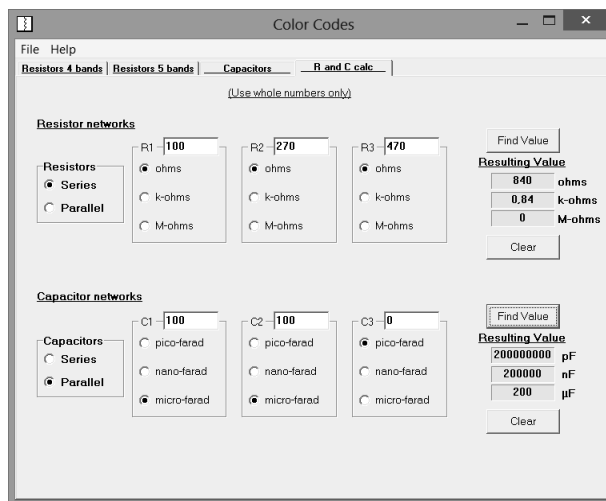
Per esempio un condensatore con una tensione nominale $U_n = 450$ V in corrente alternata (AC) può funzionare in impianti con tensione nominale di 230 V o 400 V, rispettivamente in impianti monofase o trifase.

Il valore di U_n viene riportato sul contenitore del condensatore, come nella fig. 3.134a, oppure viene riportato con un colore come indicato nella tab. 3.33.

Appositi software di facile utilizzo reperibili su Internet (Color Codes), come riportato nella fig. 3.133, possono facilitare la decodifica dei condensatori.



a



b

Fig. 3.133 - Esempio di software per la decodifica di condensatori: a) Mediante i colori e la codifica alfanumerica - b) Calcolo del valore equivalente di resistori e condensatori collegati in serie o parallelo.

Tensione massima di lavoro. Rappresenta la massima tensione di lavoro del condensatore, se si supera questo valore il componente si può danneggiare in modo irreversibile.

Per esempio un condensatore caratterizzato da una $U_{\max} = 1,1 U_n$ può funzionare, senza danneggiarsi, fino a un massimo del +10% rispetto alla tensione nominale ($U_n = 250 \text{ V}$, $U_{\max} = 275 \text{ V}$).

Frequenza nominale. Questo valore rappresenta la frequenza di funzionamento per la quale è stato costruito; per esempio la frequenza di 50 Hz indica che il componente è adatto a essere installato negli impianti funzionanti a frequenza industriale (v. fig. 3.134a). È possibile l'impiego a frequenze maggiori purché vengano rispettati i limiti per tensione, corrente, temperatura e fattore di dissipazione.

Categoria climatica. Indica i valori estremi di temperatura per i quali il condensatore è stato provato ed entro in quali può funzionare normalmente. Tanto più l'intervallo è esteso tanto più il condensatore è pregiato.

Nella fig. 3.134a viene riportato a titolo di esempio un condensatore appartenente alla categoria 25/85/21 che significa che ha un intervallo di temperatura di lavoro che va da un minimo di $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ a un massimo di $+85 \text{ }^\circ\text{C}$, la durata della prova di caldo umido di 21 giorni.

Variazione della capacità con la temperatura. La capacità reale di un condensatore, rispetto alla temperatura nominale di $25 \text{ }^\circ\text{C}$, varia con la temperatura in quanto cambia la costante dielettrica dell'isolante.

I costruttori di condensatori forniscono delle curve tipo quella mostrata nella fig. 3.134b che riporta la variazione percentuale della capacità in relazione alla variazione di temperatura. Nel grafico, di fig. 3.134b, viene mostrata che rispetto alla temperatura di riferimento di $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\Delta C/C\% = 0$) diminuendo la temperatura a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, la capacità aumenta dello 0,5%, mentre se la si aumenta a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ la capacità diminuisce circa del 2%.

I costruttori indicano la variazione di capacità in funzione della temperatura anche mediante un coefficiente di temperatura TC (Temperature Coefficient), simile a quello utilizzato per i resistori, anch'esso è espresso in parti per milione su grado centigrado (ppm/ $^\circ\text{C}$), preceduto dalle lettere P oppure N per indicare il segno rispettivamente positivo o negativo (TC = P120 ppm/ $^\circ\text{C}$).

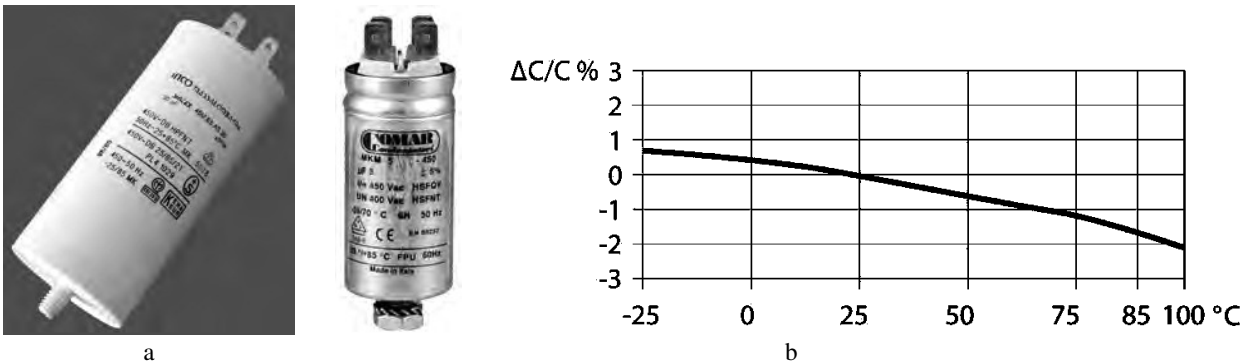


Fig. 3.134 - a) Esempio di condensatore a film plastico di tipo sintetico in polipropilene metallizzato utilizzabile in corrente alternata. Si notino le grandezze caratteristiche riportate sull'involucro (INCO) - b) Esempio di condensatore utilizzabile per l'avviamento dei motori asincroni monofase e trifase e relativo grafico che riporta la variazione della capacità in funzione della temperatura (COMAR).

Resistenza di isolamento. Rappresenta la resistenza che esiste tra un'armatura e l'altra ed è dovuta alle caratteristiche del dielettrico, viene misurata in multipli dell'ohm ($\text{M}\Omega$ o $\text{G}\Omega$). La presenza di questa resistenza comporta la scarica naturale in un condensatore inizialmente carico.

Infatti, se il condensatore fosse ideale, una volta caricato, dovrebbe conservare l'energia immagazzinata per un tempo infinito; in realtà, con il passare del tempo, si verifica una diminuzione della tensione tra le armature e quindi una perdita di energia immagazzinata che viene attribuita dissipata nella resistenza di isolamento.

Fattore di dissipazione. Questo dato indica la perdita di potenza attiva per unità di potenza reattiva che il condensatore ha a causa dell'isteresi dielettrica, della resistenza di isolamento e della resistenza ohmica dei reofori di collegamento.

Per esempio un condensatore che ha un fattore di dissipazione di $\leq 5 \times 10^{-4}$ indica una perdita di potenza attiva inferiore a 0,5 mW per ogni kilovar di potenza reattiva. Tanto più questo parametro è minore tanto più il condensatore è pregiato.

Passiamo ora a descrivere le caratteristiche dei principali condensatori reperibili in commercio.

La capacità di un condensatore ad armature piane e parallele dipende dalla formula:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

cioè risulta proporzionale all'area A delle armature e inversamente proporzionale alla loro distanza d ; per realizzare un condensatore avente delle dimensioni accettabili per le applicazioni pratiche non può essere realizzato con due armature piane e parallele, come mostrato nella fig. 3.132a, ma si utilizzano le seguenti tipologie costruttive.

I condensatori possono essere del tipo **avvolto**, nel quale le armature, separate dal dielettrico, vanno a costituire un rotolo cilindrico protetto da una custodia esterna, per esempio di alluminio come mostrato nella fig. 3.135a; oppure possono essere realizzati da più **strati** paralleli, ognuno dei quali è costituito da due armature e dal dielettrico interposto in modo che tutte le armature della stessa polarità vengano collegate tra di loro, come mostrato nella fig. 3.135b.

I condensatori si suddividono anche in **polarizzati** e **non polarizzati**. I primi (v. fig. 3.135c) hanno le armature polarizzate l'una positiva e l'altra negativa ovvero l'armatura contraddistinta con il segno "+" va collegata nel circuito al potenziale maggiore e viceversa per l'altra armatura; normalmente non possono funzionare, se non collegati in modo opportuno, in corrente alternata dove le polarità delle armature cambiano in continuazione. Viceversa nei secondi (v. fig. 3.135b oppure fig. 3.135d) ogni armatura può accumulare cariche positive o negative in modo indifferente.

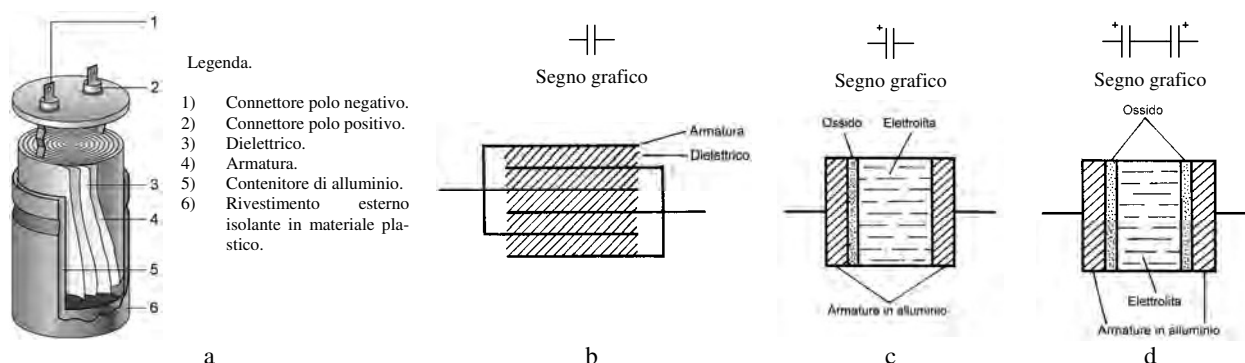


Fig. 3.135 - a) Esempio di un condensatore avvolto - b) Struttura di un condensatore a strati - c) Struttura di un condensatore elettrolitico polarizzato - d) Struttura di un condensatore elettrolitico non polarizzato.

A seconda del dielettrico utilizzato vengono prodotti una vasta gamma di condensatori di cui di seguito ne vengono riportati i principali.

I **condensatori a carta** sono composti da due fogli di metallo, solitamente fogli di alluminio, isolati l'uno dall'altro da strati di carta impregnata. I fogli di metallo e il materiale isolante vengono arrotolati come mostrato in fig. 3.136a. Il rotolo viene dotato di collegamenti e rivestito, a pressione, con un materiale sintetico.

Esso può anche essere inserito in un contenitore di plastica o carta dura, ceramica o metallo, e poi essere sigillato. È necessario realizzare una chiusura ermeticamente sigillata per impedire l'infiltrazione di umidità. Sono adatti per funzionare a tensione elevata.

La carta, come dielettrico, possiede alcuni svantaggi. Essa viene sostituita sempre più spesso da un film plastico. I **condensatori a film plastico**, mostrati nella fig. 3.136b, sono strutturati come quelli a carta, solo che in essi vengono utilizzati come dielettrico fogli di materiale sintetico come il poliestere, il polietilene e il policarbonato. In genere le qualità dei condensatori in materiale sintetico sono migliori di quelle dei condensatori a carta, in particolare questo si verifica per quelli in polipropilene. A parità di capacità e rigidità dielettrica essi possono avere dimensioni più piccole.

Lo spessore dell'armatura di metallo incide sul valore della capacità di un condensatore. Se si vogliono ottenere alti valori di capacità per unità di volume e una determinata rigidità dielettrica si devono realizzare armature il più sottili possibile.

Nei **condensatori a carta metallizzata** le armature sono ottenute spruzzando sottovuoto il metallo vaporizzato direttamente sulla superficie della carta. Se in un condensatore a carta metallizzata si determina una perforazione del dielettrico, nella zona circostante il punto di perforazione, si ha una breve ma elevata corrente, talmente alta che lo strato estremamente sottile del metallo in quel punto evapora.

Il dielettrico non viene danneggiato e il punto di perforazione rimane isolato.

In altre parole la perforazione si ripara da sola dando a questi condensatori la capacità di **auto-rigenerarsi** in caso di guasto. Anche i condensatori a film plastico possono essere strutturati come quelli di carta metallizzata, ovvero sui fogli di materiale plastico vengono depositati sottili strati di metallo.

Anche nei **condensatori in film metallizzato** è possibile il processo di auto-rigenerazione (v. fig. 3.136c). Pure in questo caso si ottengono grandi capacità per unità di volume.

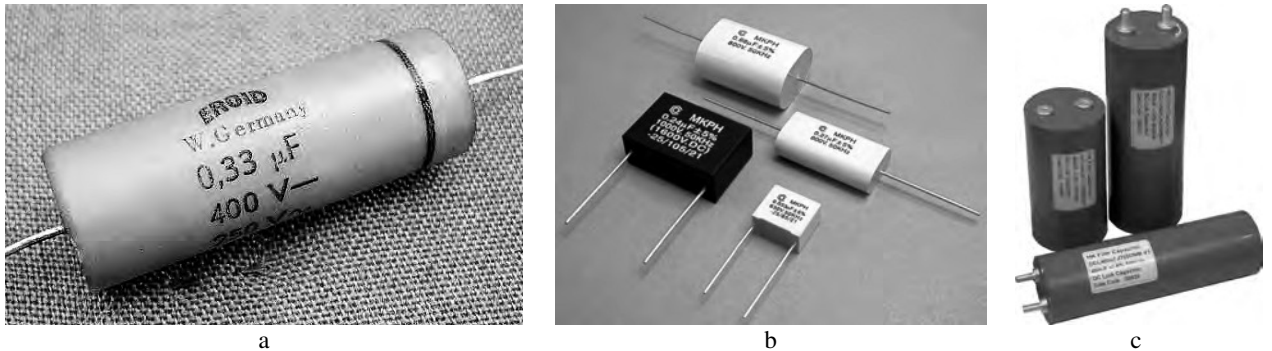


Fig. 3.136 - Esempi di condensatori: a) A carta - b) A film plastico - c) A film plastico metallizzato.

Nei **condensatori in ceramica**, mostrati nella fig. 3.137a, come dielettrici vengono utilizzati materiali ceramici di vario tipo, come i titanati di bario e di piombo, ottenuti per sinterizzazione.

Hanno forme diverse (a disco o piastrina, v. fig. 3.137b, multistrato, v. fig. 3.137a, tubolare, passante) e le armature sono realizzate mediante deposito di argento sulle superfici del dielettrico.

Questi condensatori sono caratterizzati da un'elevata precisione, possiedono un'elevata stabilità della capacità e un'altrettanta buona stabilità alla temperatura. Le perdite dielettriche, fino a frequenze molto alte, sono basse.

Presentano lo svantaggio di essere particolarmente fragili e pertanto non devono essere impiegati in applicazioni soggette a urti o vibrazioni.

A seconda delle caratteristiche sono suddivisi in tre classi:

- 1) classe 1 con un coefficiente di temperatura controllata (variazione di capacità prevedibile e virtualmente lineare, con buona caratteristica di ripetibilità, una maggiore stabilità rispetto al vetro o alla mica) e modesta costante dielettrica (ϵ_r fino a 500);
- 2) classe 2 con un elevato valore della costante dielettrica (ϵ_r fino a 50000);
- 3) classe 3 con basse perdite dielettriche.

Questi condensatori vengono molto utilizzati in svariate applicazioni e per le loro ridotte dimensioni sono anche utilizzati in applicazioni di microelettronica.

I **condensatori in mica o in vetro** utilizzano come dielettrico lamine di mica o di vetro alternate a lamine di alluminio che vanno a costruire le armature con una struttura a pacchetto (v. fig. 3.137c).

Nei tipi a mica argentata le armature sono realizzate spruzzando vernice a base di ossido di argento su una o entrambe le facce della lamina di mica. Questi condensatori sono in genere costosi, ma sono precisi, hanno un valore stabile nel tempo e hanno un buon coefficiente di temperatura, sono poco sensibili ai disturbi.

Normalmente vengono utilizzati per applicazioni di precisione in particolare nel campo delle alte frequenze.

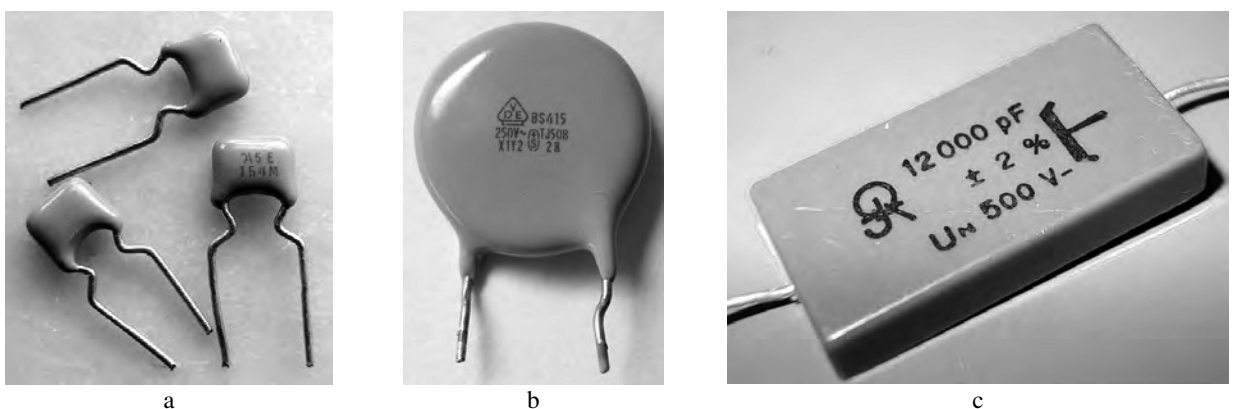


Fig. 3.137 - Esempi di condensatori: a) Ceramici multistrato - b) Ceramico a disco - c) In mica.

Condensatori elettrolitici. Sono caratterizzati dall'aver un'elevata efficienza volumetrica, in particolare quando le tensioni di lavoro sono basse; ciò permette di realizzare dei condensatori di dimensioni ridotte con valori nominali della capacità anche molto elevati.

I condensatori elettrolitici sono realizzati normalmente con le armature in alluminio o al tantalio; possono essere polarizzati (in questo caso devono funzionare solo in corrente continua) o non polarizzati (adatti anche a funzionare in corrente alternata). Questi condensatori sono caratterizzati dall'aver un piccolo spessore del dielettrico (da 0,01 a 1 μm) e una grande superficie delle armature nonché una elevata costante dielettrica relativa $\epsilon_r = 6\div 8$; le tensioni di lavoro sono comprese nella gamma da 1,5 V a 900 V e le capacità nominali che partono da circa 0,05 μF fino ad arrivare ad alcuni farad.

I condensatori elettrolitici in alluminio, mostrati nella fig. 3.138a, sono condensatori di tipo avvolto aventi le armature in alluminio purissimo (99,9%) e il dielettrico costituito da uno strato di ossido di alluminio (biossido di alluminio) aderente ad una delle due armature del condensatore, ossido che si forma quando si applica una tensione continua positiva sull'armatura.

Sull'altra armatura è presente l'elettrolita liquido o solido. Il tutto è racchiuso in un contenitore di alluminio. Nella fig. 3.135c è indicata in modo schematico la struttura di un condensatore elettrolitico. Un così fatto condensatore è del tipo polarizzato (v. fig. 3.138b) e può essere utilizzato solo con tensioni continue e con il potenziale positivo collegato con l'elettrodo ossidato (anodo).

I condensatori elettrolitici aventi le armature in alluminio presentano in generale elevate perdite e ampie variazioni di capacità al variare della temperatura e della frequenza.

Se si ossidano entrambi gli elettrodi si ottiene il condensatore non polarizzato, come mostrato in fig. 3.135d, che può essere impiegato con tensioni alternate; infatti in questo caso la tensione applicata alle armature inverte ciclicamente la polarità; ciò corrisponde all'aumento di ossido su un'armatura e alla diminuzione sull'altra e viceversa.

Un condensatore elettrolitico non polarizzato equivale a due condensatori in serie e quindi, a parità di ingombro, la sua capacità è pari a metà di quella di un condensatore polarizzato.

Questi condensatori vengono utilizzati, per esempio, per l'avviamento di motori asincroni monofase a induzione e più in generale, a causa delle elevate perdite, impiegati solo per servizi di breve durata o discontinui.

L'impiego del tantalio in sostituzione dell'alluminio è dovuto alla proprietà di questo metallo di formare uno strato di ossido (Ta_2O_5) che, come dielettrico, presenta caratteristiche superiori al biossido di alluminio.

Anche per quanto riguarda le altre caratteristiche (durata dei condensatori più elevata, migliore rapporto capacità-volume, ecc.) il tantalio è migliore dell'alluminio; il suo impiego risulta condizionato solo dall'elevato costo del materiale. I condensatori al tantalio, mostrati nella fig. 3.138c, possono essere, come quelli in alluminio, a elettrolita liquido oppure solido.

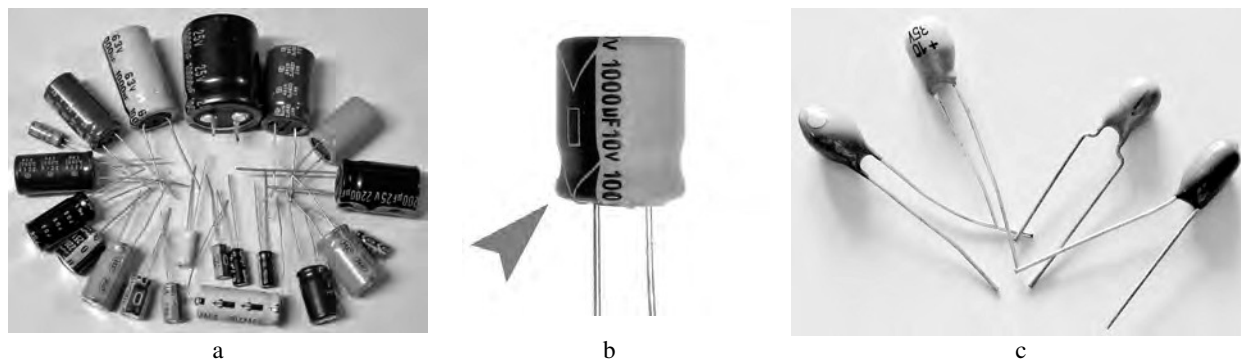


Fig. 3.138 - Esempi di condensatori: a) Elettrolitici in alluminio - b) Elettrolitico polarizzato, la freccia indica il polo negativo - c) Al tantalio con elettrolita solido.

Nella tab. 3.34 vengono riportate le principali caratteristiche dei condensatori maggiormente utilizzati in elettrotecnica ed elettronica.

Tipo di condensatore	Capacità nominale	Tensione nominale	Tolleranza	Temperatura massima
Carta	1 nF a decine di μF	fino a 6,3 kV	max. $\pm 20\%$	$\sim 150^\circ\text{C}$
Film plastico	1 nF a decine di μF	fino a 1,5 kV	da $\pm 5\%$ a $\pm 20\%$	$\sim 150^\circ\text{C}$
Ceramici	da 1 pF a 560 nF	fino a 500 V	da $\pm 1\%$ a $\pm 20\%$	$\sim 85^\circ\text{C}$
Mica	da 10 pF a 10 nF	fino a 500 V	da $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$	$\sim 150^\circ\text{C}$
Elettrolitici	da 0,05 μF a 10000000 μF	da 1,5 V a ~ 900 V	da -20% a $\pm 50\%$	$\sim +105^\circ\text{C}$
Tantalio	da 0,015 μF a 680 μF	da 3 a 63 V	da $\pm 5\%$ a $\pm 20\%$	$\sim +55^\circ\text{C}$

Tab. 3.34 - Caratteristiche dei principali condensatori.

Condensatori elettrolitici a montaggio superficiale (SMD). La tecnologia tradizionale, con cui vengono montati i componenti sui circuiti stampati, viene chiamata THT (Through Hole Technology) o anche PTH (Pin Through Hole) in quanto prevede l'utilizzo di componenti dotati di terminali metallici da infilare in appositi fori del circuito stampato.

Trattenuti in sede da una colla successivamente rimovibile, i componenti vengono poi saldati alle piazzole (e al foro le cui pareti sono normalmente metallizzate per rafforzare la tenuta meccanica del componente) mediante una breve massiva esposizione a una lega saldante fusa (metodo di saldatura ad onda).

Con il termine Surface Mount Technology (SMT) (che in italiano significa: tecnologia a montaggio superficiale), si intende una tecnica utilizzata in elettronica per l'assemblaggio di un circuito stampato che prevede l'applicazione dei componenti elettronici come circuiti integrati, resistori, condensatori, ecc. sulla sua superficie senza la necessità di praticare dei fori come invece richiesto nella tecnologia tradizionale.

I componenti costruiti secondo le specifiche SMT sono definiti Surface Mounting Device (SMD).

La tecnica SMT offre diversi vantaggi:

- notevole riduzione delle dimensioni dei componenti e quindi minori dimensioni degli apparati;
- massima automazione e velocizzazione delle procedure di montaggio;
- nessuno scarto dovuto alla necessità di tagli dei reofori eccedenti;
- i componenti possono essere montati su entrambe le facce del circuito stampato;
- ciò non esclude la possibilità di realizzare schede assemblate nelle due tecnologie (sia SMT che PTH).

L'uso contemporaneo delle due tecnologie deve essere svolto in due fasi distinte, è così possibile, oltre che saldare i componenti montati sulla stessa faccia della scheda, soltanto incollarli (attraverso un processo di polimerizzazione di colle) per poi saldarli attraverso una macchina denominata saldatrice ad onda che in un unico passaggio salda sia i componenti SMD che PTH.

La tecnologia SMD è stata sviluppata negli anni Sessanta e si è diffusa alla fine degli anni Ottanta, grazie anche al lavoro pionieristico svolto all'IBM. I componenti sono stati dotati di piccoli terminali (o estremità) metalliche per saldarli direttamente al circuito stampato.

Sul circuito stampato viene prima depositata una pasta saldante nei punti dove verranno appoggiati i terminali dei componenti SMD, quindi i componenti vengono montati tramite un robot del tipo Pick and Place, e infine il tutto è passato in un forno ventilato avente un preciso profilo termico, con delle fasi prestabilite secondo dei parametri temperatura/tempo.

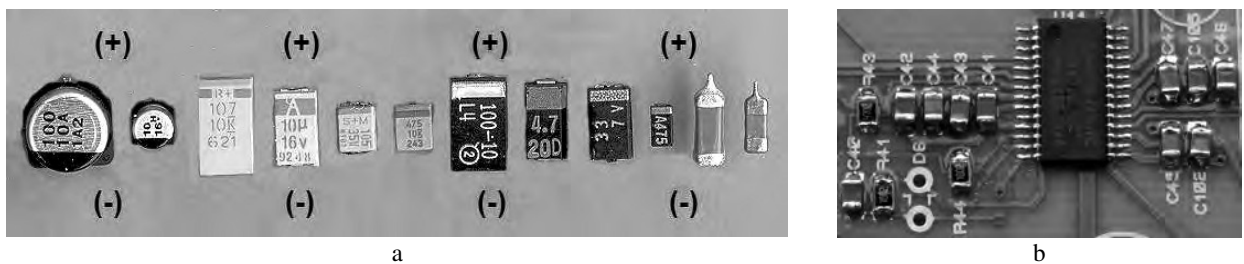


Fig. 3.139 - a) Condensatori elettrolitici a montaggio superficiale (SMD), si noti il polo positivo e il polo negativo - b) Esempio di circuito stampato con componenti SMD (C = condensatori, R = resistori).

I condensatori miniaturizzati SMD vengono impiegati in applicazioni elettroniche generali, mentre quelli di dimensioni maggiori vengono utilizzati nell'elettronica di potenza come alimentatori, convertitori di frequenza, gruppi di continuità.

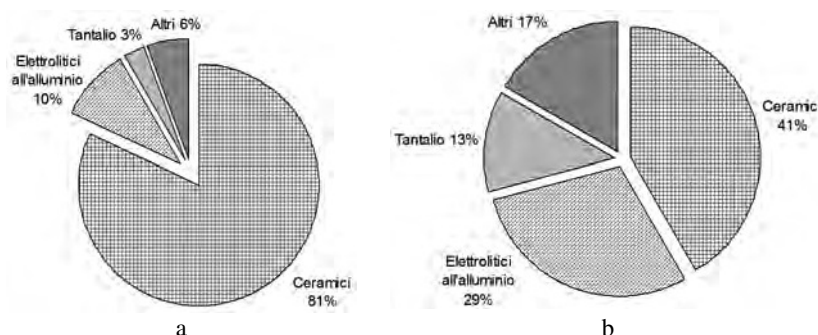


Fig. 3.140 - Mercato mondiale dei condensatori: a) Numero di pezzi prodotti - b) Valore di mercato.

I due grafici mostrano, indicativamente, la quantità di condensatori prodotti nel mondo, suddivisi per tipo.

Il primo grafico, riportato nella fig. 3.140a, fa riferimento ai pezzi prodotti, mentre il grafico, riportato nella fig. 3.140b, al loro valore di mercato.

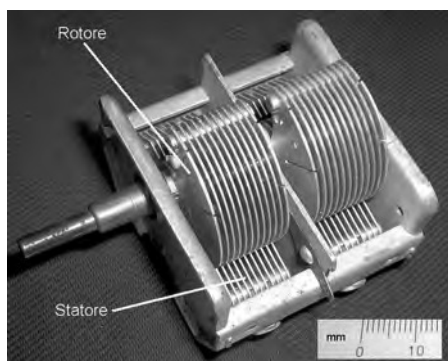
Come si vede, il mercato è dominato da condensatori ceramici ed elettrolitici.

I **condensatori variabili** sono realizzati con un certo numero di lamine fisse intercalate con lamine mobili, come mostrato nella fig. 3.141. Le armature mobili sono sostenute da un alberino sul quale è calettata una manopola. La rotazione delle lamine mobili varia la superficie affacciata e quindi la capacità del condensatore.

Se n è il numero delle lamine, si viene ad avere un insieme di condensatori collegati in parallelo la cui capacità complessiva è data dalla seguente formula:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \cdot (n-1)$$

dove A è la superficie (variabile) di una lamina mobile affacciata a quella fissa e d è la distanza fra due lamine.



Può essere necessario impiegare condensatori per i quali sia possibile variare il valore della capacità. Condensatori di questo genere sono costituiti per lo più da piastre o gruppi di piastre, che possono essere spostate le une rispetto alle altre.

Il condensatore variabile, mostrato nella figura a fianco, è fondamentalmente un condensatore a piastre piane in genere di alluminio o ottone. Vengono di solito collegate insieme più piastre e in questo modo si ottiene una superficie più grande e quindi una capacità maggiore.

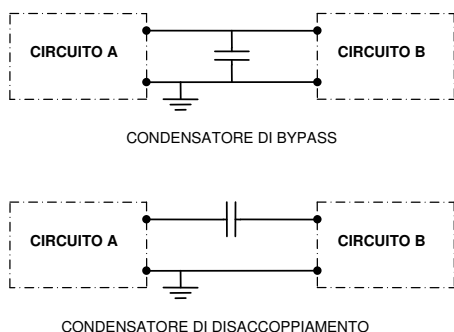
La variazione di capacità è ottenuta mediante la rotazione di una serie di armature mobili (rotore) all'interno di armature fisse (statore), tra le quali è interposta aria o mica con funzione di dielettrico. Per ottenere una variazione della capacità prefissata in relazione all'angolo di rotazione, le armature vengono sagomate con opportuni profili.

Questi condensatori hanno una capacità massima (superfici completamente affacciate) che va da pochi picofarad a circa 700 pF. La capacità più piccola regolabile si aggira intorno al 5÷10% della capacità massima (ottenuta quando mediante rotazione meccanica delle armature queste sono tra loro affacciate il meno possibile).

Sono utilizzati per la sintonia di alcuni tipi di ricevitori radio.

Fig. 3.141 - Condensatore variabile in aria.

Nella fig. 3.142 sono riportate alcune applicazioni dei condensatori nel campo dell'elettrotecnica e dell'elettronica.



Applicazioni in elettrotecnica dei condensatori

I più importanti sono senz'altro i condensatori di rifasamento utilizzati per bilanciare l'induttanza degli avvolgimenti dei motori elettrici e più in generale dei carichi ohmico-induttivi e abbassare quindi lo sfasamento fra corrente e tensione che questi generano; per questo vengono collegati in parallelo agli avvolgimenti in modo da formare un circuito LC accordato sulla frequenza della tensione di alimentazione. Poiché qualunque circuito presenta sempre una resistenza, nella realtà si ha sempre il caso di circuito RLC.

Vengono, inoltre usati come condensatori di avviamento per ottenere la partenza dei motori asincroni monofase, che presenterebbero, senza di essi, una coppia di spunto uguale a zero. In tal caso il condensatore, sfasando la corrente di 90° rispetto alla tensione, alimenta un avvolgimento ausiliario: si forma un campo magnetico rotante con coppia motrice diversa da zero, permettendo quindi l'avviamento del motore. Una volta partito, teoricamente, è possibile anche togliere il condensatore.

Applicazioni in elettronica dei condensatori

Nei circuiti elettronici il condensatore è sfruttato moltissimo per la sua peculiarità di lasciar passare le correnti variabili nel tempo, ma di bloccare quelle continue: tramite un condensatore si può fare in modo di unire o separare a volontà i segnali elettrici e le tensioni di polarizzazione dei circuiti, usando i condensatori come bypass o come disaccoppiamento. Un caso particolare di condensatore di bypass è il condensatore di livellamento, usato nei piccoli alimentatori.

Fig. 3.142 - Esempi di applicazione dei condensatori in elettrotecnica ed elettronica.

3.17 Induttori

Gli induttori sono componenti costituiti da bobine aventi un certo numero di spire al fine di ottenere un valore prefissato di induttanza L .

Il valore dell'induttanza dipende dal numero delle spire che costituiscono la bobina e dal mezzo in cui ha sede il campo magnetico generato dalla stessa quando è attraversata da una corrente I .

In altre parole la corrente I circolante nella bobina crea un campo magnetico e l'induttore accumula energia sotto forma di energia magnetica il cui valore dipende dal valore della corrente magnetizzante I e dalle caratteristiche dell'induttore, come il numero delle spire, dalle caratteristiche geometriche della bobina e materiale costituente il nucleo.

L'induttore è caratterizzato dal valore dell'induttanza L , che rappresenta il rapporto tra il flusso concatenato Φ_c e l'intensità di corrente I , ovvero $L = \Phi_c/I$, ed è espressa in henry [H]. La precedente relazione indica che se l'induttore è attraversato da una corrente di 1 A e il flusso concatenato che si genera è di 1 Wb, il valore dell'induttanza è $L = 1$ H.

L'induttanza è un parametro caratteristico del componente e il suo valore è dato dalla seguente relazione:

$$L = \frac{N^2}{\mathfrak{R}} = \frac{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot S \cdot N^2}{l}$$

dove N rappresenta il numero delle spire della bobina, \mathfrak{R} è la riluttanza del circuito magnetico, di lunghezza l e sezione trasversale S , in cui si sviluppa il flusso magnetico, μ_0 e μ_r rappresentano rispettivamente la permeabilità magnetica del vuoto (in aria) e la permeabilità magnetica relativa del materiale costituente il nucleo.

Vale la pena infine ricordare che l'energia magnetica W immagazzinata quando la bobina è attraversata dalla corrente I è uguale a:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$$

Le bobine sono normalmente realizzate con un filo di materiale conduttore, per esempio di rame, e quindi a essa viene sempre associata anche una resistenza elettrica dovuta alla resistività del materiale conduttore usato.

Di particolare importanza, per indicare la bontà di un induttore quando è percorso da una corrente alternata sinusoidale, è il fattore di merito o di qualità Q .

Il parametro Q rappresenta il rapporto tra l'energia immagazzinata nel campo magnetico e l'energia dissipata nel conduttore in un periodo, il tutto moltiplicato per $2 \cdot \pi$.

Siccome l'energia elettrica dissipata in un periodo è uguale al prodotto $P \cdot T$ dove T rappresenta il periodo ($T = 1/f$), il fattore di merito Q può essere espresso dalla seguente relazione:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{W}{P} = \omega \cdot \frac{W}{P}$$

Il fattore di merito Q però non varia linearmente in funzione della frequenza, ma in generale si mantiene pressoché costante in un ampio intervallo di frequenze per poi diminuire alle frequenze più alte e più basse.

Un buon induttore è caratterizzato da un elevato fattore di merito, infatti un induttore ideale, ovvero privo di resistenza non presenterebbe fenomeni dissipativi, cioè $P = 0$, e in definitiva avrebbe un fattore di merito infinito.

In commercio è possibile trovare induttori con un valore di Q compreso fra 30 e 150, anche se con certi accorgimenti tecnici è possibile realizzare induttori con un fattore di merito di qualche centinaio.

L'andamento di Q al variare della frequenza diventa di particolare importanza quando gli induttori vengono utilizzati in circuiti elettronici dove la frequenza di lavoro può cambiare, come per esempio nei filtri; diverse sono le problematiche se gli induttori vengono utilizzati a una frequenza ben definita, come nel caso delle apparecchiature funzionanti alla frequenza industriale di 50 Hz.

La frequenza di lavoro degli induttori deve essere possibilmente scelta nella gamma di frequenza con i valori più alti del fattore di merito; nei cataloghi, infatti, viene riportato il valore di Q (50) riferito a una specifica frequenza (2,52 MHz).

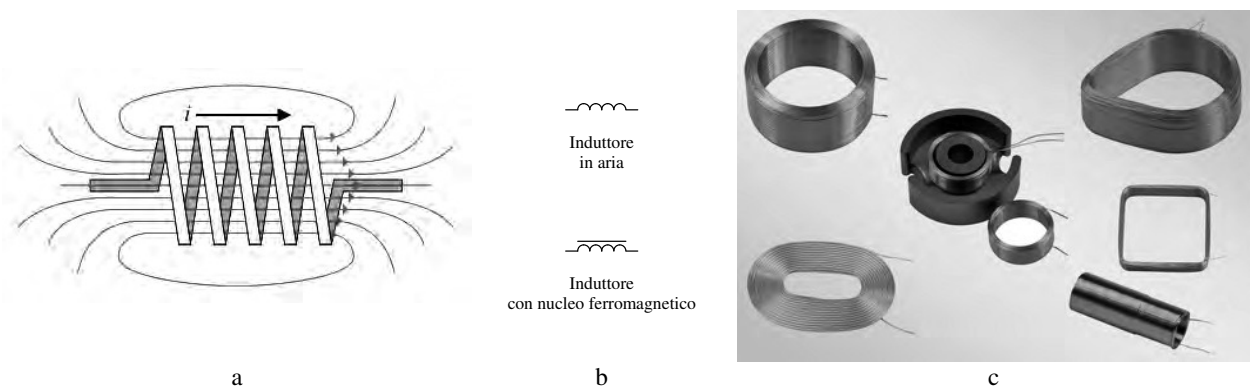


Fig. 3.143 - a) Solenoide rettilineo - b) Segni grafici - c) Esempi di induttori in aria. Al centro della figura è presente anche un induttore con nucleo ferromagnetico.

Gli induttori sono caratterizzati, oltre che dal fattore Q , anche dai seguenti parametri che vengono riportati nei cataloghi dei costruttori.

Induttanza nominale. Rappresenta il valore nominale dell'induttanza (3,3 mH), riportato sui cataloghi dei costruttori oppure ricavabile mediante appositi codici a colori simile a quello dei resistori e dei condensatori, come riportato nella tab. 3.35.

Tolleranza. Questo parametro esprime, in valore e segno, il massimo scostamento che il valore nominale dell'induttanza ha rispetto al valore nominale ($\pm 20\%$). Minore è il valore della tolleranza maggiore è la precisione rispetto al valore nominale.

Coefficiente di temperatura (TC). Questo valore dà un'indicazione di come cambia il valore dell'induttanza al variare della temperatura, in modo analogo a quanto visto per i resistori; tale valore, con segno, viene espresso in parti per milione per ogni grado centigrado (ppm/°C). Più è piccolo questo valore maggiore è la stabilità termica dell'induttore.

Colore	Valore 1ª cifra	Valore 2ª cifra	Moltiplicatore	Tolleranza
argento	-	-	0,01 μH	$\pm 10\%$
oro	-	-	0,1 μH	$\pm 5\%$
nero	0	0	1 μH	$\pm 20\%$
marrone	1	1	10 μH	$\pm 1\%$
rosso	2	2	100 μH	$\pm 2\%$
arancio	3	3	1000 μH	$\pm 3\%$
giallo	4	4	10000 μH	$\pm 4\%$
verde	5	5	100000 μH	-
celeste	6	6	-	-
viola	7	7	-	-
grigio	8	8	-	-
bianco	9	9	-	-
nessuno	-	-	-	$\pm 20\%$

Per esempio supponiamo di avere un induttore con le seguenti strisce di colore: giallo, viola, nero, argento. Utilizzando la tabella si determina che la sua induttanza è di 47 μH con una tolleranza del 10%. Infatti giallo = 4, viola = 7, nero = x1, quindi $47 \times 1 \mu\text{H} = 47 \mu\text{H}$ e con tolleranza argento = 10%.

Tab. 3.35 - Tabella dei colori per determinazione del valore dell'induttanza di un induttore.

Tensione di lavoro. Ogni induttore è caratterizzato da un valore limite della tensione applicata che dipende dal tipo di isolamento presente nell'induttore. Nel caso questo valore venga superato, si possono verificare delle scariche elettriche tra le spire e tra esse e le parti metalliche con cui è realizzato il supporto ($U_n = 600 \text{ V}$).

Corrente di lavoro. Ogni induttore è caratterizzato da un valore massimo della corrente che la può attraversare senza che il componente si danneggi per effetto Joule ($I_n = 0,5 \text{ A}$).

Dal punto di vista costruttivo le bobine ovvero gli induttori possono essere costruiti in vario modo; è però possibile suddividerli per la presenza o meno del nucleo ferromagnetico. Nella fig. 3.143c ne vengono riportati alcuni esempi. Gli induttori in aria vengono costruiti in vari modi. Molto spesso vengono usati avvolgimenti cilindrici dei quali sono riportati, a titolo di esempio, i parametri costruttivi nella tabella 3.36.

Mediante i dati riportati nella tab. 3.36, si possono raggiungere due risultati importanti: si può costruire una bobina di un preciso valore di induttanza e si può conoscere il valore dell'induttanza di una bobina dopo averne contato il numero di spire e misurato il diametro del supporto e quello del filo.

Nella tabella sono elencati i dati costruttivi della bobina, una volta fissato il valore di induttanza. L'avvolgimento dovrà essere realizzato mediante spire compatte (v. fig. 3.143c). Come si può notare, a uno stesso valore di induttanza, possono corrispondere più soluzioni.

In linea di massima converrà scegliere la soluzione a maggior diametro del supporto ($4 \div 20 \text{ mm}$) con il minor numero di spire e il maggior diametro del filo (mm), perché, così facendo, si migliora il fattore di merito Q .

Induttanza (μH)	Diametro di supporto (senza nucleo)									
	4 mm		6 mm		10 mm		15 mm		20 mm	
	spire	filo (mm)	spire	filo (mm)	spire	filo (mm)	spire	filo (mm)	spire	filo (mm)
0,02	3	0,8	1	1,5						
0,04	4	0,6	2	1	1	1,5				
0,06	5	0,5	3	1	2	1,5	1	1,5		
0,1	7	0,4	5	1	4	1	2	1,5	1	1,5
0,2	8	0,3	7	0,8	6	1	4	1,5	2	1,5
0,4	10	0,2	9	0,5	8	1	6	1	4	1,5
0,6			12	0,4	10	0,8	8	1	6	1
1			15	0,3	12	0,5	10	1	8	1
2			23	0,2	16	0,4	14	0,8	11	1
4					24	0,3	18	0,6	15	1
6					30	0,2	24	0,5	23	0,6
10							30	0,4	28	0,5
20							42	0,3	38	0,4
40									53	0,3
60									75	0,2
100									120	0,2

Tab. 3.36 - Tabella per la costruzione di bobine in aria aventi un determinato valore di induttanza.

Se, invece, della sezione rotonda si sceglie una sezione rettangolare le bobine si chiamano bobine rettangolari. Una struttura usata spesso è quella della bobina toroidale. In questo modo le linee di flusso del campo magnetico si estendono quasi esclusivamente all'interno della bobina stessa, come mostrato nella fig. 3.144a.

È possibile realizzare avvolgimenti per bobine piatte aventi la forma di una spirale o di forma rettangolare direttamente su circuito stampato; in questo modo però si possono avere induttanze di valore relativamente basso.

Gli induttori avvolti su ferro hanno, a parità di dimensioni e di correnti magnetizzate, un valore più grande di induttanza, in quanto la presenza nel nucleo di un materiale ferromagnetico fa aumentare la permeabilità magnetica del mezzo in cui si sviluppa il campo magnetico. Questi tipi di induttori sono caratterizzati da maggiori perdite per isteresi e per correnti parassite nel nucleo, con conseguente riduzione del fattore di merito Q e la non perfetta linearità di funzionamento, a causa della saturazione magnetica.

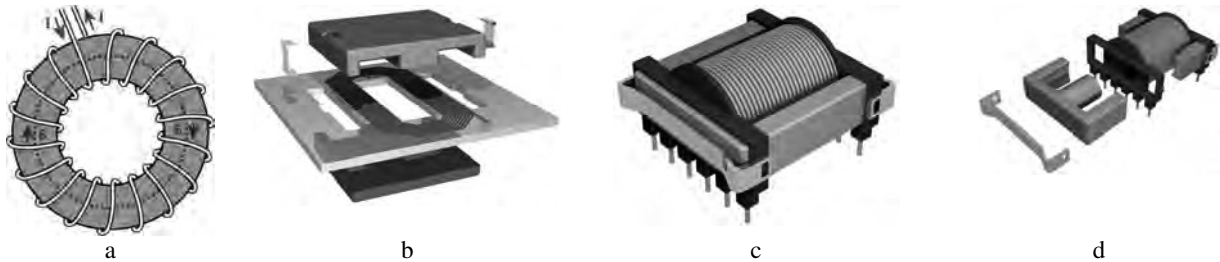


Fig. 3.144 - a) Campo magnetico in un induttore di forma toroidale - b) Esempio di bobina piatta realizzata su circuito stampato - c) Induttore con nucleo ferromagnetico - d) Particolari di un induttore con nucleo ferromagnetico tipo ER. Si noti la bobina e i relativi terminali per i collegamenti elettrici.

Il materiale con cui vengono costruiti i nuclei ferromagnetici possono essere lamierini in lega ferro-silicio per gli induttori che devono funzionare a bassa frequenza ($50\div 60$ Hz), mentre per gli induttori che devono lavorare ad alte frequenze è necessario utilizzare nuclei sinterizzati di permalloy, perminvar o mumetal e infine per applicazioni che richiedono basse perdite, al fine di avere elevati valori del fattore di merito Q , i nuclei devono essere realizzati in ferrite oppure con ossidi di ferro miscelati a nichel, zinco o rame.

Nella fig. 3.145 vengono riportati alcuni esempi di nuclei ferromagnetici per induttori.



Fig. 3.145 - Principali tipi di nuclei ferromagnetici per induttori: a) Tipo C - b) Tipo E - c) Tipo ER - d) Tipo toroide - e) Tipo RM - f) Tipo EP.

Gli induttori basano il loro funzionamento sulla generazione di un campo magnetico, tale campo può interferire con altri componenti presenti, nelle vicinanze, sui circuiti elettrici, in particolare quelli elettronici, causando malfunzionamenti nelle apparecchiature.

Per evitare questi effetti è necessario schermare l'induttore, la schermatura impedisce al flusso magnetico di disperdersi nello spazio circostante, comporta però lo svantaggio di ridurre il valore dell'induttanza e del fattore di merito. È interessante notare che, a causa della sua forma geometrica, il nucleo toroidale è autoschermante, in quanto il flusso magnetico rimane confinato all'interno del nucleo.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali degli induttori disponibili in commercio.



L'induttanza costruita con un filo conduttore avvolto in aria è quella che più delle altre si avvicina al componente ideale. Infatti non ha isteresi, tipica dei materiali ferromagnetici, e non va in saturazione anche se le correnti in gioco sono molto alte.

Sfortunatamente per realizzare una bobina con un elevato valore di induttanza occorre usare un numero elevato di spire. Ciò si traduce in dimensione elevata e/o resistività elevata. Il valore resistivo di un filo di rame è proporzionale alla sua lunghezza e inversamente proporzionale alla sua sezione. Maggiore è il valore resistivo, maggiore sarà la perdita di potenza dissipata.

L'ingombro elevato non è il solo elemento negativo di questo tipo di induttanza, esiste un motivo ben più importante che ne sconsiglia l'uso. Le linee di forza del campo magnetico, sprigionate lungo l'asse della bobina, si irradiano pesantemente in tutto lo spazio circostante. Queste possono causare interferenze non solo con gli apparati che si trovano nelle vicinanze, ma anche alterare i segnali presenti nella stessa apparecchiatura dove l'induttore è installato.

Fig. 3.146 - Principali caratteristiche degli induttori in aria.



L'induttanza costruita con un filo conduttore, solitamente di rame, avvolto intorno a un nucleo di materiale ferromagnetico (ferrite) ha il vantaggio di richiedere un numero di spire molto contenuto.

Possiede isteresi magnetica che può essere significativamente ridotta con una scelta opportuna del materiale ferromagnetico.

Un altro svantaggio è il limite della corrente che in essa può circolare, infatti una corrente troppo alta può saturare il nucleo.

Se si usa questo componente occorre sceglierne un tipo con corrente di saturazione almeno doppia rispetto a quella che circola effettivamente nel circuito.

Alla pari dell'induttanza avvolta in aria, genera anch'essa interferenze di natura elettromagnetica e valgono le considerazioni già fatte per la bobina avvolta in aria.

Fig. 3.147 - Principali caratteristiche degli induttori con nucleo ferromagnetico non schermato.



L'induttanza costruita su nucleo di ferrite e magneticamente schermata possiede caratteristiche simili alla bobina analizzata in precedenza.

In questo tipo di componente, le linee di flusso magnetico sono però rinchiuso su se stesse attraverso l'involucro esterno anch'esso costruito con lo stesso materiale del nucleo centrale.

Questa soluzione garantisce, anche se a costi superiori, una flusso disperso molto basso e un livello di interferenze elettromagnetiche molto contenuto.

Fig. 3.148 - Principali caratteristiche degli induttori con nucleo ferromagnetico schermato.



La bobina toroidale è relativamente costosa ed è caratterizzata da un flusso disperso estremamente basso perché le linee del campo magnetico si richiudono su se stesse, veicolate dall'anello di materiale ferromagnetico.

Sono costose e complicate da realizzare. Anche in questo tipo di bobine occorre scegliere il tipo in grado di consentire una corrente di saturazione sufficientemente elevata.

Per potenze elevate (superiori a 50 W) occorre tener conto dell'isteresi del materiale ferromagnetico in quanto quest'ultima rappresenta un elemento di perdita che si traduce in surriscaldamento del nucleo.

Un indizio sulla corrente che passa nell'induttanza si può desumere dal diametro del filo della stessa.

Fig. 3.149 - Principali caratteristiche degli induttori con nucleo ferromagnetico toroidale.

Gli induttori vengono utilizzati in molteplici applicazioni in campo elettrico ed elettronico.

Di seguito ne vengono presentate alcune tra le più utilizzate in ambito civile e industriale.

Nella fig. 3.150a viene mostrato un filtro di rete monofase che può contribuire a migliorare sensibilmente le condizioni di funzionamento di un impianto o di un'apparecchiatura elettronica.

Senza un filtro di rete i disturbi provenienti dalla linea elettrica possono influenzare negativamente il funzionamento dell'apparecchiatura alimentata.

I filtri di rete sono, in genere, dei filtri "passa basso" (low pass filter) e questo significa che:

- non costituiscono ostacolo per le frequenze di rete e possono essere impiegati anche con correnti continue;
- l'attenuazione riguarda solo le alte frequenze.

Nella fig. 3.150b viene mostrato il circuito stampato, relativo a un filtro di rete monofase, con i relativi componenti: condensatori, induttori e morsetti per il collegamento.

Nella fig. 3.150c vengono mostrate alcune prese di alimentazione con incorporato il filtro antidisturbo, alcuni modelli sono dotati di interruttore e/o altri di fusibile di protezione.



a



b



c

Fig. 3.150 - a) Filtro di rete monofase. Da notare lo schema elettrico riportato sul contenitore dove è possibile riconoscere gli induttori e i condensatori utilizzati dal filtro - b) Circuito stampato e relativi componenti di un filtro di rete monofase - c) Esempi di prese con incorporato il filtro di rete. In alcuni tipi è presente l'interruttore e/o un fusibile di protezione dai cortocircuiti.

Gli induttori trovano applicazione anche nei reattori per l'accensione delle lampade fluorescenti (v. fig. 3.151a). Queste apparecchiature sono in pratica delle bobine dotate di un nucleo ferromagnetico, vengono collegate in serie alle lampade; lo scopo è quello, oltre che di determinarne l'accensione, anche di limitare la corrente una volta che la lampada fluorescente si è accesa.

Le bobine possono essere utilizzate per realizzare gli elettromagneti. Questi sfruttano la magnetizzazione di un nucleo di ferro che si ha ogni qual volta si verifica il passaggio di corrente elettrica nell'avvolgimento magnetizzante, con conseguente attrazione di un'ancora o semplicemente di materiale ferroso, vincendo la forza resistente applicata all'ancora (dovuta a una molla) o semplicemente la forza di gravità.

Le applicazioni degli elettromagneti sono veramente tante, che verranno citate e approfondite nei capitoli successivi, in particolare vale la pena adesso citare:

- comando di interruttori, reostati, freni, giunti di accoppiamento, attuatori elettromagnetici (v. fig. 3.152b), elettroserrature (v. fig. 3.151b);
- apparecchi di sollevamento di materiali ferrosi (v. fig. 3.152a);
- relè (v. fig. 3.151c), contattori, elettrovalvole (v. fig. 3.152c).

Si costruiscono elettromagneti sia per correnti continue (DC) che per correnti alternate (AC). Nei primi il circuito magnetico è realizzato in materiale ferromagnetico massiccio di acciaio fuso, mentre negli elettromagneti per corrente alternata il circuito magnetico è costituito da lamierini di acciaio al silicio per ovviare al riscaldamento causato dalle correnti parassite.

La forza portante, ovvero la forza di attrazione che i poli dell'elettromagnete esercitano sull'ancora, è determinabile con la seguente formula:

$$F = \frac{B^2 \cdot S}{\mu_0}$$

dove B rappresenta l'induzione nel traferro, S è la superficie di uno dei poli che si affaccia al traferro e, infine, μ_0 è la permeabilità dell'aria.

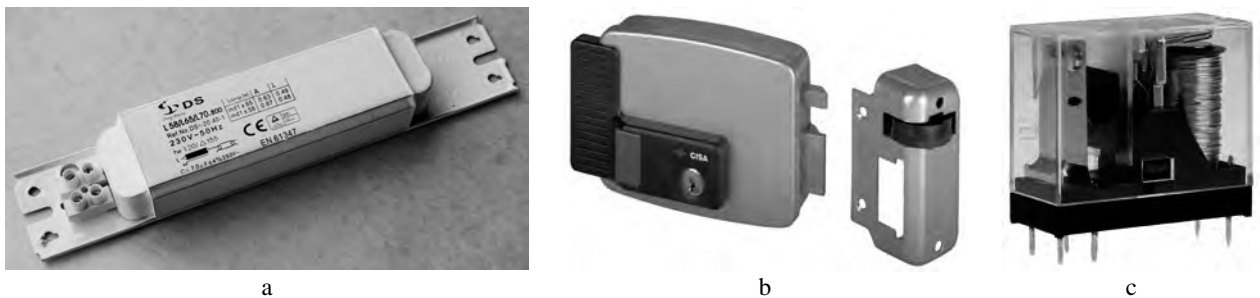


Fig. 3.151 - a) Reattore per l'accensione di lampade fluorescenti - b) Elettroserratura per l'apertura a distanza di un portone o di un cancello - c) Relè monostabile; si noti sulla destra la bobina di comando del relè.

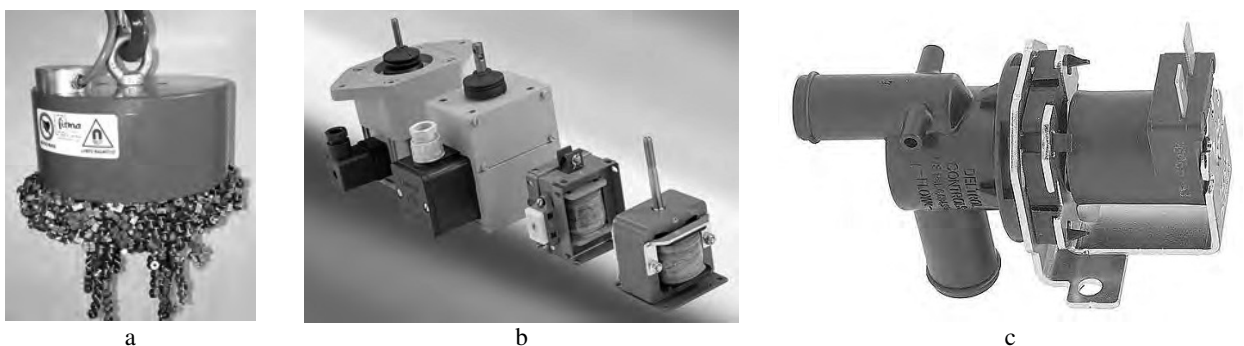


Fig. 3.152 - a) Elettromagnete per il sollevamento di materiali ferrosi per carichi da circa un centinaio ad alcune migliaia di kilogrammi. Da notare il cavo elettrico per l'alimentazione della bobina - b) Esempi di attuatori elettromagnetici, per tirare o spingere parti di meccanismi - c) Elettrovalvola per liquidi (acqua). Sulla destra in alto sono presenti le connessioni per l'alimentazione della bobina.

3.18 Esempio di programma per la simulazione di circuiti elettrici

Il programma Solve Elec è un semplice software, disponibile sul CD-Rom allegato oppure scaricabile da Internet, che consente di studiare circuiti in corrente continua e in corrente alternata con svariati dispositivi passivi ed attivi come resistori, condensatori, induttori, diodi, transistor, ecc.

Il programma, considerando le sue caratteristiche principali, consente di:

- disegnare un circuito elettrico;
- modificare le proprietà dei dispositivi presenti nel circuito (tensione, resistenza, capacità, ecc.);
- definire delle formule relative al circuito in esame (data la tensione U e la corrente I calcolare la potenza $P = U \cdot I$);
- vedere, in una finestra, la soluzione del circuito, comprese le formule letterali e valori indicati dagli strumenti di misura (voltmetri e amperometri);
- verificare la correttezza del circuito e le relative equazioni risolutive, risolvere e rappresentare circuiti equivalenti di circuiti più complessi;
- rappresentare grafici, come mostrato a titolo di esempio nelle fig. 3.154 e fig. 3.155;
- fare un report salvabile su file e stampabile ove è possibile riportando gli elementi visualizzati nelle varie finestre (circuito elettrico, formule, grafici, ecc.).

In corrente alternata, è inoltre possibile:

- visualizzare, mediante un oscilloscopio digitale, i grafici delle tensioni e delle correnti del circuito elettrico;
- visualizzare la funzione di trasferimento e la risposta in frequenza del circuito in esame.

Il programma si presenta con una finestra principale suddivisa in tre parti.

La parte superiore prevede oltre che la barra del titolo, la barra dei menu e la barra degli strumenti che consentono tra l'altro, mediante dei pulsanti, di attivare e di disattivare la simulazione del circuito, nonché inserire gli strumenti a seconda delle necessità.

La colonna di sinistra mostra la casella degli strumenti necessari per disegnare il circuito elettrico e la finestra delle proprietà del circuito per modificarne le caratteristiche (il valore dei resistori, dei condensatori, ecc.).

La colonna di destra mostra delle finestre a seconda del pulsante premuto sulla barra degli strumenti o mediante la barra dei menu. Tali finestre possono essere chiuse facendo clic sul pulsante di chiusura in alto a destra nella rispettiva finestra. Quando il circuito è attivato (Switch on) e la simulazione è avviata, il contenuto delle finestre della colonna di destra (valori numerici, grafici, ecc.) viene aggiornato automaticamente ogni volta che viene modificata una proprietà del circuito (valore delle tensioni, frequenze, ecc.). Le dimensioni delle finestre possono essere modificate facilmente trascinando i bordi con il puntatore del mouse.

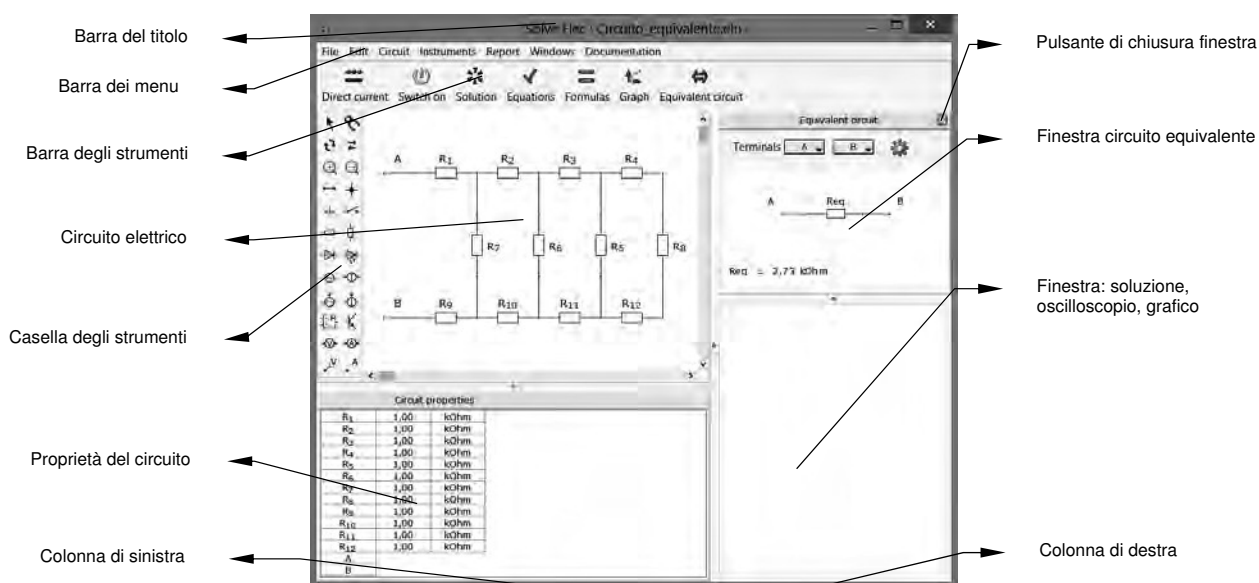


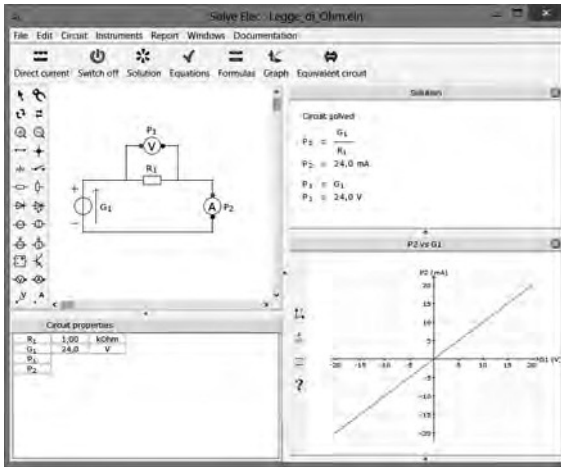


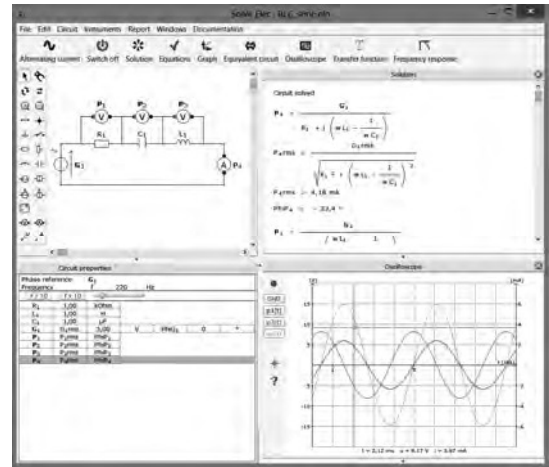
Fig. 3.153 - Finestra principale del programma di simulazione dei circuiti elettrici ed elettronici Solve Elec.

Il pulsante in alto a sinistra nella barra degli strumenti consente di selezionare il tipo di corrente e quindi la modalità di funzionamento: in corrente continua (DC-) e in corrente alternata (AC-). Facendo clic sul pulsante per cambiare la modalità di funzionamento (DC/AC), la finestra si presenterà vuota per consentire di disegnare un nuovo circuito elettrico, in quanto alcuni dispositivi non possono essere utilizzati sia in AC che DC.

In corrente continua si hanno a disposizione i seguenti dispositivi/comandi: interruttori, collegamento elettrico, resistori, potenziometri, diodi, generatori di tensione e di corrente, amplificatori operazionali, transistor. Sono disponibili, inoltre, generatori di tensione e corrente controllabili esternamente nonché strumenti di misura come voltmetri e amperometri.



a



b

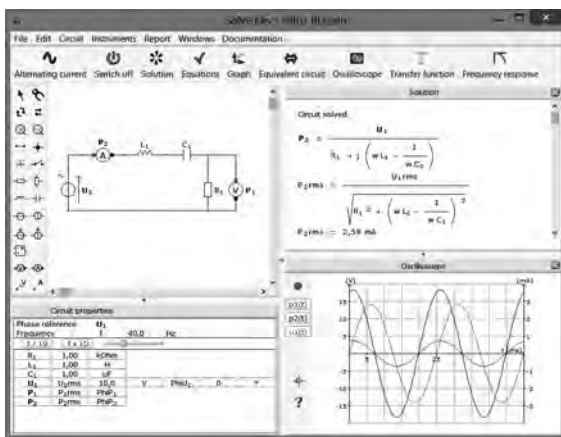
Fig. 3.154 - a) Simulazione della legge di Ohm in DC - b) Simulazione di un circuito RLC serie in AC.

In corrente alternata i generatori, le correnti e le cadute di tensione sono considerati dal programma come grandezze sinusoidali aventi tutti la stessa frequenza. Per esempio, la tensione ha un'espressione del tipo: $u(t) = U_{max} \cdot \text{sen}(\omega t + \theta)$, dove U_{max} rappresenta il valore massimo della tensione, ω è la pulsazione ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$) e infine θ l'angolo di sfasamento. Il valore efficace della tensione è rappresentato dalla seguente relazione:

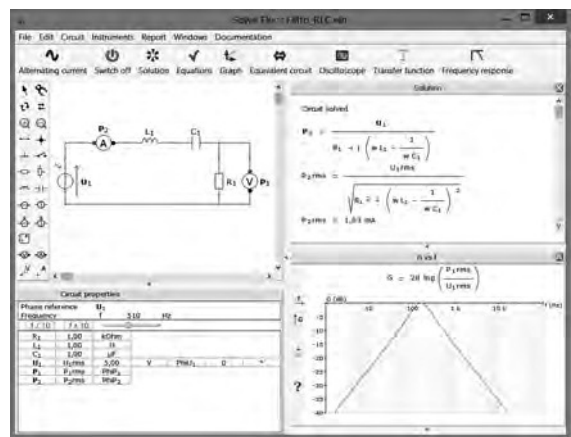
$$U_{rms} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \text{ mentre la frequenza } f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}.$$

Le grandezze sinusoidali sono rappresentate da numeri complessi, che sono visualizzati in grassetto, in questa forma vengono usati per risolvere i circuiti. I valori calcolati delle tensioni e delle correnti sono espressi in valore efficace. In corrente alternata vengono utilizzati solo componenti lineari al fine di assicurarsi che le tensioni e le correnti siano rappresentabili da una sinusoide.

Il circuito può contenere i seguenti componenti: interruttori, resistori, capacità, induttori, potenziometri, generatori di tensione e di corrente, amplificatori operazionali. Sono disponibili generatori di tensione e corrente controllabili esternamente e strumenti di misura come voltmetri e amperometri.



a



b

Fig. 3.155 - Simulazione di un filtro passivo RLC serie: a) Con oscilloscopio - b) Con grafico in scala logaritmica guadagno-frequenza.

Le caratteristiche del programma sono descritte nell'help in linea disponibile dopo aver installato il programma oppure sono visualizzabili mediante il "Solve Elec 2-5 help Windows.pdf", disponibile sul CD-Rom e scaricabile da Internet, leggibile con un comune lettore di file .pdf.

3.19 Materiali semiconduttori e giunzione pn

I circuiti elettronici sono formati da componenti passivi (resistori, condensatori, induttori, ecc.) che subiscono gli effetti della corrente elettrica, alterando con la loro presenza le caratteristiche dei segnali, e da componenti attivi (diodi, transistor, tiristori, ecc.), realizzati con materiali semiconduttori, che sono in grado di generare segnali elettrici e di amplificarli.

I materiali semiconduttori sono divenuti sempre più importanti e utilizzati negli ultimi decenni grazie allo sviluppo dell'elettronica e dei dispositivi a essa associati.

Il presente paragrafo, oltre a illustrare le caratteristiche fisiche e tecnologiche dei materiali semiconduttori, tratterà le caratteristiche delle giunzioni **pn**.

Nella tecnologia dei semiconduttori sono due gli elementi oggi usati dall'industria per la costruzione dei componenti a semiconduttori: il **germanio** ed il **silicio**.

Il **germanio** (Ge) è un elemento tetravalente metallico con numero atomico 32, peso atomico 72,6, fonde a 936 °C, è fragile ed è di colore grigio-argento. Viene ricavato per lo più dai minerali di zinco o dalle ceneri di carbon fossile. Tramite processi chimici si riduce prima a biossido di germanio, poi a ossido di germanio e infine a germanio. Il prodotto finale è un policristallo che non presenta una notevole purezza: le caratteristiche elettriche sono influenzate dalle impurità presenti.

Il **silicio** (Si) è un elemento tetravalente metallico con numero atomico 14 e peso atomico 28, fonde a 1420 °C, di colore grigio con riflessi bluastri ed è molto fragile. È molto diffuso. È il secondo elemento per abbondanza nella crosta terrestre dopo l'ossigeno. Si trova in argilla, feldspato, granito e quarzo, principalmente in forma di biossido di silicio, silicati e alluminosilicati (composti contenenti silicio, ossigeno e metalli). Il silicio è il componente principale, oltre che dei semiconduttori, anche di vetro, cemento, ceramica e silicone.

Si ricava per riduzione del triclorosilano e per riduzione della silice mediante carbone a temperature superiori a quella di fusione presentando, però, una purezza non superiore al 98%.

Con i procedimenti descritti precedentemente si ottengono silicio e germanio aventi una struttura policristallina, cioè costituita da un grandissimo numero di cristalli orientati a caso, in ogni direzione.

Per la fabbricazione dei dispositivi a semiconduttore è necessario, invece, disporre di **materiale monocristallino**, ovvero formato da una ripetizione regolare, nelle tre dimensioni dello spazio, di una cella o cristallo elementare, in modo che non vi siano impurezze fisiche dovute a malformazioni reticolari.

Per realizzare la struttura monocristallina si utilizza un germe monocristallino di orientazione ben nota, detto seme, che, parzialmente fuso e posto a contatto con il semiconduttore liquido, dà luogo, nella fase di lenta solidificazione, alla crescita isorientata e regolare del reticolo cristallino.

Occorre infine drogare il monocristallino aggiungendo una quantità molto piccola, ma esattamente determinata, di sostanze in grado di conferire al materiale le caratteristiche (tipo **p** o tipo **n**) desiderate.

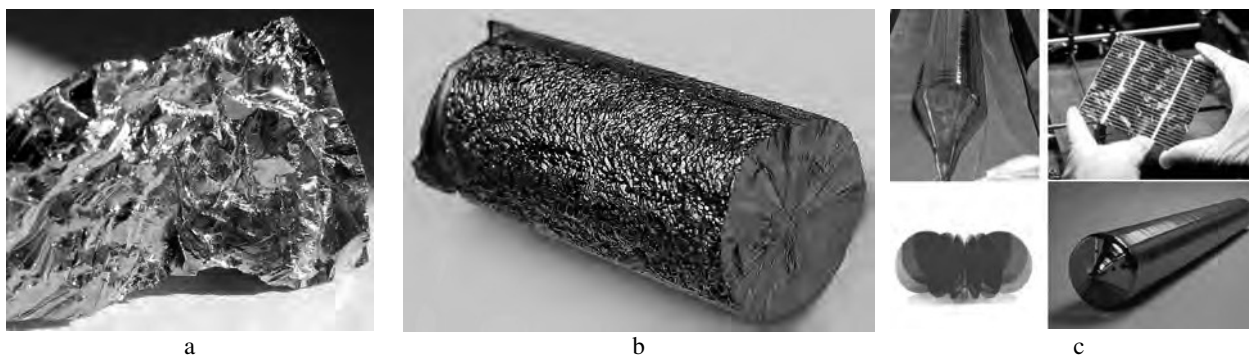


Fig. 3.156 - a) Germanio - b) Silicio policristallino - c) Silicio monocristallino per la fabbricazione dei dispositivi a semiconduttore.

Germanio e silicio sono materiali tetravalenti, ossia ciascun atomo dispone di quattro elettroni sulle orbite più esterne che formano legami di tipo covalente (v. fig. 3.157a). La loro struttura, a zero gradi Kelvin, è identica a quella dei materiali isolanti nei quali, a differenza dei conduttori, gli elettroni che occupano i legami covalenti hanno scarsa possibilità di passaggio a orbite più esterne perché è notevole il salto energetico richiesto.

All'aumentare della temperatura, però, l'energia di vibrazione del reticolo è tale da consentire a un certo numero di elettroni di cambiare stato.

Gli elettroni che hanno abbandonato un legame covalente per passare a un'orbita più esterna, hanno lasciato una carica positiva in eccesso.

Nella pratica, questa carica positiva non neutralizzata, viene chiamata **lacuna** (ossia mancanza di elettroni); è evidente pertanto che il passaggio di un elettrone di un legame covalente a un'orbita libera può essere anche immaginato come lo spostamento di una lacuna da una posizione all'altra (v. fig. 3.157).

Questi due meccanismi, di spostamento dell'elettrone e spostamento della lacuna, devono essere considerati statisticamente indipendenti, ossia il generico elettrone e liberatosi, potrà spostarsi sulle varie orbite libere e quindi muoversi nel sistema, come pure la lacuna generata potrà venire occupata da un altro elettrone e quindi dar vita a un movimento di lacune indipendente dalla posizione occupata dall'elettrone e .

Occorre inoltre tenere presente che è d'uso indicare il numero di elettroni liberi per unità di volume con la lettera n ed il numero di lacune libere per unità di volume con la lettera p .

Nei semiconduttori intrinseci (ossia puri e omogenei) i fenomeni legati alla conduzione possono essere così riassunti:

- 1) liberazione di un elettrone da un legame covalente;
- 2) ricombinazione di un elettrone libero con una lacuna;
- 3) passaggio di un elettrone libero a un'altra orbita libera;
- 4) passaggio di un elettrone da un legame covalente all'orbita di un altro legame covalente libero.

Drogare il germanio o il silicio vuol dire aggiungere in piccola percentuale altri elementi chiamati droganti, al fine di aumentarne la conduzione.

La concentrazione dei droganti normalmente varia da $10^{15} \div 10^9$ atomi/cm³, il che significa che la percentuale del drogante è pari a $10^{-8} \div 10^{-4}$; concentrazioni così basse non alterano la struttura del materiale che pertanto può essere considerata identica a quella del semiconduttore intrinseco (ossia puro e omogeneo).

I materiali droganti utilizzati appartengono a due distinte categorie:

- 1) droganti pentavalenti (antimonio, fosforo, arsenico);
- 2) droganti trivalenti (boro, gallio, indio, alluminio).

I primi vengono detti **donatori** perché il quinto elettrone dell'atomo drogante si inserisce nelle orbite libere esterne, essendo ciascun nucleo del semiconduttore legato agli altri nuclei da quattro legami covalenti. Il quinto elettrone pertanto è un elettrone libero che si muove nelle orbite libere dette anche di **conduzione** (v. fig. 3.157b).

La struttura cristallina formata dal semiconduttore e dal drogante pentavalente è detta di tipo **n** perché la conduzione è dovuta, in grandissima percentuale, agli elettroni che sono in numero maggiore rispetto alle lacune.

I droganti trivalenti vengono invece detti **accettori** perché l'effetto da essi prodotto nel semiconduttore è esattamente opposto a quello dei droganti pentavalenti.

Nella struttura formata da semiconduttore e drogante trivalente, la conduzione avviene quasi esclusivamente per mezzo delle lacune e questi materiali vengono pertanto detti di tipo **p** (v. fig. 3.157c).

Gli elettroni nel semiconduttore di tipo **n** e le lacune in quello di tipo **p** costituiscono i cosiddetti portatori di maggioranza.

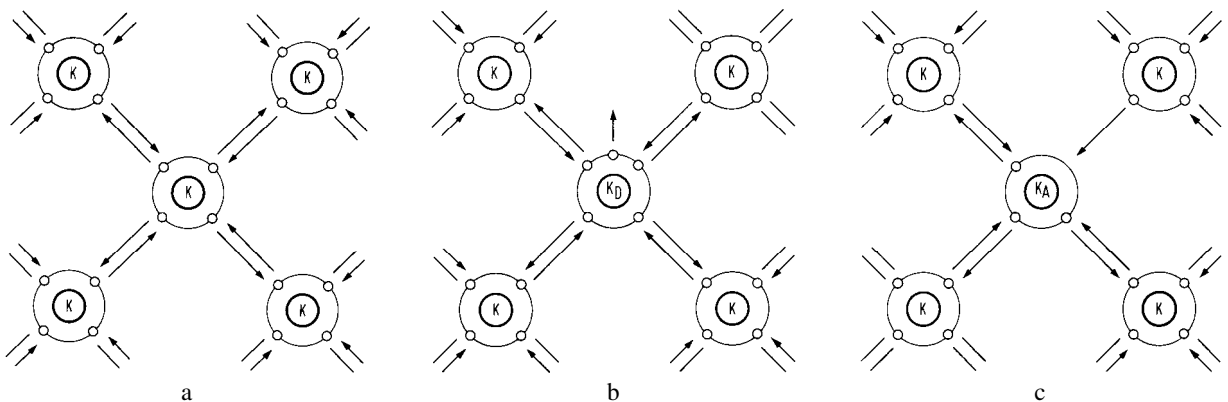


Fig. 3.157 - a) Legame covalente nella struttura del germanio o del silicio (k rappresenta l'insieme del nucleo vero e proprio e di tutti gli elettroni fino all'orbita più esterna) - b) Drogaggio con un elemento pentavalente (KD). Si noti la formazione di un elettrone libero. Il semiconduttore diventa di tipo n - c) Drogaggio con un elemento trivalente (KA). Si noti la formazione di una lacuna. Il semiconduttore diventa di tipo p .

La struttura fondamentale dei dispositivi a semiconduttori (diodi, transistor, ecc.) è la **giunzione**, costituita da un monocristallo di materiale semiconduttore **drogato** in modo da avere una regione di tipo **p** a contatto con una di tipo **n** (v. fig. 3.158a).

Il materiale semiconduttore di gran lunga più utilizzato per la realizzazione dei dispositivi elettronici è il silicio.

A seguito del drogaggio e della creazione delle due zone **p** e **n** gli elettroni liberi della zona **n** e le lacune della zona **p** tendono a ricombinarsi, ovvero ad annullarsi a vicenda, in modo da trasformare le due zone **p** e **n** del semiconduttore in una zona uniforme, nella quale non vi siano più né elettroni liberi né lacune.

Tale riequilibrio di cariche elettriche tuttavia non può avvenire in tutta l'estensione delle regioni **p** e **n** del semiconduttore, ma solo nella cosiddetta **zona di transizione**, nella quale risultano presenti ioni positivi o negativi contrapposti; più precisamente, gli ioni positivi sono affacciati alla **n**, mentre quelli negativi sono affacciati alla zona **p** (v. fig. 3.158a).

Questo schieramento di cariche fisse determina un campo elettrico che ostacola il processo di diffusione delle lacune dalla regione **p** alla **n**, e di elettroni dalla regione **n** alla **p**.

Collegando i due reofori esterni della giunzione a un generatore in corrente continua (una pila), come mostrato nella fig. 3.158b, con la regione **p** connessa alla polarità positiva e la regione **n** alla negativa, si realizza una polarizzazione diretta del semiconduttore: sia le lacune che gli elettroni vengono spinti verso la superficie di contatto fra le due regioni, ne consegue una riduzione della zona di transizione e del campo elettrico che ne deriva.

Aumenta in tal modo il numero delle lacune e degli elettroni che hanno energia sufficiente per attraversare la zona di transizione; lacune ed elettroni che vengono peraltro continuamente reintegrati dal generatore.

Si determina così una **corrente diretta** I_d , emessa dal generatore e indicata nella fig. 3.158b nel senso convenzionale (mentre è noto che il flusso degli elettroni fuoriesce dalla polarità negativa del generatore per poi rientrarvi in quella positiva). Se ne deduce che una giunzione **pn** sottoposta a una polarizzazione diretta presenta una **resistenza molto bassa**.

Collegando invece i due reofori al generatore con polarità invertite (regione **p** alla polarità negativa; regione **n** alla positiva), si realizza una **polarizzazione inversa** della giunzione: lacune ed elettroni vengono allontanati dalla superficie di contatto fra le due regioni; questo determina un allargamento della zona di transizione e un incremento del campo elettrico che fa da barriera al passaggio di lacune dalla regione **p** alla **n**, e di elettroni dalla regione **n** alla **p**.

Ad attraversare la giunzione sono invece i cosiddetti portatori di minoranza, vale a dire gli elettroni nella regione **p** (che passano alla **n**) e le lacune nella regione **n** (che passano alla **p**).

Questo flusso, molto limitato dalla presenza minima di questi portatori nelle rispettive regioni, viene alimentato dal generatore con una **corrente inversa** I_i . Se ne deduce che una giunzione **pn** sottoposta a una polarizzazione inversa presenta una **resistenza molto alta**.

La realizzazione dei componenti attivi a semiconduttore deriva dalla composizione di più giunzioni **pn**, oppure, nel caso più semplice, da una singola giunzione.

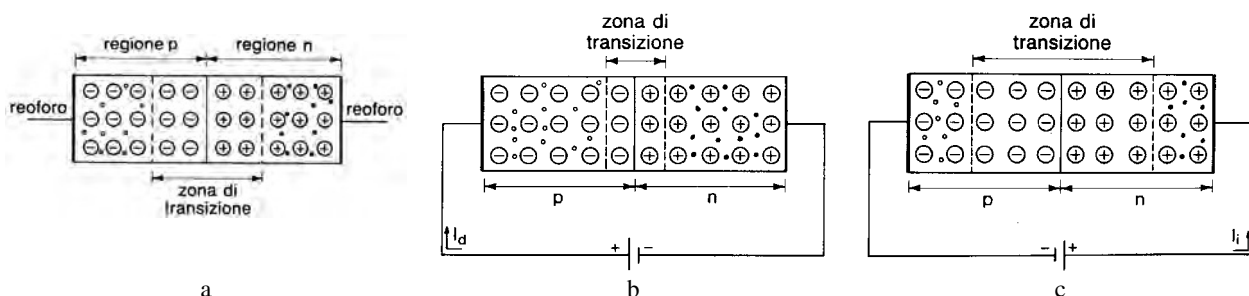


Fig. 3.158 - a) Distribuzione delle cariche elettriche in una giunzione **pn** in stato di equilibrio - b) Polarizzazione diretta di una giunzione **pn** - c) Polarizzazione inversa di una giunzione **pn**.

3.19.1 Diodi

I diodi sono dispositivi a semiconduttore che in genere presentano due terminali che sfruttano le proprietà della giunzione **pn** ovvero consentono il passaggio della corrente in un senso e la impediscono nell'altro.

Normalmente i diodi sono costituiti da una giunzione **pn** inserita in un contenitore (package) ceramico, metallico, plastico o in vetro come mostrato nella fig. 3.159. Le zone **p** e **n** della giunzione e i relativi terminali di connessione sono denominati rispettivamente **anodo** e **catodo**.

Il catodo viene normalmente identificato sul dispositivo mediante una fascia colorata (v. fig. 3.159a e fig. 3.159b), da una tacca di riferimento oppure mediante il segno grafico riportato sul contenitore (v. fig. 3.159e).

Nella fig. 3.161a e nella fig. 3.161b vengono mostrate le strutture interne di diodi con giunzione (attualmente i più diffusi) e con giunzione a lega.

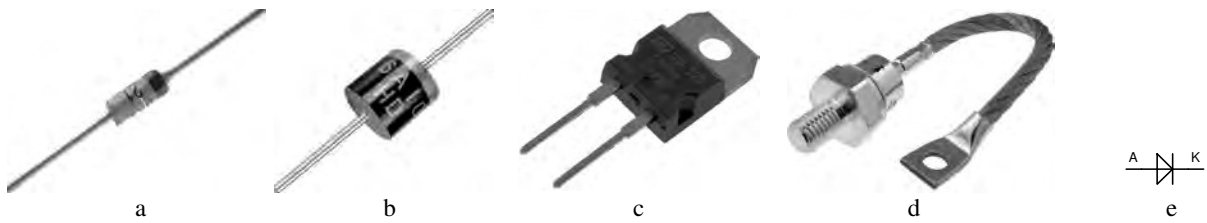


Fig. 3.159 - Contenitori di alcuni diodi: a) Di vetro (solo per diodi di piccolissima potenza) - b) - c) Di plastica (per diodi di piccola potenza) - d) Di metallo (per diodi di media e grande potenza adatto per essere fissato su dissipatore) - e) Segno grafico secondo le norme CEI.

In genere la funzione svolta dai diodi è quella di permettere il passaggio della corrente elettrica in un senso (senso diretto) e impedirlo nell'altro (senso inverso). La circolazione della corrente in un diodo dipende, come si è visto nella giunzione **pn**, dal tipo di polarizzazione. Il diodo può avere tre diverse condizioni di funzionamento: non polarizzato, polarizzato direttamente e polarizzato inversamente (v. fig. 3.160).

Nella fig. 3.160 viene mostrato il programma di simulazione per circuiti elettrici Solve Elec che mostra le condizioni di funzionamento di un diodo polarizzato in modo diretto (v. fig. 3.160a) e inverso (v. fig. 3.160b).

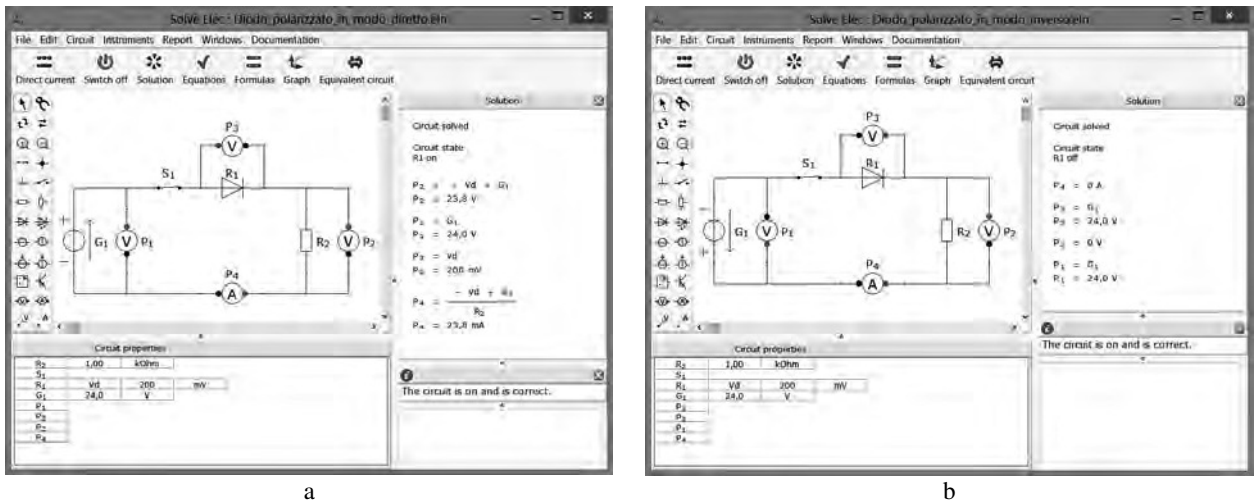


Fig. 3.160 - Condizioni di funzionamento di un diodo al silicio: a) Polarizzato in modo diretto - b) Polarizzato in modo inverso.

Nella fig. 3.161c, viene presentata la caratteristica tensione-corrente (caratteristica volt-amperometrica) di un diodo al germanio (linea tratteggiata) e di un diodo al silicio (linea continua).

Il grafico evidenzia il comportamento non lineare di questo dispositivo elettronico, nonché le due zone indicate come **zona di conduzione diretta** (primo quadrante) e **zona di conduzione inversa** (terzo quadrante) che corrispondono rispettivamente alla polarizzazione diretta e inversa del diodo.

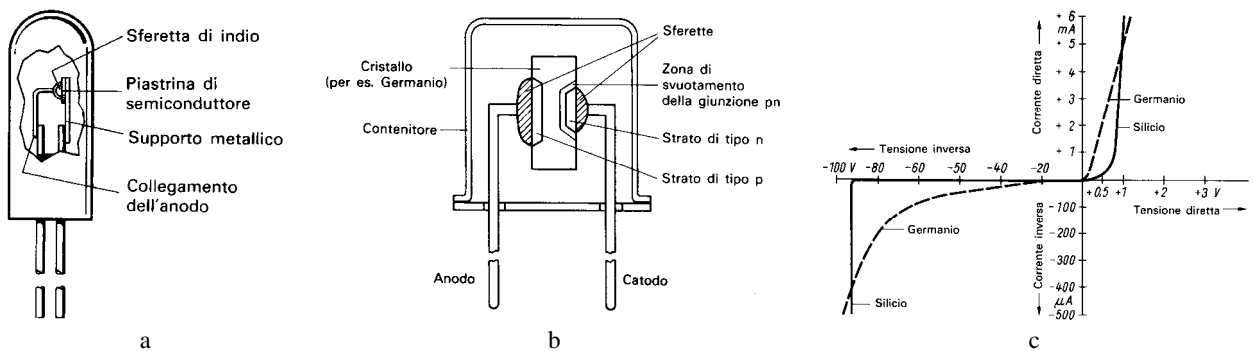


Fig. 3.161 - a) Struttura di un diodo con giunzione - b) Struttura di un diodo con giunzione a lega - c) Caratteristica tensione-corrente o volt-amperometrica di un diodo al silicio e di un diodo al germanio.

Nei dispositivi di piccola potenza e per correnti di conduzione di pochi milliampere, il valore della **tensione di soglia** U_γ vale $0,2\div 0,4$ V per i dispositivi al germanio e $0,6\div 0,8$ V per quelli al silicio; mentre per i dispositivi destinati a correnti elevate la tensione di soglia può arrivare a circa 2 V.

Nel grafico di fig. 3.161c è possibile osservare che se il diodo viene polarizzato inversamente, la corrente circolante è trascurabile fino al raggiungimento di un valore di tensione U_z denominata tensione di breakdown. Se si supera tale valore di tensione, la corrente assume il valore massimo possibile che può portare alla distruzione del dispositivo per un eccessivo riscaldamento dovuto alla eccessiva dissipazione di energia sotto forma di calore.

Per un uso corretto di questi dispositivi è necessario conoscere le loro principali caratteristiche di funzionamento, che vengono fornite dai costruttori mediante tabelle e grafici nei quali vengono posti in evidenza l'andamento di alcuni parametri in funzione di altri.

In particolare il diodo deve necessariamente funzionare al di sotto del valore della massima tensione inversa U_z (tensione di breakdown) chiamata anche **tensione di rottura** o di scarica.

Altri parametri importanti sono: la **massima corrente diretta** ammissibile e la **massima potenza dissipabile**, valori questi che consentono di stabilire i limiti da non superare onde evitare che un eccessivo aumento del valore della temperatura della giunzione possa distruggere il dispositivo stesso.

Il diodo è un dispositivo a semiconduttore che ha la caratteristica di funzionamento non lineare. Per definire le condizioni di lavoro, ovvero il punto di funzionamento, è necessario considerare la retta di carico e la caratteristica del diodo.

Si consideri il circuito con il diodo polarizzato direttamente (v. fig. 3.162a) nel quale la tensione di alimentazione U viene applicata al resistore $R = (R_2+R_3)$ attraverso il diodo; se il diodo si trova in conduzione, vale la seguente relazione:

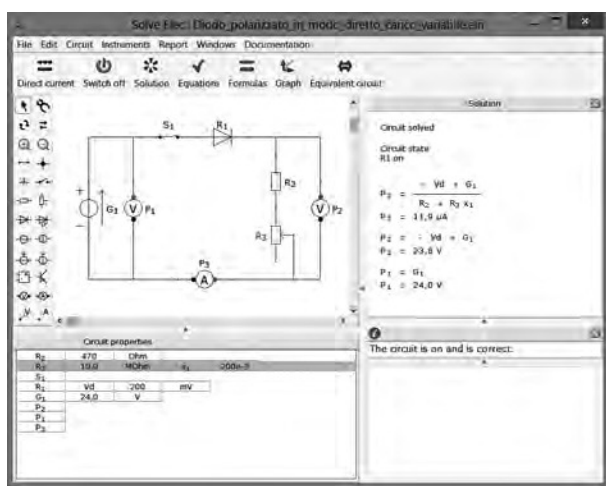
$$U = (R_d + R) \cdot I$$

nella quale R_d rappresenta la resistenza propria del diodo il cui valore cambia in funzione della corrente, in quanto, come si è visto, la caratteristica del diodo non è lineare.

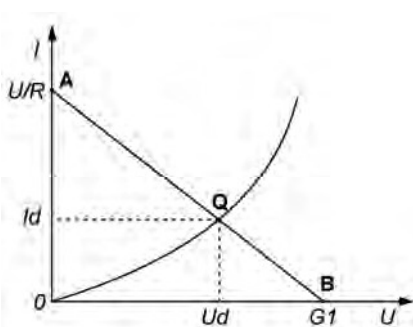
La retta, mostrata nella fig. 3.162b, che congiunge i punti (U/R) e $G1$ ($G1$ rappresenta la tensione del generatore riportato nella fig. 3.162a) è detta **retta di carico**; ogni punto Q di intersezione con la caratteristica del diodo corrisponde ad una possibile condizione di funzionamento del diodo al variare del carico R , dove $R = (R_2+R_3)$ come riportato nello schema elettrico di fig. 3.162a.

Quando la resistenza R_d del diodo è nulla, la corrente ($I = U/R$), nella fase di conduzione, è limitata dalla resistenza di carico esterna R ed è individuata dal punto A. Quando il diodo è polarizzato inversamente e non conduce, essendo la corrente nel circuito nulla, risulta pure zero la caduta di tensione sulla resistenza R e, quindi, la tensione ai capi del diodo risulta uguale alla tensione di alimentazione U . Questa condizione è individuata nel grafico dal punto B per il quale vale $I = 0$ e la tensione U è uguale alla tensione del generatore $G1$.

Il punto Q, individuato dall'intersezione della retta con la caratteristica tensione-corrente del diodo, è denominato **punto di funzionamento** e definisce i valori I_d e U_d del diodo.



a



b

Quando il valore di R aumenta la retta di carico si sposta verso il basso per la diminuzione del rapporto U/R . Il punto di lavoro si sposta verso l'origine O .

Quando il diodo è polarizzato inversamente la caratteristica del diodo interseca la retta di carico nel terzo quadrante, in questo caso infatti è $U < 0$: Q corrisponde al valore della corrente di saturazione inversa.

Fig. 3.162 - a) Simulazione del circuito per la definizione delle condizioni di lavoro di un diodo - b) Retta di carico e punto di funzionamento Q di un diodo.

I diodi possono essere realizzati in particolare, come si è detto in precedenza, in materiali semiconduttori come il germanio e il silicio.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche dei diodi più diffusi e alcune applicazioni.

I **diodi al germanio** hanno il vantaggio di presentare una caduta di tensione piuttosto piccola, di circa 0,2 V (tensione di soglia), quando sono polarizzati direttamente, e di conseguenza hanno una minore dissipazione di potenza e in definitiva una maggiore efficienza.

La caduta di tensione piuttosto bassa consente, a questi diodi, di essere utilizzati con segnali di debole intensità, come nel caso di apparecchiature ad alta frequenza per la trasmissione dei dati.

Presentano però almeno due svantaggi significativi ovvero una corrente inversa dell'ordine dei microampere e una forte dipendenza dalla temperatura.

Più diffusi sono invece i **diodi al silicio** in particolare nei circuiti per la conversione dell'energia (alimentatori). Rispetto ai diodi al germanio quelli al silicio hanno le caratteristiche elettriche più stabili al variare della temperatura e hanno una corrente inversa molto più piccola dell'ordine dei nanoampere.

Presentano lo svantaggio di una maggiore caduta di tensione quando sono polarizzati direttamente (tensione di soglia di 0,6 V per i diodi di piccola potenza, circa 2 V per i tipi impiegati in circuiti con alte correnti).

Per determinare l'efficienza di un diodo basta utilizzare un ohmetro. Polarizzato direttamente il diodo conduce, presentando una bassa resistenza ($R \approx 300 \Omega$).

Polarizzato inversamente, il diodo non conduce, la resistenza misurata con l'ohmetro è molto alta: $>200 \text{ k}\Omega$ per diodi al germanio e $>1 \text{ M}\Omega$ per diodi al silicio. Nel caso che una delle misure effettuate non corrisponda alle prove precedenti il diodo è inefficiente.

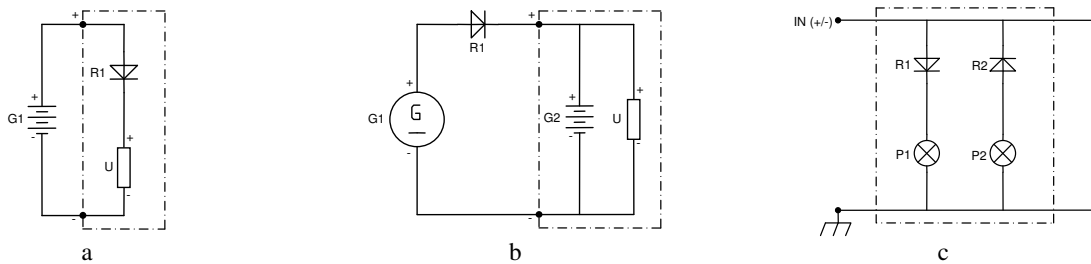


Fig. 3.163 - Esempi di applicazione dei diodi: a) L'utilizzatore U risulta protetto dalle inversioni accidentali delle polarità dell'alimentazione in corrente continua - b) Il diodo $R1$ ha la funzione di impedire la scarica della batteria di accumulatori sul generatore, quando questo non li sta ricaricando - c) La lampada $P1$ si illumina con ingresso positivo rispetto a massa, la lampada $P2$ si illumina con ingresso negativo rispetto a massa.

I diodi sono in grado di offrire ottimi risultati in termini di soppressione delle sovratensioni che provocano un dannoso arco elettrico sui contatti che comandano gli induttori (bobine di relè, contattori, elettrovalvole, ecc.), riuscendo a limitare la tensione di picco alla piccola tensione che si ha ai capi del dispositivo quando è polarizzato direttamente. Il funzionamento può essere così sintetizzato (v. fig. 3.164).

L'induttanza della bobina dei relè, delle elettrovalvole o dei contattori alimentati in corrente continua (DC) accumula, durante la fase di aumento della corrente I (chiusura del contatto di alimentazione posto tra i morsetti A e B), dell'energia: quando la corrente I decresce (fase di apertura del contatto), la bobina genera una forza contro elettromotrice (f_{cem}) indotta, restituendo al circuito l'energia accumulata, che provoca archi elettrici sui contatti posti in serie alla bobina.

Per porre rimedio a questo fenomeno, quando il circuito funziona in DC si pone in parallelo alla bobina un diodo $R1$ polarizzato inversamente (non in conduzione) durante la normale fase di alimentazione della bobina; nell'istante di apertura del contatto, la forza contro elettromotrice che si genera viene ad avere polarità opposta alla precedente, in grado, quindi, di polarizzare direttamente $R1$ che, entrando in conduzione, limita l'ampiezza della sovratensione.

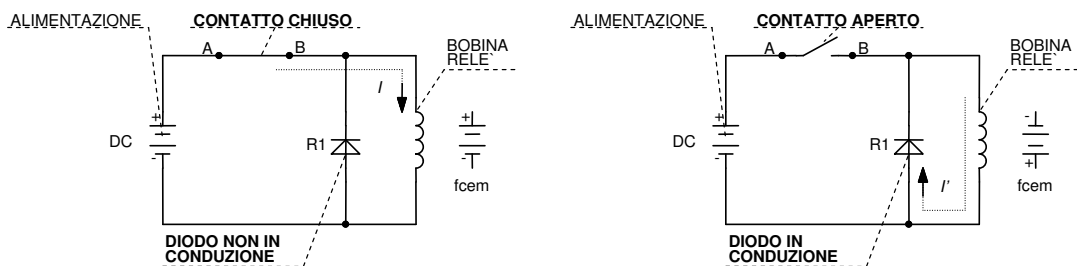


Fig. 3.164 - Principio di funzionamento del diodo di ricircolo.

La corrente I' (corrente di libera circolazione) circola fino al completo esaurimento dell'energia accumulata dall'induttanza che, quindi, è dissipata tutta su se stessa.

Il diodo deve essere scelto in modo tale che il valore massimo della tensione inversa sia inferiore al valore della tensione nominale del circuito di un coefficiente che può variare da 1,5 a 3,0.

Il valore della corrente I' dovrà essere inferiore al valore dichiarato dal costruttore, altrimenti si avrà un invecchiamento precoce o una rottura del diodo. L'uso dei diodi presenta il grande vantaggio di ridurre le sovratensioni a valori molto bassi, ma comporta i seguenti svantaggi:

- possono essere utilizzati solo in corrente continua;
- occorre rispettare le polarità (è necessario polarizzarli inversamente, come mostrato nella fig. 3.164, collegando il catodo del diodo alla polarità positiva dell'alimentazione);
- si possono avere dei ritardi alla diseccitazione del contattore.

In alcuni casi, è possibile utilizzare gruppi antidisturbo con un diodo e una resistenza in serie: la resistenza favorisce lo smaltimento per effetto Joule dell'energia immagazzinata nel circuito e, in questo modo, la corrente di libera circolazione I' si estingue più velocemente.

Di seguito verranno brevemente esaminate le caratteristiche dei diodi raddrizzatori, Zener, LED e dei fotodiodi.

Diodo raddrizzatore. Questo tipo di diodo, normalmente realizzato in silicio, inserito in un circuito funzionante in corrente continua, quando la tensione diretta ai suoi capi supera la tensione di soglia, passa in conduzione lasciando circolare una corrente diretta il cui valore dipende dalle caratteristiche del circuito (resistenza del carico).

Se invece il diodo viene polarizzato inversamente, si lascia attraversare da una corrente I_i piccolissima ($I_i = 10^{-12}$ A).

Se questo tipo di diodo viene inserito in un circuito, come in fig. 3.165b, funzionante in corrente alternata sinusoidale (v. fig. 3.165a) esso conduce durante le semionde positive della tensione oppure durante quelle negative a seconda del modo in cui è inserito (raddrizzatore a semionda), ottenendo in entrambi i casi, su un carico resistivo R_2 , una tensione pulsante che ha la forma indicata nella fig. 3.165c.

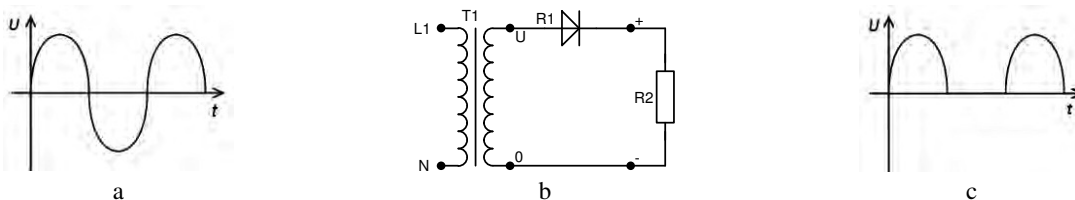


Fig. 3.165 - Esempi di applicazione dei diodi raddrizzatori: a) Tensione alternata sinusoidale sul primario del trasformatore T_1 - b) Circuito raddrizzatore a semionda con un solo diodo R_1 - c) Tensione pulsante sul carico resistivo R_2 .

Se invece questi tipi di diodi vengono inseriti in un circuito, come in fig. 3.166b, funzionante in corrente alternata sinusoidale (v. fig. 3.166a) denominato raddrizzatore monofase ad onda intera a ponte di Graetz si otterrà su un carico resistivo R_5 , una tensione pulsante che ha la forma indicata nella fig. 3.166c.

Il ponte di Graetz funziona nel seguente modo. Nell'istante in cui inizia la semionda positiva della tensione alternata, nel punto U , il diodo R_1 si trova polarizzato direttamente. L'intera semionda viene trasferita al carico e il circuito si chiude attraverso il diodo R_4 avendo questo l'anodo più positivo del catodo.

I diodi R_2 e R_3 non intervengono poiché sono polarizzati inversamente.

Nell'istante in cui inizia la semionda negativa nel punto U , nel punto 0 si manifesta la semionda positiva, quindi il diodo R_2 risulta polarizzato direttamente. L'intera semionda positiva presente nel punto 0 viene trasferita al carico, il circuito si chiude attraverso il diodo R_3 avendo questo l'anodo più positivo del catodo. I diodi R_1 e R_4 non intervengono poiché polarizzati inversamente.

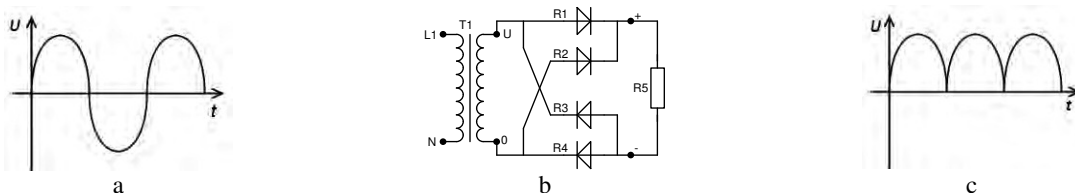


Fig. 3.166 - Esempi di applicazione dei diodi raddrizzatori: a) Tensione alternata sinusoidale sul primario del trasformatore T_1 - b) Circuito raddrizzatore ad onda intera a ponte di Graetz. Si ricorda che durante il funzionamento i diodi, essendo normalmente al silicio e collegati in serie, provocano una caduta di tensione di circa 1,2 V - c) Tensione pulsante sul carico resistivo R_5 .

Le forme di conversione da corrente alternata a corrente continua ottenute con l'esclusivo impiego di semiconduttori si identificano nel raddrizzamento a semionda e nel raddrizzamento ad onda intera. È improprio, tuttavia, definire continua la corrente fornita in uscita da tali circuiti.

La tensione fornita dai circuiti di raddrizzamento non è continua ma pulsante e unidirezionale; per rendere più continua possibile una tensione raddrizzata si deve ricorrere ai circuiti di livellamento, realizzati mediante l'uso di condensatori in genere di valore elevato (condensatori elettrolitici da 5 μF a 2000 μF) come mostrato nella fig. 3.167. Tali condensatori devono essere scelti con una tensione nominale U_n superiore al valore di picco della tensione alternata di alimentazione.

La tensione ottenuta sul carico è formata da un valore fisso di corrente continua e da una certa fluttuazione intorno a quel valore (ronzio o ripple). Considerando il livellamento ideale, la tensione sul carico vale: $U = 1,41 U_i$, dove U_i rappresenta il valore efficace della tensione di ingresso.



Fig. 3.167 - Esempi di applicazione dei diodi raddrizzatori: a) Alimentatore con trasformatore $T1$, raddrizzatore monofase ad onda intera con ponte di Graetz ($T2$) e condensatore di livellamento $C1$ - b) Condensatore elettrolitico di livellamento $C1$ - c) Tensione livellata sul carico resistivo $R2$.

Dal punto di vista funzionale il diodo è caratterizzato dalla corrente nominale, che può portare permanentemente durante la fase di conduzione, e dalla tensione inversa U_i cioè dalla tensione che può essere applicata permanentemente durante la fase di interdizione. Alcuni tipi di diodi di potenza sono in grado di lavorare con correnti fino a circa 1÷2 kA e con tensioni inverse fino a 2÷3 kV. In alcune applicazioni per alte tensioni si usano diodi da 50÷100 mA e con tensioni inverse superiori a 100 kV. Un'altra caratteristica che va presa in considerazione, per la scelta del tipo di diodo, quando devono lavorare in corrente alternata, è la frequenza a cui devono operare.

Diodo Zener. Il funzionamento del diodo Zener (noto anche con il nome di diodo a valanga o diodo breakdown) è basato sul fenomeno di rottura della giunzione, il diodo ha una caratteristica tensione-corrente di funzionamento del tipo rappresentato nella fig. 3.169a (terzo quadrante).

La tensione inversa, in corrispondenza della quale avviene la rottura della giunzione, è detta tensione di Zener e ha un valore praticamente indipendente dalla corrente che in questa parte della caratteristica è definita corrente di Zener. In commercio sono disponibili diodi Zener con una tensione di Zener compresa tra qualche volt e un centinaio di volt, normalmente il valore rientra fra 3,3 V e 250 V.

I valori della corrente di Zener, invece, sono più piccoli e sono compresi tra qualche milliampere e qualche centinaio di milliampere, a seconda della potenza dissipabile del diodo (1/4, 1/2, 1, 5, 10, 50, 75 W).

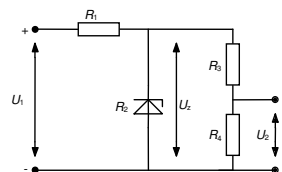
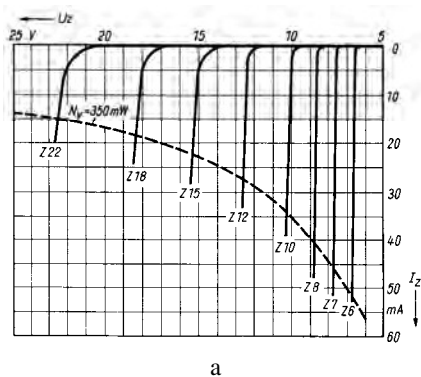
Presentano una tolleranza di funzionamento riferita al valore nominale della tensione: in commercio sono disponibili diodi Zener con tolleranze dello 0,05%, del 5% e del 10%.

Sono caratterizzati, inoltre, da un coefficiente di temperatura espresso in $\%/^{\circ}\text{C}$ che esprime la variazione percentuale della tensione di riferimento in funzione della variazione della loro temperatura di 1°C ; tale parametro, che può assumere valori positivi ($U_z < 6\text{ V}$) o negativi ($U_z > 6\text{ V}$) ha un valore compreso tra $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$.



Fig. 3.168 - a) Diodo Zener di piccola potenza da 250 mW a 600 mW (si noti la fascetta che indica il catodo) - b) Diodi Zener del tipo a montaggio superficiale SMD - c) Diodo Zener di potenza da 3 W a 75 W con contenitore metallico con attacco filettato che può essere fissato ad un dissipatore. Disponibili in due versioni con anodo o catodo a massa - D) Segno grafico secondo le norme CEI.

Questi diodi sono utilizzati, collegati in modo inverso, quando è necessario stabilizzare in modo semplice la tensione continua nei circuiti di alimentazione dei circuiti elettronici oppure come dispositivo di sicurezza contro le sovratensioni. Nella fig. 3.169b viene mostrato un semplice circuito stabilizzatore realizzato con un diodo Zener.



Se la tensione di alimentazione U_1 supera il valore della tensione di Zener U_z il diodo conduce e ai suoi capi la tensione si mantiene così al valore praticamente costante di U_z .
 Il valore del resistore R1 deve essere tale da limitare la corrente nel diodo e non provocarne la rottura per sovriscaldamento.

I due resistori R2 e R3, del partitore di tensione, devono presentare una resistenza totale particolarmente elevata rispetto a R1 e il rapporto $(R_3+R_4)/R_4$ deve essere scelto in modo da avere ai capi di R4 il valore di tensione $U_2 = U_1 \cdot (R_4/(R_3+R_4))$ che si intende avere, comunque inferiore alla tensione di Zener U_z .

Fig. 3.169 - a) Caratteristiche tensione-corrente inverse (terzo quadrante) di alcuni diodi Zener (da 6 a 22 V). Nel grafico è possibile notare come il diodo Zener mantiene pressoché costante la tensione ai suoi capi, anche per notevoli variazioni di corrente - Esempio di stabilizzazione di una tensione continua realizzata mediante l'uso di un diodo Zener.

Diodi LED. I diodi luminescenti o diodi emettitori di luce sono dispositivi optoelettronici (dispositivi che sfruttano le proprietà ottiche di alcuni materiali semiconduttori), sono noti comunemente con l'acronimo di LED (Light Emitter Diode) e normalmente vengono realizzati utilizzando come materiale semiconduttore l'arseniuro di gallio, il fosfuro di gallio e altri. Il colore della luce emessa dipende dal particolare semiconduttore utilizzato.

La conversione di energia elettrica direttamente in luce avviene per l'emissione, sotto forma di fotoni (particelle di energia luminosa), dell'energia derivante dalla ricombinazione di elettroni e lacune in corrispondenza della giunzione pn. Infatti, durante la ricombinazione l'elettrone passa da un livello di energia maggiore a uno minore con conseguente emissione di radiazioni luminose visibili e invisibili.

Sono disponibili in commercio diodi LED con emissione di luce nello spettro dell'invisibile (infrarossa) o nello spettro del visibile di colore rosso, giallo, arancio, verde, blu e luce praticamente bianca, con un'intensità luminosa che dipende dal valore della corrente che l'attraversa; tale intensità, può arrivare nei LED ad alta efficienza, a valori dell'ordine delle candele.

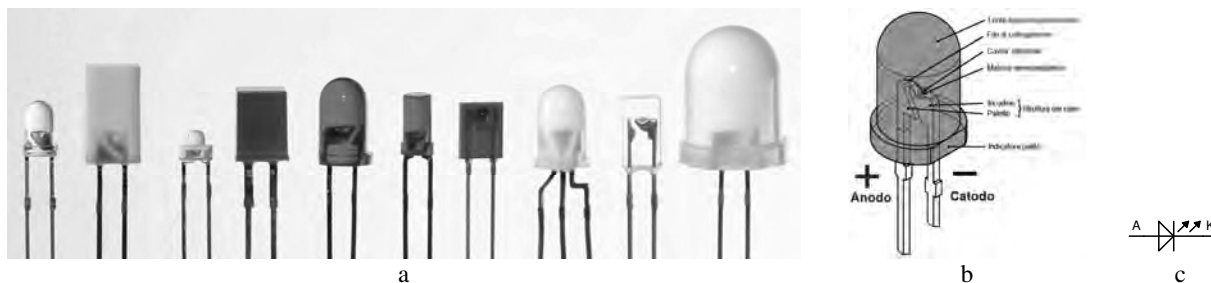


Fig. 3.170 - a) Esempi di diodi LED. Da notare la presenza di un diodo LED con tre terminali denominati LED bicolori, composti da due diodi montati nello stesso contenitore. Comandando i diodi separatamente, si ottiene, per esempio, una luce rossa o verde; se si accendono simultaneamente, il colore diventa giallo - b) Struttura di un diodo LED. Il terminale più lungo è l'anodo (+), mentre il catodo (-) è vicino all'indicatore piatto - c) Segno grafico secondo le norme CEI.

Questi dispositivi hanno una tensione diretta che varia a seconda del colore della luce emessa (infrarosso - Infra-red Emitters -: 1,3 V, rosso: 1,8 V, giallo: 1,9 V, verde: 2,0 V, arancio: 2,0 V, flash blu/bianco: 3,0 V, blu: 3,5 V, ultravioletto 4÷4,5 V); mentre la corrente varia tra i 10 mA e 50 mA. Alcuni tipi di diodo LED hanno un'emissione di luce monocromatica e coerente e perciò vengono indicati con il termine di diodi laser a giunzione per iniezione.

I LED sono solitamente utilizzati nelle apparecchiature elettroniche come segnalatori ottici in sostituzione delle lampade ad incandescenza, in quanto essi hanno un tempo di commutazione breve (1÷5 ns), una durata di vita molto più elevata (una lampada ad incandescenza può avere al massimo alcune migliaia di ore di funzionamento mentre i LED possono arrivare a circa 100000 ore) senza provocare apprezzabili dissipazioni di calore; i LED vengono utilizzati anche nella conversione ottica di segnali elettrici (accoppiatori ottici o fotoaccoppiatori).

Il LED ha una durata molto variabile a seconda della tensione di lavoro e dalla temperatura di lavoro.

I diodi LED necessitano di opportuni circuiti di pilotaggio o, più semplicemente polarizzato direttamente, di una resistenza limitatrice, come mostrato nella fig. 3.171a. I LED previsti per funzionare sia in DC che AC, sono costituiti da coppie di LED montate in antiparallelo nello stesso contenitore.

Le lampade di segnalazione a LED (v. fig. 3.171b) presentano 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 a 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.

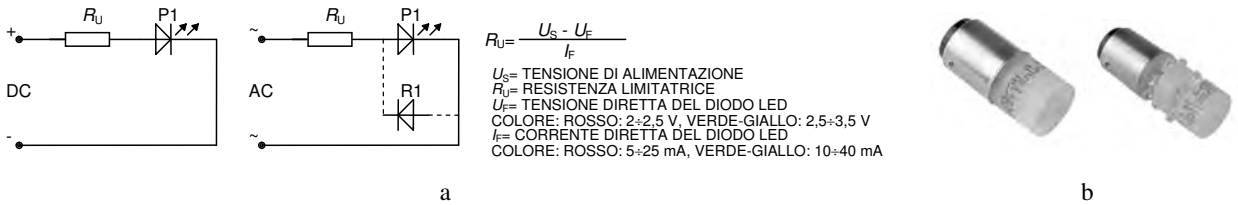


Fig. 3.171 - a) Circuito di alimentazione in AC o DC per un diodo LED con resistenza limitatrice - b) Esempi di lampade di segnalazione a LED per quadri industriali (24 V AC/DC) con attacco a baionetta (Ba15d, Ba9s).



Fig. 3.172 - Esempi di applicazione dei diodi LED: a) Struttura interna di un diodo LED ad alta luminosità a montaggio superficiale SMD - b) Luci LED posteriori di posizione e di arresto per automobili - c) Lampada a LED a basso consumo per l'illuminazione di ambienti.

Fotodiodi. Questi dispositivi sono costituiti da una giunzione pn realizzata in modo da poter assorbire dell'energia luminosa con la massima efficienza.

Nei semiconduttori, in generale, investiti da un fascio di luce a frequenza sufficientemente elevata, gli elettroni della banda di valenza, acquistando energia, vengono sospinti verso la banda di conduzione creando così un numero di coppie elettrone-lacune tanto maggiore quanto più elevata è l'intensità del fascio luminoso incidente. Quando un fotodiodo viene polarizzato inversamente, le coppie elettrone-lacune vengono separate dall'intenso campo elettrico presente nella zona di giunzione e spinte in direzione opposta.

In particolare, gli elettroni vengono diretti verso la zona n e le lacune verso la zona p. La corrente inversa I_i , dovuta alla radiazione luminosa, che percorre la giunzione risulta proporzionale all'intensità luminosa incidente.

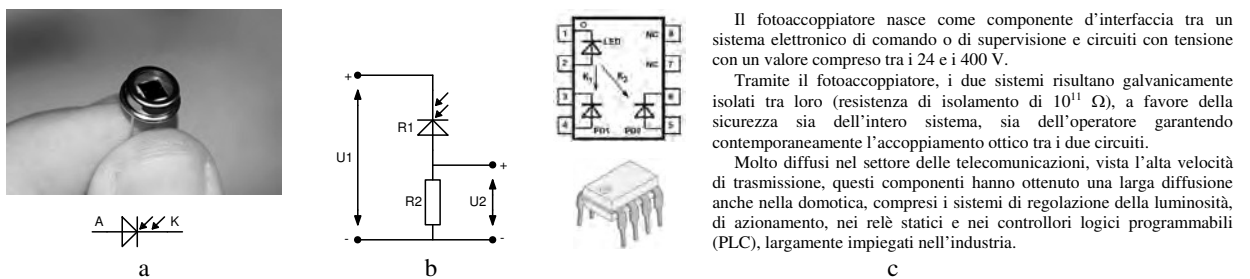
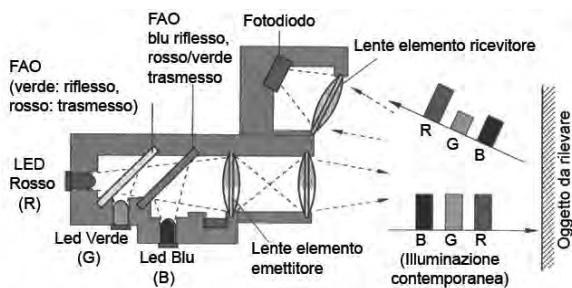


Fig. 3.173 - a) Esempio di fotodiodo e relativo segno grafico secondo le norme CEI - b) Esempio di applicazione. La tensione in uscita U_2 varia a seconda della quantità di luce che colpisce il fotodiodo R_1 , in quanto la corrente che attraversa R_2 cambierà in relazione al grado di conduzione del fotodiodo R_1 - c) Esempio di fotoaccoppiatore (diodo LED e fotodiodi o fototransistor) che consente il trasferimento di un segnale, mediante accoppiamento ottico, tra due circuiti elettrici garantendo contemporaneamente l'isolamento elettrico tra i due circuiti fino a circa 7,5 kV (isolamento galvanico).

A differenza dei normali diodi protetti dalle radiazioni luminose, nei contenitori dei fotodiodi viene inserita una lente per focalizzare la luce sulla piastrina di semiconduttore costituente il diodo.

Oltre ai normali fotodiodi sensibili alla luce visibile all'occhio umano, ne esistono sensibili all'infrarosso e all'ultravioletto.

I fotodiodi trovano numerose applicazioni in campo industriale (apparecchi di misura dell'intensità luminosa, come sensore nei circuiti di controllo della luminosità, negli interruttori fotoelettrici, antifurti, ecc.), in quanto offrono, rispetto ad altri dispositivi fotosensibili (fotoresistori), il vantaggio di una lunga durata, tempi di risposta più veloci e un'area attiva estremamente ridotta. Nella fig. 3.174 viene mostrato un rilevatore di colore che utilizza per il suo funzionamento dei diodi LED e dei fotodiodi.



In molti rilevatori di colore industriali dove è richiesta la discriminazione dei colori nelle condizioni di illuminazione più diverse, è il dispositivo stesso che genera la luce successivamente rilevata dal sensore. Il sensore Omron E3MC, per esempio, utilizza tre diodi LED di colori rosso, verde e blu (RGB ovvero Red, Green, Blu) per emettere una luce bianca formata dai tre fasci di luce sovrapposti, ognuno con lunghezza d'onda ben nota (680 nm per il rosso, 525 nm per il verde e 450 nm per il blu).

Particolari filtri polarizzati a più strati, detti FAO (Free Angle Optics) in grado di riflettere la luce per alcune lunghezze d'onda e lasciar passare altre, permettono di sovrapporre i tre fasci luminosi in modo da avere lo stesso angolo di incidenza con l'oggetto da rilevare.

La luce riflessa da tale oggetto, a seconda del proprio colore, (una parte della luce viene invece assorbita), viene catturata successivamente da un fotodiodo, che la confronta con i valori noti della luce di partenza. Il rilevatore fornisce quindi 3 segnali analogici in tensione corrispondenti ai diversi valori di R, G, e B rilevati. In modalità digitale, il rilevatore è in grado di distinguere in modo automatico tra 11 colori preimpostati, dal bianco al rosso-viola, e dare quindi in uscita un unico valore numerico da 0 a 11. Un contatto di uscita si chiuderà se il colore rilevato corrisponde a un colore preimpostato.

Fig. 3.174 - Esempio di applicazione dei diodi LED e dei fotodiodi in un sensore industriale per il rilevamento dei colori (Omron).

Diodi speciali. Questi dispositivi hanno la caratteristica di avere un'elevata velocità di commutazione ovvero, un basso valore del **tempo di recupero**, ossia la capacità di passare dallo stato di conduzione a quello di interdizione in un tempo particolarmente breve, il che li rende adatti a funzionare per quelle applicazioni dove la frequenza dei segnali è particolarmente alta (convertitori elettronici, circuiti per radiofrequenze).

Tra questi dispositivi possiamo annoverare il diodo tunnel, il diodo Schottky e il diodo varicap.

Il **diodo tunnel** è caratterizzato da una giunzione estremamente stretta fra semiconduttori fortemente drogati. Presenta una velocità di commutazione molto alta e correnti dirette molto piccole. Vengono impiegati con funzioni di interruttore extrarapido o come componente per la realizzazione di amplificatori o oscillatori ad alta frequenza fino a 5 GHz, con correnti di qualche milliampere e tensione inversa tipica di 200 mV.

Il **diodo Schottky** è caratterizzato da una giunzione non fra semiconduttori drogati, bensì tra un metallo e un semiconduttore drogato, che presentano fra loro differenti potenziali elettrochimici.

Ne deriva che all'atto della polarizzazione inversa non si determina un'iniezione di elettroni dal metallo al semiconduttore; perciò il passaggio dallo stato di conduzione a quello d'interdizione è molto rapido.

Le spiccate doti di commutazione ne hanno consentito la diffusione nei circuiti logici ad alta frequenza.

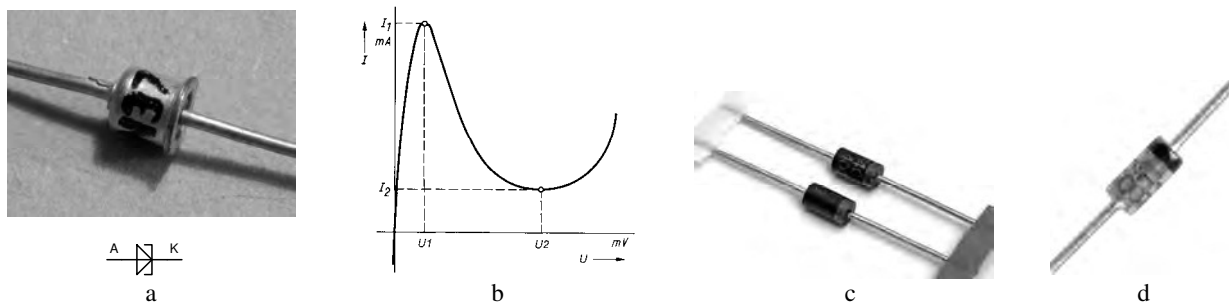


Fig. 3.175 - Esempi di diodi speciali: a) Diodo tunnel e relativo segno grafico secondo le norme CEI - b) Curva caratteristica tensione-corrente di un diodo tunnel - c) Diodo Schottky (la fascetta indica il catodo) - d) Diodo varicap (la fascetta indica il catodo).

Vale la pena infine ricordare i **diodi varicap**. Questi diodi sfruttano la profondità delle due zone di svuotamento al di qua e al di là della giunzione, tale profondità dipende dal valore della tensione inversa applicata.

In altre parole, è possibile variare la capacità della giunzione prodotta da queste zone di svuotamento semplicemente modificando la tensione inversa applicata a questo tipo di diodo. Vengono normalmente utilizzati nei circuiti ad alta frequenza come condensatore variabile di piccola capacità.

3.19.2 Transistor bipolari (BJT), transistor ad effetto di campo (J-FET), transistor di potenza

Il **transistor bipolare**, siglato con l'acronimo di BJT (Bipolar Junction Transistor) è formato da due giunzioni **pn**, combinate in modo da avere una regione in comune. Se questa è la **n**, il transistor assume la struttura **pnp** come mostrato nella fig. 3.176a, se invece è la **p**, il transistor assume la struttura **npn** come mostrato nella fig. 3.176b.

Le tre regioni, a cui vengono fissati i reofori per il collegamenti esterni, prendono il nome di collettore (c), base (b) ed emettitore (e).

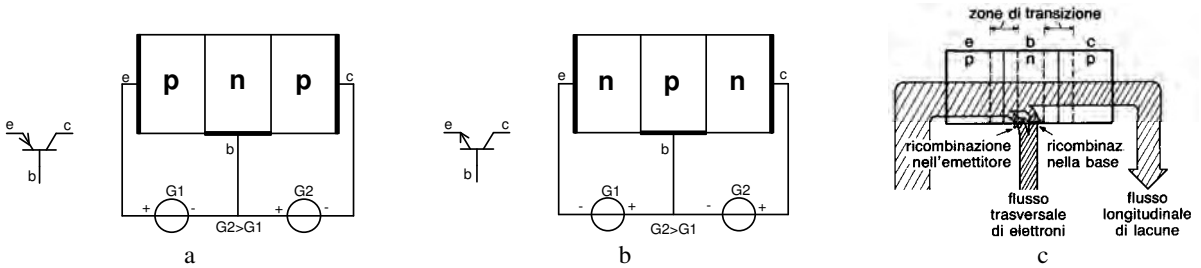


Fig. 3.176 - a) Segno grafico e polarizzazione di un transistor pnp - b) Segno grafico e polarizzazione di un transistor npn - c) Flussi dei portatori di carica in un transistor pnp.

Se si osserva la fig. 3.176a, che mostra un transistor **pnp**, è possibile notare che la giunzione base-emettitore è polarizzata in senso diretto; mentre la giunzione base-collettore viene polarizzata in senso inverso e con un valore di tensione superiore al precedente.

Se il transistor viene collegato, come descritto in precedenza, si dice che lavora in zona attiva, con il collegamento a base comune.

Per quanto riguarda la giunzione base-emettitore, occorre considerare il fatto che, la zona **p** (emettitore) viene, in fase di costruzione, drogata molto più della zona **n** (base), questo determina un'asimmetria nelle concentrazioni delle impurità e una prevalenza di flusso dei portatori maggioritari dell'emettitore (ovvero le lacune) verso la base. Nella giunzione base-collettore il flusso dei portatori minoritari (le lacune) dalla regione **n** alla regione **p** non è tanto sensibile al valore della tensione applicata tra la base e il collettore, quanto dalla presenza di lacune nella base.

Il flusso principale dei portatori di carica è quindi quello delle lacune che vanno dall'emettitore al collettore come mostrato nella fig. 3.176c. Attraversando la base questi portatori si riducono di una percentuale molto limitata, per via del processo di ricombinazione che avviene tra le lacune e gli elettroni liberi, sia nella base che nella giunzione base-emettitore.

Dalle considerazioni fatte, si deduce che la corrente collettore-emettitore, detta longitudinale, è sotto il controllo diretto del valore di tensione presente sulla giunzione di emettitore, mentre è praticamente indipendente dal valore di tensione presente sulla giunzione di collettore.

La corrente di base risulta invece molto piccola ed è costituita dagli elettroni liberi che vanno a reintegrare quelli assorbiti nel processo di ricombinazione con le lacune.

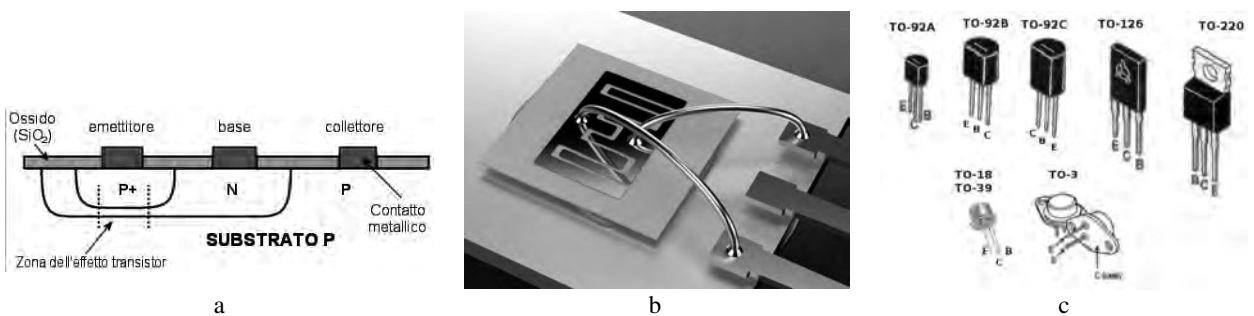


Fig. 3.177 - a) Struttura di un transistor BJT tipo pnp costruito con tecnologia planare; la prima regione p cui è applicata una tensione di polarizzazione positiva (diretta) è detta emettitore (e) perché inietta lacune, attraverso la prima giunzione polarizzata in senso diretto, nella regione centrale di tipo n, detta base (b). Nella seconda regione p, detta collettore (c), è applicata invece una tensione di polarizzazione negativa per facilitare il passaggio delle lacune, iniettate dall'emettitore, dalla regione centrale attraverso la seconda giunzione pn polarizzata in senso inverso - b) Vista ingrandita interna di un BJT costruito con tecnologia planare - c) Aspetto esterno di alcuni tipi di transistor e relativa piedinatura.

Il transistor può svolgere quindi la funzione di amplificatore, ovvero osservando la fig. 3.178a è possibile affermare che:

- siccome l'impedenza dell'ingresso è molto bassa (a causa della polarizzazione diretta applicata alla giunzione **pn** emettitore-base), è sufficiente una piccola tensione per generare una elevata corrente di emettitore;
- in virtù del fatto che l'impedenza di uscita è molto alta (a causa della polarizzazione inversa applicata alla giunzione **np** base-collettore) la corrente di collettore, in uscita, può determinare una tensione molto alta se attraversa una resistenza di carico di valore elevato.

In altre parole la configurazione circuitale, descritta precedentemente, denominata a base comune permette di ottenere un guadagno in tensione alto, mentre il guadagno di corrente è sempre leggermente inferiore all'unità.

La denominazione dipende dal terminale collegato a massa e messo in comune ai circuiti di ingresso e di uscita, è possibile così avere altri due tipi di collegamento.

Un altro collegamento molto utilizzato è quello ad emettitore comune, mostrato nella fig. 3.178b, nel quale la corrente di emettitore applicata a un circuito di ingresso a bassa impedenza controlla la corrente di collettore, di intensità ben superiore, che scorre in un circuito di uscita ad alta impedenza. L'amplificazione è in questo caso elevata sia di corrente sia di tensione. Infine, la configurazione circuitale denominata a collettore comune, mostrata nella fig. 3.178c, è la meno utilizzata in quanto, pur avendo una buona amplificazione di corrente, presenta un guadagno in tensione sempre inferiore all'unità.

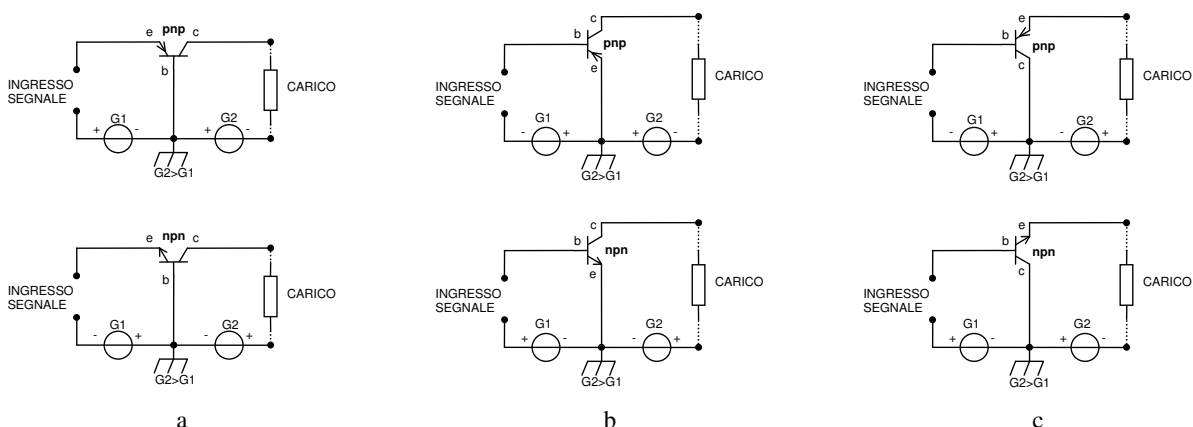


Fig. 3.178 - Configurazione circuitale dei transistor a giunzione pnp e npn: a) A base comune - b) A emettitore comune - c) A collettore comune.

Un transistor, indipendentemente dalla modalità di collegamento, può essere considerato come un quadripolo, ovvero come un dispositivo munito di quattro terminali: due di ingresso e due di uscita (v. fig. 3.179a).

Poiché i transistor hanno tre terminali, uno di essi sarà comune all'ingresso e all'uscita (terminale di massa).

Viene in generale definito con il termine guadagno o amplificazione di corrente del quadripolo il rapporto tra la corrente di uscita I_u e quella di ingresso I_i .

$$\text{Guadagno di corrente} = I_u/I_i$$

Il guadagno di corrente viene indicato con un simbolo diverso a seconda della configurazione circuitale (nella configurazione circuitale ad emettitore comune viene indicato dalla sigla h_{FE}).

In modo analogo si definisce guadagno di tensione il rapporto tra la tensione di uscita e quella di ingresso.

$$\text{Guadagno di tensione} = U_u/U_i$$

Si definisce infine guadagno o amplificazione di potenza il rapporto tra la potenza in uscita e quella in ingresso, tale guadagno corrisponde al prodotto tra i guadagni di corrente e di tensione.

$$\text{Guadagno di potenza} = P_u/P_i$$

I guadagni sono determinati da un rapporto tra grandezze omogenee, perciò vengono espressi mediante numeri puri ovvero adimensionali.

Nella fig. 3.179b e nella fig. 3.179c sono riportati i circuiti per la determinazione delle curve caratteristiche di funzionamento di transistor **pnp** e **npn**, tali curve riportate nella fig. 3.179d mostrano le caratteristiche di funzionamento in corrente continua dell'ingresso e dell'uscita relative a un transistor del tipo **pnp** in configurazione a emettitore comune. Vista la grande diffusione di questo collegamento, i costruttori dei transistor forniscono le caratteristiche per questa configurazione. Le caratteristiche di uscita, mostrate nella fig. 3.179d, evidenziano l'andamento della corrente di collettore I_c in relazione alla tensione collettore-emettitore U_{ce} per diversi valori della corrente di base I_b .

Si può notare che, quando la corrente di base ha valore nullo, ovvero con il circuito emettitore-base aperto, nel circuito di collettore si ha comunque una piccola corrente.

In modo analogo esistono diagrammi simili che illustrano le caratteristiche dei transistor **nnp**, tenendo conto che, rispetto ai transistor **pnp**, le tensioni di polarizzazione e di conseguenza le correnti I_b , I_c e I_e hanno verso opposto, come mostrato nella fig. 3.179c.

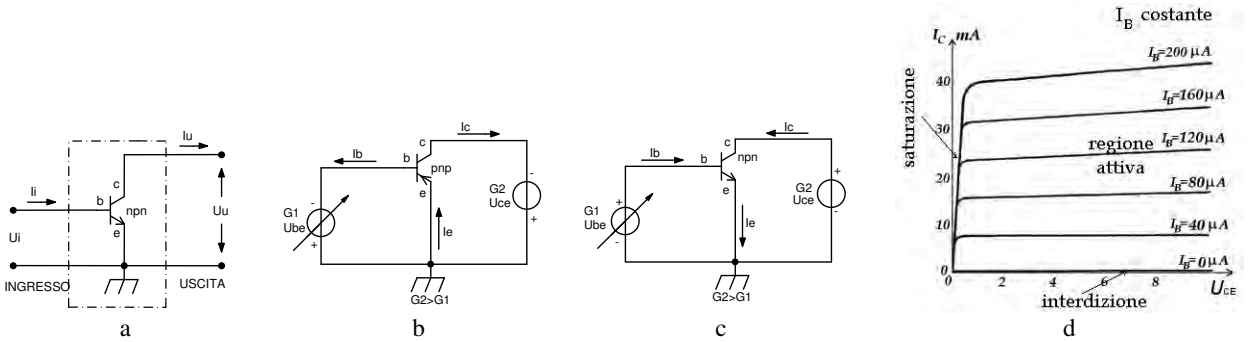


Fig. 3.179 - a) Schematizzazione di transistor BJT npn come quadripolo - b) Circuito per la determinazione delle caratteristiche di funzionamento di un transistor BJT pnp nella configurazione a emettitore comune - c) Circuito per la determinazione delle caratteristiche di funzionamento di un transistor BJT npn nella configurazione a emettitore comune - d) Caratteristica di uscita di un transistor BJT pnp nella configurazione a emettitore comune.

Il transistor BJT presenta tre possibili zone di funzionamento indipendentemente dalla configurazione circuitale in cui esso viene inserito: **zona di saturazione (A)**, **zona lineare o zona attiva (B)**, **zona di interdizione (C)**.

Quando il transistor viene utilizzato come amplificatore di segnale (di corrente o di tensione) la zona utilizzata è quella lineare, mentre quando viene utilizzato nelle zone di saturazione e di interdizione il suo funzionamento è quello di un interruttore elettronico che può operare in modo analogo a quanto viene effettuato con un interruttore elettromeccanico.

Più precisamente il transistor che opera nella zona di **saturazione** corrisponde alla condizione di **interruttore chiuso**, ovvero la tensione di collettore-emettitore U_{ce} è massima e la corrente di collettore I_c è minima, mentre quando lavora nella zona di **interdizione** corrisponde alla condizione di **interruttore aperto**, ovvero la tensione di collettore-emettitore U_{ce} è minima e la corrente di collettore I_c è massima.

Zona attiva	Interdizione	Saturazione
<p>Questa è la zona dove le caratteristiche di uscita risultano maggiormente parallele ed equidistanti a parità di variazione della corrente I_b.</p> <p>In questa zona le caratteristiche si possono considerare come linee praticamente orizzontali, la giunzione base-emettitore è polarizzata direttamente con un valore di tensione pari a circa $U_{be} = 0,7$ V, mentre la giunzione base-collettore è polarizzata inversamente.</p>	<p>Questa zona è relativa alla condizione che prevede una corrente di collettore I_{cb0}, a temperatura ambiente, una corrente dell'ordine del microampere per i transistor al germanio e una corrente dell'ordine del nanoampere per quelli al silicio.</p> <p>Per avere il transistor nello stato di interdizione è necessario che la tensione U_{be} sia almeno di 0,1 V (tensione inversa) per i dispositivi al germanio, mentre di valore praticamente nullo per quelli al silicio.</p>	<p>La condizione di saturazione si ha quando la corrente I_c rimane praticamente invariata anche se cambia la corrente I_b; questa condizione si ha anche se la giunzione base-collettore, oltre a quella base-emettitore, è polarizzata direttamente.</p> <p>In condizione di saturazione la tensione U_{ce} vale circa di 0,1 V per i dispositivi al germanio e circa 0,3 V per quelli al silicio.</p>

Tab. 3.37 – Zone di funzionamento di un transistor BJT.

I transistor, pur sopportando in genere una corrente inferiore agli interruttori elettromeccanici, hanno una velocità operativa più elevata, ma non garantiscono però l'isolamento galvanico quando il dispositivo è in interdizione (contatto aperto), infatti, permettono il passaggio di una piccola corrente di fuga.

I transistor, inoltre, provocano in genere una caduta di tensione più elevata rispetto agli interruttori elettromeccanici quando conducono (contatto chiuso). Quando il transistor opera nella zona lineare si trova lontano dalle zone di saturazione e di interdizione. Nella zona di funzionamento lineare, la tensione collettore-emettitore U_{ce} e la corrente di collettore I_c , ossia il punto di lavoro del transistor, viene definito dalle tensioni di polarizzazione in corrente continua. Durante il funzionamento di un transistor nella zona lineare, ovvero utilizzato come amplificatore di segnale, la giunzione base-emettitore (giunzione di emettitore) viene polarizzata in senso diretto, mentre quella base-collettore (giunzione di collettore) deve essere polarizzata in senso inverso.

Vale la pena ricordare che la polarizzazione dei transistor viene effettuata mediante dei resistori, di valore opportuno, collegati ai terminali, tali resistori determinano le cadute di tensione necessarie per la polarizzazione come mostrato nella fig. 3.181a.

Nella fig. 3.181b, a sinistra, viene mostrata la caratteristica che rappresenta l'andamento della corrente di base I_b in funzione della tensione base-emettitore U_{be} . Il valore della tensione di ingresso U_{be} , da cui inizia la conduzione della giunzione di emettitore, risulta di circa $0,6 \div 0,7$ V in quanto la giunzione risulta polarizzata in senso diretto.

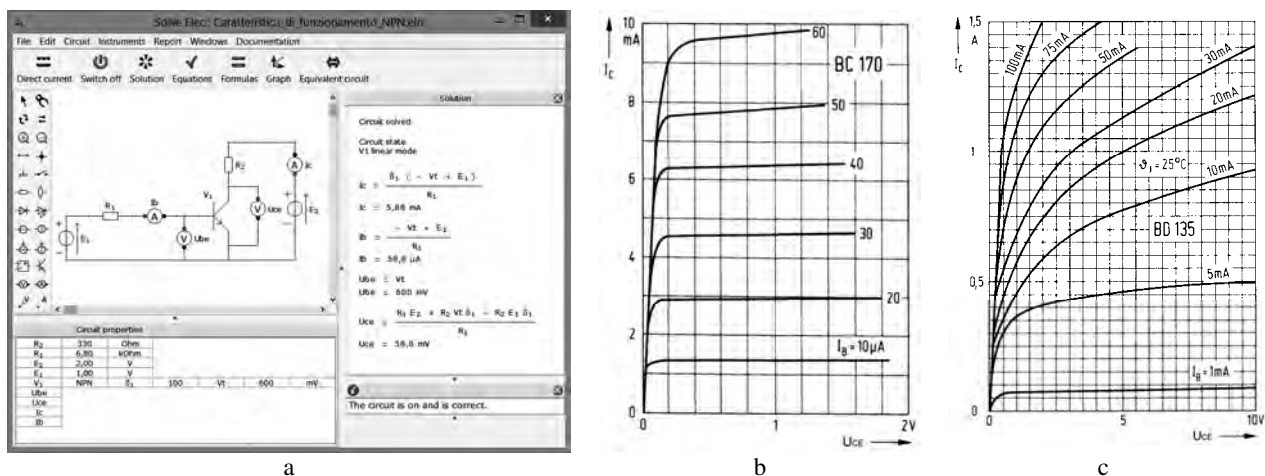


Fig. 3.180 - a) Simulazione del circuito per la definizione delle caratteristiche di funzionamento di un transistor BJT npn - b) Caratteristica di uscita di un transistor BJT npn di piccola potenza - c) Caratteristica di uscita di un transistor BJT npn di media potenza. Da notare che per i transistor di media potenza i valori di I_b , I_c e U_{ce} sono più alti rispetto ai tipi di piccola potenza.

Il funzionamento di un transistor bipolare, nella zona lineare, per la configurazione ad emettitore comune mostrato nella fig. 3.181a, può essere rappresentato come riportato nella fig. 3.181b, che mostra come il segnale in corrente alternata di ingresso I_b viene amplificato e diventa il segnale di uscita I_c .

Da notare come la corrente di uscita I_c risulti sfasata di 180° (opposizione di fase) rispetto alla tensione di uscita U_{ce} e in fase con la corrente di ingresso I_b .

Infatti, a partire dall'istante $t = 0$ la corrente di ingresso I_b inizia ad aumentare come la corrente di uscita I_c , mentre contemporaneamente la tensione U_{ce} inizia a diminuire rispetto alla tensione di polarizzazione U_{cep} relativa al punto di funzionamento p prescelto.

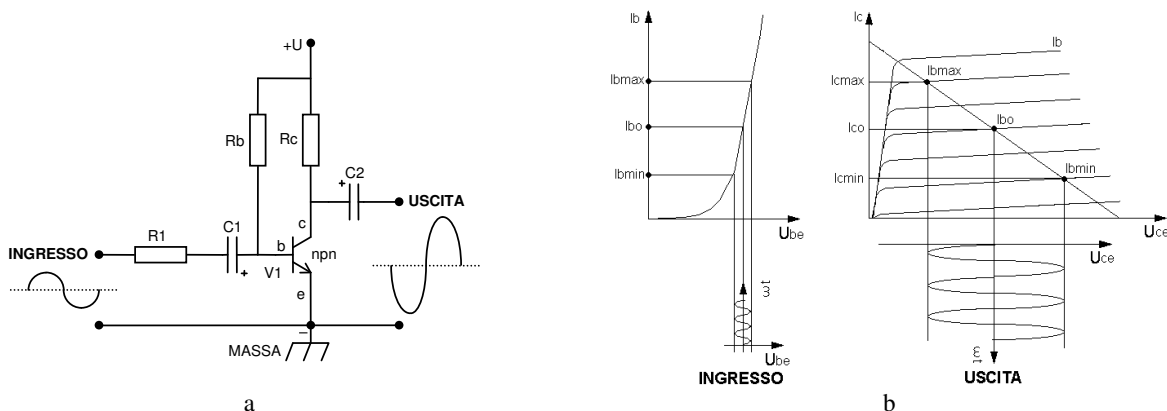


Fig. 3.181 - a) Esempio di amplificatore con transistor npn in configurazione ad emettitore comune per amplificare un segnale in corrente alternata. Si notino i resistori necessari alla polarizzazione del transistor e i condensatori di accoppiamento necessari per consentire il trasferimento del solo segnale in corrente alternata - b) Diagramma che mostra il funzionamento di un transistor quando amplifica un segnale in corrente alternata.

Per un suo corretto funzionamento il transistor BJT deve sottostare ai valori di breakdown riferiti a ogni combinazione dei terminali: U_{ce} , U_{be} e U_{cb} .

Il valore più critico è il limite di tensione applicabile tra il collettore e l'emettitore quando alla base non è applicata tensione, cioè è libera (U_{ce0}).

Vale la pena ricordare che il transistor presenta correnti inverse non nulle per entrambe le giunzioni, vengono indicate con I_{cb0} quella relativa alla giunzione base-collettore con emettitore scollegato, e con I_{eb0} la corrente inversa della giunzione base-emettitore con collettore scollegato.

Gli altri parametri caratteristici di funzionamento, che vale la pena ricordare, sono: **massima corrente di collettore**, **massima potenza dissipabile**, **guadagno statico di corrente** (h_{FE}), **risposta in frequenza** e infine **resistenza termica** che può determinare, durante il funzionamento, variazioni nei parametri che possono portare instabilità nei circuiti in cui è posto il dispositivo. I transistor si possono suddividere a seconda della applicazione alla quale sono destinati e in relazione al loro processo di fabbricazione.

Sono disponibili in commercio **transistor per piccoli segnali** spesso chiamati anche **transistor per uso generale** normalmente impiegati per potenze fino a circa 1 W (v. fig. 3.177c: TO-18, TO-92A); esistono poi transistor di media e alta potenza in grado di controllare correnti di collettore di valore superiore a 1 A e facilmente riconoscibili per il loro contenitore destinato a dissipare potenze più alte (v. fig. 3.177c: TO-3, TO-220); infine i **transistor per commutazione** denominati anche **transistor switching** che sono caratterizzati da un'elevata velocità di passaggio dallo stato di interdizione a quella di saturazione e viceversa (v. fig. 3.177c: TO-92-A/B/C, TO-126);

Il **transistor ad effetto di campo**, J-FET (Junction Field Effect Transistor), è di tipo unipolare e si basa sulla possibilità di influenzare la resistenza di una sbarretta di materiale semiconduttore mediante un campo elettrico trasversale. Il transistor è detto a canale **p** oppure a canale **n**, in base alla tipologia della sbarretta.

Alle due estremità della barretta, per esempio di tipo **n** (v. fig. 3.182a), si trovano i reofori per il collegamento esterno; mentre lungo due facce opposte longitudinali di trovano disposte due regioni di piccolo spessore e di drogaggio **p** (vale a dire opposto a quello della sbarretta).

Le due regioni **p**, fra loro elettricamente interconnesse, fungono da elemento di controllo dei portatori di maggioranza (gli elettroni liberi), che transitano da un reoforo all'altro attraverso la sbarretta di semiconduttore **n**.

Il reoforo di ingresso dei portatori prende il nome di sorgente **s** (source). Il reoforo di uscita viene chiamato scarico **d** (drain) e le regioni di controllo assumono il nome di porta **g** (gate) come mostrato nella fig. 3.182b.

La tecnologia costruttiva più diffusa per la realizzazione dei transistor J-FET è quella che, in luogo della sbarretta, utilizza come substrato una fetta (wafer) di silicio di tipo **n** oppure **p**.

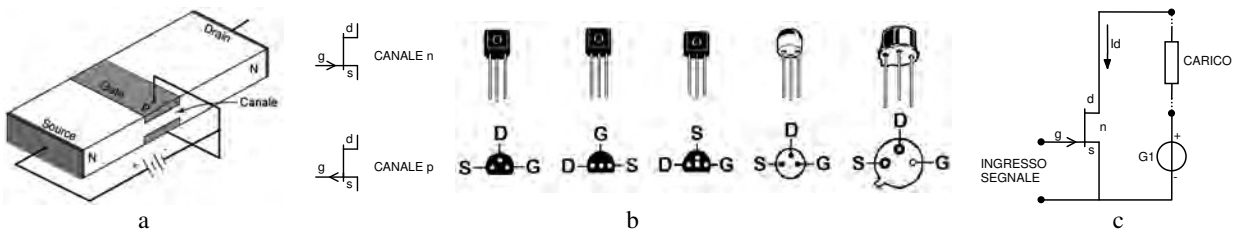


Fig. 3.182 - a) Struttura interna di un transistor J-FET - b) Segno grafico secondo le norme CEI e aspetto esterno con piedinatura di alcuni tipi di transistor J-FET e MOSFET - c) Rappresentazione grafica di un transistor J-FET a canale n. La configurazione circuitale a source comune mostra dove applicare il segnale di ingresso e il carico. Nel J-FET tipo p il generatore $G1$ e la corrente I_d hanno verso opposto.

Viene detta tecnologia MOS (Metal Oxide Semiconductors) poiché l'elettrodo di porta (gate) è separato dalla fetta di silicio tramite un sottile strato isolante di biossido di silicio (v. fig. 3.183a). Sulla medesima fetta vengono altresì formate due regioni di drogaggio opposto (**n** se la fetta è **p**, e viceversa).

Quando la tensione di controllo U_{gs} è positiva, le lacune presenti come portatori di maggioranza nel silicio di tipo **p** vengono allontanate dalla regione sottostante l'elettrodo di porta, dove invece si addensano gli elettroni liberi. Oltre un determinato valore di tensione di controllo, si verifica, nello strato superficiale della fetta, la formazione di un canale di tipo **n** che congiunge la regione **n** di sorgente (source), con quella di scarico (drain).

I transistor a effetto di campo realizzati con la tecnologia ossido-metallo sono chiamati MOS-FET.

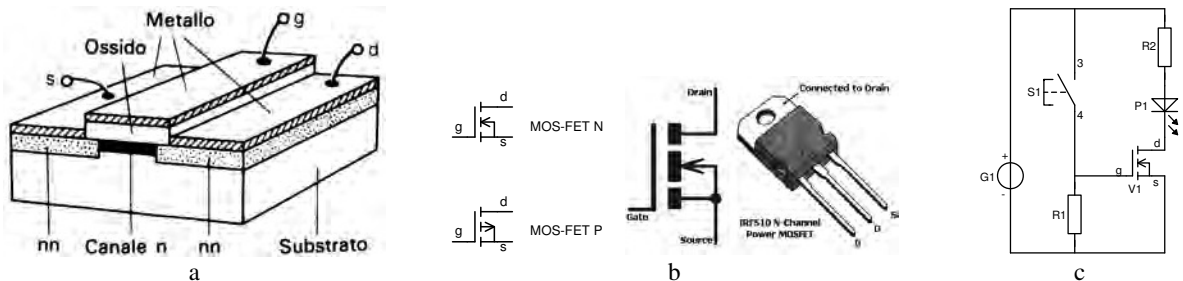


Fig. 3.183 - a) Struttura interna di un transistor MOS-FET - b) Segno grafico e aspetto esterno con piedinatura di un transistor MOS-FET di potenza - c) Funzionamento di un transistor MOS-FET tipo n. In questo circuito, alimentato dall'alimentatore $G1$, quando si preme il pulsante $S1$ il transistor MOS-FET $V1$ va in conduzione e il diodo LED $P1$ viene alimentato attraverso il resistore $R2$, accendendosi.

I **transistor di potenza** si possono suddividere in cinque famiglie principali.

- **Bipolare convenzionale**, destinati generalmente per usi lineari o a frequenze limitate, e costruiti con tecniche diverse: a lega di potenza a base diffusa; a base epitassiale; planare; planare-epitassiale e mesa epitassiale (con la quale si possono ottenere i dispositivi in grado di commutare le tensioni e le correnti più elevate).
- **Bipolare avanzata**, costruiti con la tecnica mesa multiepitassiale che, oltre alla possibilità di commutare tensioni e correnti elevate, consente un'ottima efficienza e perdite molto ridotte.
- **Darlington**, che sfruttando le tecniche di integrazione abbinano fra loro transistor bipolari monolitici dalle ottime caratteristiche. La configurazione in cascata (v. fig. 3.184a e fig. 3.184b), comprendente le resistenze base-emettitore, due diodi e uno Zener di protezione, aumenta l'impedenza di ingresso e il guadagno complessivo del dispositivo con una limitata circuiteria di pilotaggio.

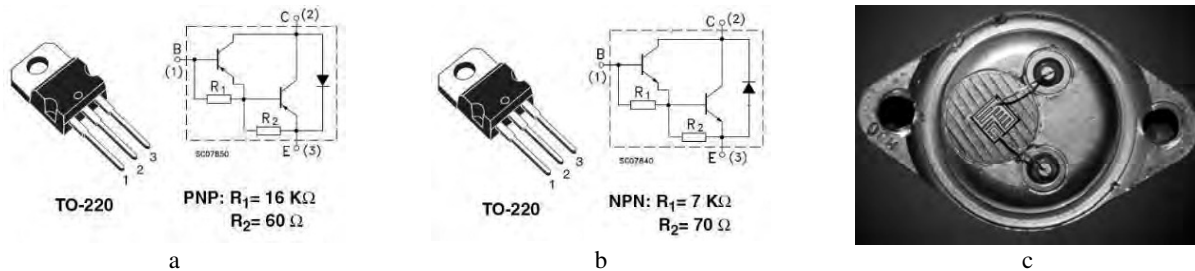


Fig. 3.184 - a) Esempio di transistor di potenza Darlington pnp in contenitore TO-220 - b) Esempio di transistor di potenza Darlington tipo npn in contenitore TO-220 - c) Vista interna di un transistor Darlington in contenitore TO-3.

- **MOS-FET di potenza**, che consentono di commutare tensioni fino a 1000 V e, tramite soluzioni ibride a più piastrelle in parallelo, correnti fino a 200 A.
- **IGBT**, nasce dall'abbinamento di un MOS-FET (potenza limitata ed elevata impedenza di ingresso) posto in ingresso, con un bipolare di potenza BJT, posto in uscita che in tal modo risulta caratterizzato dal basso valore di resistenza proprio di un **pn**p quando è in saturazione.

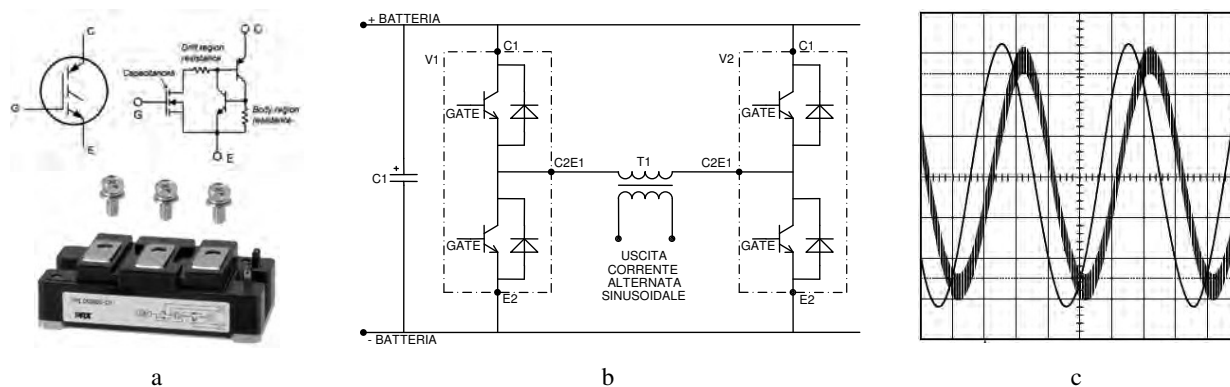


Fig. 3.185 - a) Esempio di transistor di potenza IGBT e relativo segno grafico - b) Esempio di applicazione di transistor di potenza IGBT utilizzati per realizzare un convertitore DC/AC (inverter). I transistor se opportunamente pilotati al terminale gate consentono di ottenere, in uscita, partendo da un sorgente in corrente continua (batteria) una corrente alternata ($U = 230\text{ V}$, $f = 50\text{ Hz}$) - c) Forma d'onda in uscita dal convertitore (corrente alternata sinusoidale).

Il **transistor unigiunzione**, UJT (Uni Junction Transistor), è dotato, come il transistor bipolare BJT, di tre terminali (v. fig. 3.186): due basi, con elettrodi connessi alle estremità di una barretta di silicio **n** e un emettitore, congiunto al centro della barretta tramite un sottile strato di materiale **p**.

Il suo funzionamento può essere schematizzato in questo modo:

- 1) con la base 2 aperta, il sistema emettitore-base 1 si comporta come un diodo in conduzione, con l'emettitore positivo;
- 2) con l'emettitore aperto, tra le due basi è presente una resistenza di valore elevato;
- 3) applicando una tensione tra le due basi, con la 2 positiva rispetto alla 1, e aumentando progressivamente la tensione di emettitore, al superamento del valore $(0,5 \div 0,75) \cdot U_{b1-b2}$, il dispositivo si innesca, generando una corrente di emettitore. Dall'istante dell'innesco, la giunzione emettitore-base 1 si comporta quindi come un diodo.

Il transistor unigiunzione viene impiegato principalmente nei circuiti generatori di impulsi, destinati anche a generare il segnale di innesco dei tiristori.

Nella fig. 3.186c viene mostrato un circuito di questo tipo, il transistor UJT V1 genera degli impulsi che innescano il tiristore (SCR) tipo C118; mediante il potenziometro R4 è possibile variare la frequenza degli impulsi che il transistor V1 genera per innescare il tiristore. Cambiando il punto di innesco del tiristore è possibile applicare al carico (lampada ad incandescenza, forno elettrico) una tensione pulsante con un valore efficace variabile.

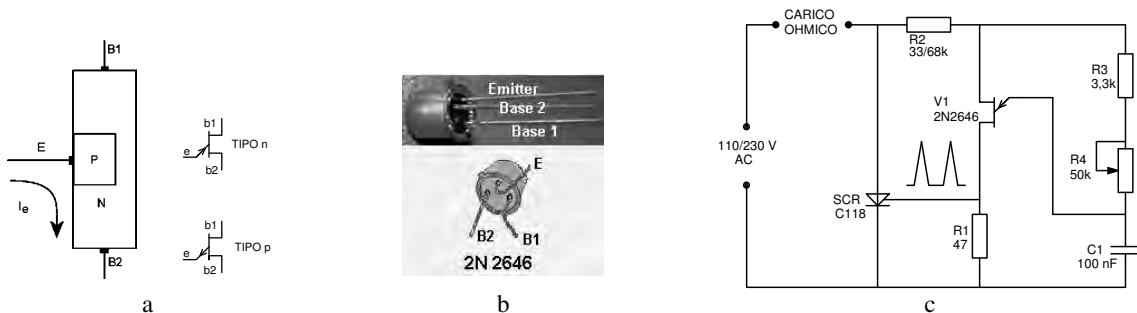


Fig. 3.186 - a) Struttura interna di un transistor unigiunzione UJT e relativo segno grafico - b) Aspetto esterno con piedinatura di un transistor unigiunzione - c) Esempio di applicazione di un transistor unigiunzione per il controllo di un tiristore che permette di variare la tensione applicata a un carico resistivo (lampada ad incandescenza, forno elettrico, ecc.).

3.19.3 Dispositivi di potenza: tiristori (SCR), triac e DIAC

Il **tiristore** (in inglese thyristor, derivato da thyatron transistor, dove thyatron era una valvola termoionica a triodo) è un dispositivo elettronico bistabile, formato da quattro strati **pnpn** (v. fig. 3.187a) e dotato di tre elettrodi, chiamati rispettivamente: anodo (A-anode), catodo (K-cathode) e porta (G-gate) come mostrato nella fig. 3.187b.

In altre parole si tratta di un diodo controllato ed è per questo motivo che viene comunemente chiamato anche con l'acronimo di **SCR** (Silicon Controlled Rectifier), in quanto il terzo elettrodo, ovvero la porta, svolge, una funzione analoga a quella che la griglia svolgeva nel thyatron, e serve per comandare la transizione dallo stato di blocco a quello di conduzione.

Il comando si attua applicando un breve impulso di tensione positiva all'elettrodo di porta G.

In caso di assenza dell'impulso di innesco, il dispositivo può passare in conduzione solo se la tensione applicata tra anodo e catodo supera un determinato valore di soglia chiamata tensione diretta di breakover (U_{BO}), l'andamento della corrente è rappresentato dalla curva relativa a $I_G = 0$ nel diagramma di fig. 3.187c.

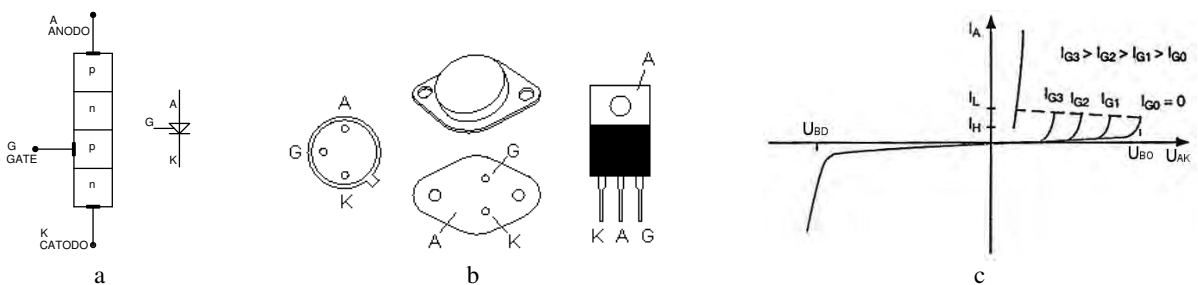


Fig. 3.187 - a) Schematizzazione di un tiristore e relativo segno grafico - b) Aspetto esterno di alcuni tipi di tiristori con relativa piedinatura. A sinistra il contenitore TO-5 a cappuccio metallico (tipo transistor) con anodo a massa, impiegato per piccole potenze, al centro contenitore metallico TO-3 con anodo a massa per dispositivi di media e grande potenza, a destra contenitore in materiale plastico con dissipatore metallico TO-220 collegato all'anodo, impiegato per medie potenze - c) Caratteristica tensione-corrente di un tiristore.

Se si aumenta il valore della corrente dell'impulso I_G la tensione alla quale il tiristore entra in conduzione diminuisce, come riportato dalle altre curve della stessa fig. 3.187c con $I_{G3} > I_{G2} > I_{G1} > I_{G0}$. In ogni caso, una volta che il tiristore è innescato, presenta una caratteristica del tutto simile a quella di un normale diodo.

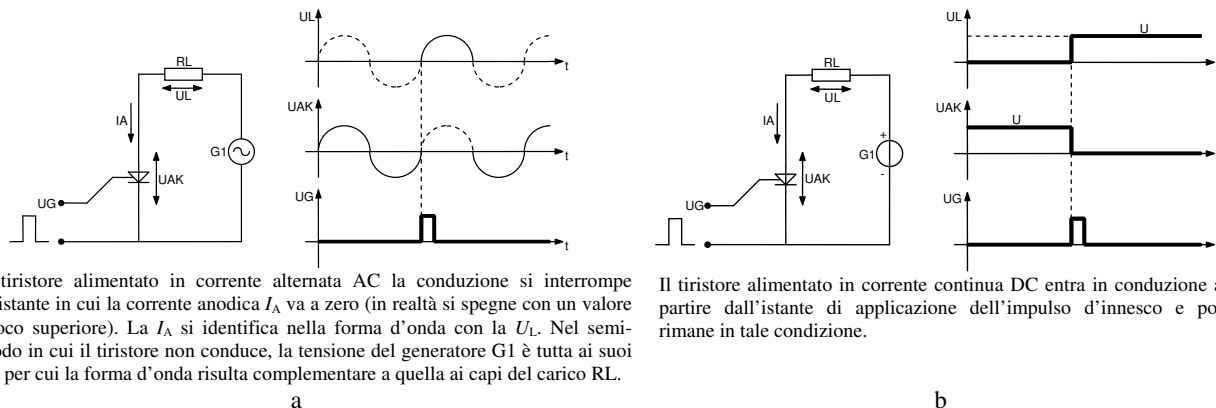
Il metodo di innesco descritto è quello più comunemente usato. Quando il tiristore è polarizzato inversamente, il suo comportamento è simile a quello di un diodo polarizzato inversamente. La corrente rimane molto piccola e

costante fino alla tensione di breakdown (U_{BD}), cresce poi in modo rapido una volta raggiunto tale valore, se non viene limitata, può causare la rottura del dispositivo.

L'impulso di corrente richiesto per il comando di un tiristore è generalmente inferiore all'1% della corrente nominale del dispositivo e, inoltre, non deve superare un determinato valore che dipende dal tipo di dispositivo.

I tiristori possono essere utilizzati sia nei circuiti a corrente alternata sia in quelli in corrente continua.

Nei primi, la corrente si interrompe automaticamente a ogni passaggio per lo zero della tensione e quindi, per mantenere il tiristore in conduzione, è necessario applicare un impulso di comando per ogni semiperiodo di conduzione (v. fig. 3.188a). Nei circuiti in corrente continua il tiristore, una volta innescato rimane in conduzione finché non viene interdetto mediante l'interruzione del circuito di carico oppure mediante la diminuzione della corrente che attraversa il carico stesso al di sotto di un determinato valore detto di mantenimento (v. fig. 3.188b).



Nel tiristore alimentato in corrente alternata AC la conduzione si interrompe nell'istante in cui la corrente anodica I_A va a zero (in realtà si spegne con un valore di poco superiore). La I_A si identifica nella forma d'onda con la U_L . Nel semiperiodo in cui il tiristore non conduce, la tensione del generatore G1 è tutta ai suoi capi, per cui la forma d'onda risulta complementare a quella ai capi del carico RL.

Il tiristore alimentato in corrente continua DC entra in conduzione a partire dall'istante di applicazione dell'impulso d'innescò e poi rimane in tale condizione.

Fig. 3.188 - Funzionamento di un tiristore: a) Con una tensione alternata - b) Con una tensione continua.

I tiristori vengono utilizzati in particolare nei circuiti raddrizzatori, ovvero per la conversione di una corrente alternata in corrente continua (v. fig. 3.189a) utile, per esempio, per l'azionamento dei motori in corrente continua e per i circuiti invertitori (inverters), ovvero per la conversione di una corrente continua in corrente alternata utilizzata per l'azionamento dei motori elettrici in corrente alternata. I tiristori sono sensibili ai bruschi aumenti di corrente, che possono causarne la rottura: per proteggere il tiristore, gli si inserisce allora in serie una piccola induttanza L. Anche un aumento improvviso della tensione può causare dei problemi, perché può portare in conduzione il tiristore senza l'azione del gate. Per prevenire queste crescite repentine di tensione, si inserisce un circuito di smorzamento RC in parallelo al tiristore, come mostrato nella fig. 3.189b.

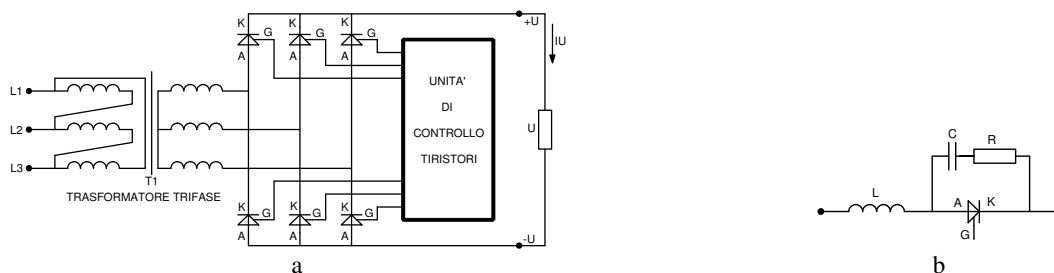


Fig. 3.189 - a) Schema di principio di un circuito raddrizzatore trifase totalmente controllato (convertitore AC→DC) con tiristori che alimentano un carico U. I tiristori sono pilotati mediante il terminale di gate da un'apposita unità di controllo - b) Circuito di protezione per tiristori contro le brusche variazioni di corrente e di tensione.

Lo schema di principio, riportato nella fig. 3.190, presenta un convertitore di frequenza o inverter dotato di un ponte a trifase di conversione (AC→DC), sui cui rami i transistor bipolari (IGBT) sono portati alternativamente in conduzione per effettuare la conversione inversa (DC→AC). L'alimentazione dell'inverter può essere, secondo i modelli, trifase (A) oppure monofase (B), infatti è partendo dalla corrente continua che il convertitore a transistor genera la corrente alternata necessaria per alimentare il motore asincrono trifase.

I due convertitori AC→DC e DC→AC sono gestiti da un'unità di controllo a microprocessore, tale unità può ricevere segnali dall'impianto, da controllori logici programmabili o da personal computer.

I convertitori di frequenza consentono di azionare i motori asincroni trifase variando la tensione e la frequenza di alimentazione in modo opportuno, al fine di poter variare i parametri meccanici come la velocità di rotazione

dell'albero del motore, la coppia meccanica in modo da adattarne il funzionamento alle necessità dei moderni impianti automatici e contemporaneamente contribuire al risparmio energetico.

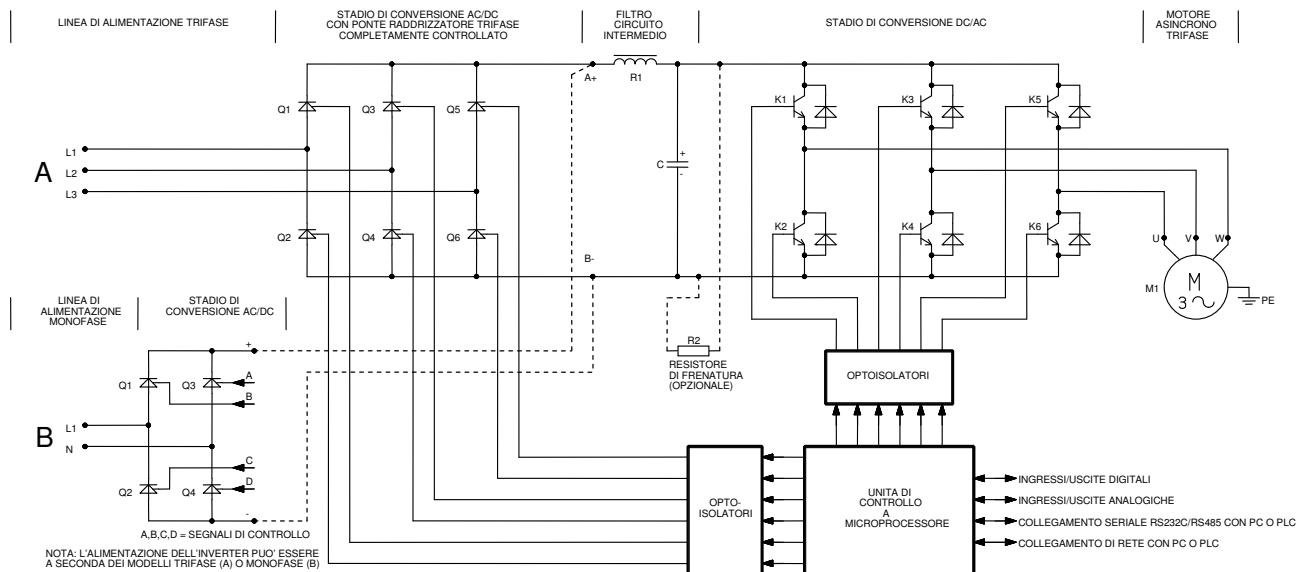


Fig. 3.190 - Schema di principio di un convertitore di frequenza (inverter). Si noti che l'alimentazione dell'inverter può essere, a seconda dei modelli, trifase (A) oppure monofase (B).

I **triac** sono dispositivi a semiconduttore caratterizzati da tre elettrodi, due terminali (A1 e A2) e un elettrodo di controllo denominato gate (G), che consentono il passaggio di corrente in entrambe le direzioni.

Analogamente ai tiristori, i triacs possono essere portati in conduzione in due modi: applicando una tensione corrispondente a quella di rottura U_{BO} oppure applicando all'elettrodo di controllo, chiamato gate, un opportuno impulso di tensione.

Il funzionamento di un triac è quasi simile a quello di due tiristori collegati in antiparallelo, come mostrato nella fig. 3.191a.

Il dispositivo ha un solo elettrodo di controllo denominato gate e due terminali denominati A1 e A2, ognuno dei quali può essere considerato anodo o catodo a seconda del senso della corrente (v. fig. 3.191b).

Le caratteristiche tensione-corrente di funzionamento di questo dispositivo sono molto simili a quelle che si avrebbero sovrapponendo le caratteristiche di due SCR collegati in antiparallelo.

Nella fig. 3.191c viene riportata la caratteristica tipica di un triac ottenuta variando la tensione di alimentazione U_{AK} prima in un senso e poi nell'altro, con i circuiti di controllo disattivati.

Nel grafico di fig. 3.191c è possibile osservare che il triac passa in conduzione, come accade anche nel tiristore, quando la tensione supera in valore assoluto il valore di rottura U_{BO} e come la sua caratteristica tensione-corrente completa risulti molto simile alla combinazione di quelle di due SCR polarizzati in senso contrario.

Una volta innescato il triac questi resta in conduzione fino all'istante in cui la corrente del circuito principale resta al di sopra del valore I_H di mantenimento.

I triacs vengono utilizzati nei circuiti in corrente alternata come interruttori o come regolatori di potenza.

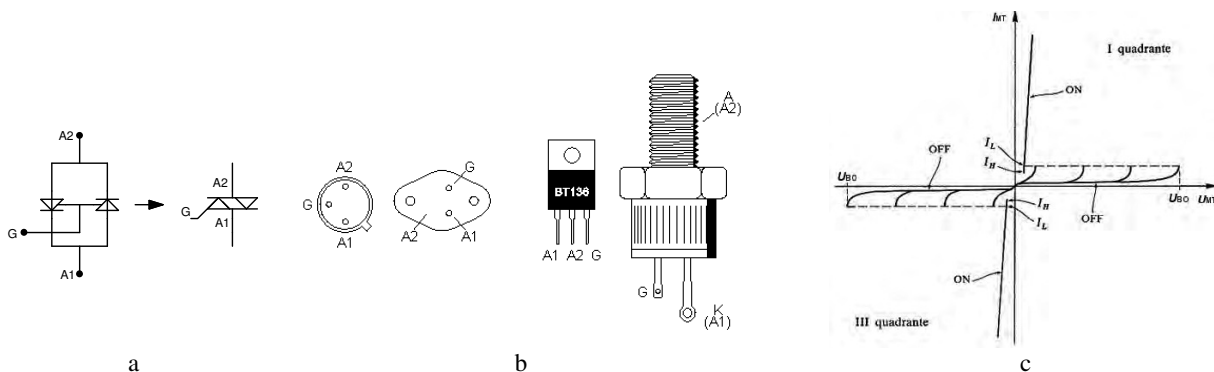


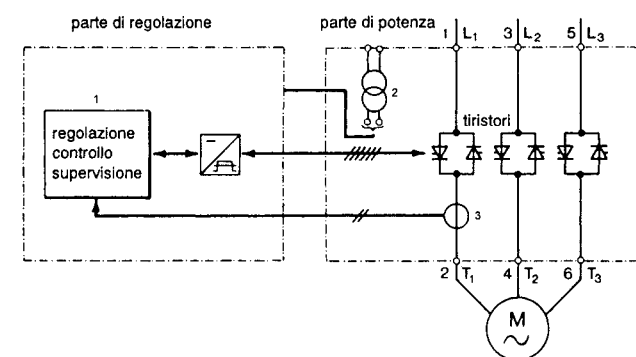
Fig. 3.191 - a) Schematizzazione di un triac e relativo segno grafico - b) Aspetto esterno di alcuni tipi di triac con piedinatura - c) Caratteristica tensione-corrente di un triac.

Nell'impiego come interruttori (relè allo stato solido) presentano, rispetto agli interruttori elettromeccanici, numerosi vantaggi, tra i quali vale la pena ricordare: l'assenza di archi o sovratensioni all'atto dell'apertura, assenza di rimbalzi all'atto della chiusura, tempi di funzionamento molto bassi (per il passaggio dallo stato di conduzione a quello di blocco e viceversa), infine assenza di usura, ovvero un elevato numero di commutazioni eseguibili.

Per quanto riguarda l'impiego dei triacs come regolatori di potenza, le tecniche di regolazione maggiormente usate sono: *a variazione dell'angolo di conduzione* del triac in ogni semiperiodo, oppure *a zero di tensione*, controllando cioè, il numero dei periodi in cui il triac conduce e in questo caso la potenza trasferita sul carico risulta proporzionale al rapporto tra il tempo t_{on} , corrispondente al numero dei periodi in cui il triac conduce, e l'intervallo di tempo totale t preso in considerazione.

Durante l'avviamento di un motore asincrono trifase, 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.

L'avviatore statico soft start industriale, mostrato nella fig. 3.192, controlla la tensione, in modo continuo, parzializzandola dalla fase iniziale fino al cento per cento, utilizzando due tiristori collegati in antiparallelo (triac). 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.



- 1) Funzione di controllo, calcolo e sorveglianza mediante microprocessore.
- 2) Alimentazione del circuito di controllo.
- 3) Trasformatori di misura della corrente (trasformatori amperometrici TA).

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 della corrente (trasformatori di corrente TA);
- un gruppo di ventilazione con le relative sicurezze.

Fig. 3.192 - Schema a blocchi di un avviatore soft start industriale per il comando di motori asincroni trifase con tensioni normalizzate comprese tra 200 e 500 V e potenza compresa tra 2,2 e 800 kW. Queste apparecchiature sono composte da una parte di controllo montata sulla parte di potenza. Opzioni per la comunicazione in locale o in linea (PLC o PC).

Il **DIAC** (Diode for Alternating Current: diodo per corrente alternata) fa parte dei dispositivi a semiconduttore ed è utilizzato solitamente per innescare il gate di un triac o un SCR. In pratica, altro non è che un triac privato del terminale di gate di cui mantiene i terminali A1 e A2. In fig. 3.193a è riportato il circuito equivalente e il relativo segno grafico. Dal punto di vista funzionale può essere pensato, in prima approssimazione, come l'accoppiamento di due diodi Zener in antiserie oppure anche come uno scaricatore a gas.

In pratica il DIAC presenta elevata impedenza fino a un valore soglia di differenza di potenziale (definito breakover) oltre il quale l'impedenza crolla, permettendo il passaggio di un elevato valore di corrente (in questo differisce dal modello a due diodi Zener in antiparallelo che non presentano questo crollo dell'impedenza caratteristico del DIAC).

Si noti che a differenza dei normali diodi, il DIAC non è polarizzato, ovvero è bidirezionale, come mostrato nella fig. 3.193c che riporta la caratteristica tensione-corrente di questo dispositivo. La curva caratteristica è simile, oltre a quella del già citato scaricatore a gas, a quella del Trisil (dispositivo elettronico utilizzato per proteggere i circuiti elettronici dalle sovratensioni, per esempio di origine atmosferica) e appare simmetrica rispetto alle due polarità della tensione applicata ai terminali.

Sia in un senso che nell'altro, la corrente che attraversa il DIAC è minima fino a un certo valore di tensione, U_{B0} ; superato tale valore, la tensione ai capi del DIAC scende bruscamente ad un valore più basso, U_0 , detto breakback voltage, mentre la corrente assume il valore massimo consentito dal circuito. La corrente I_{B0} , corrispondente al breakover, viene detta appunto breakover current. Per esempio, per un DIAC come quello che si vede nella fig. 3.193b (BR100 della Philips), le grandezze caratteristiche hanno i seguenti valori:

- breakover voltage U_{B0} : da 27 a 36 V;
- output voltage U_0 : 7 V;
- corrente di picco diretta ripetitiva: 2 A.

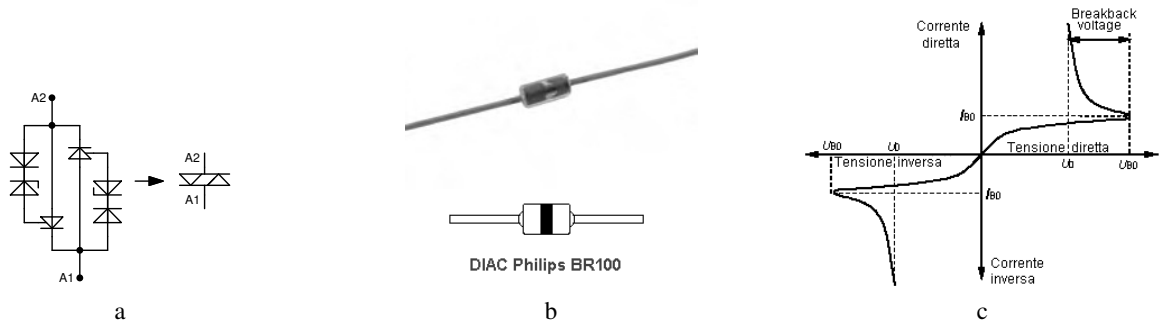
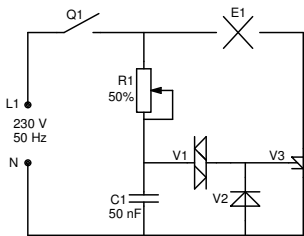


Fig. 3.193 - DIAC: a) Circuito equivalente e segno grafico secondo le norme CEI - b) Aspetto esterno - c) Curva caratteristica tensione-corrente.

Un esempio di applicazione del DIAC è illustrato in fig. 3.194 dove è rappresentato un semplice schema di principio di un dimmer (varialuce) per regolare l'intensità luminosa di una lampadina ad incandescenza mediante un potenziometro.



Nella figura a fianco è rappresentato un semplice schema di principio di un dimmer (varialuce) per regolare l'intensità luminosa, variando il valore efficace della tensione applicata, di una lampadina ad incandescenza mediante un potenziometro, dopo aver chiuso l'interruttore Q1.

Nello schema elettrico viene utilizzato un SCR che conduce la corrente in un solo senso: in questo modo la massima luminosità ottenibile (spostando il cursore del potenziometro R1 verso l'alto) sarà di circa il 50% del valore disponibile dell'alimentazione (l'SCR conduce la corrente in un solo senso: in questo caso solo le semionde positive tra anodo e catodo dell'SCR).

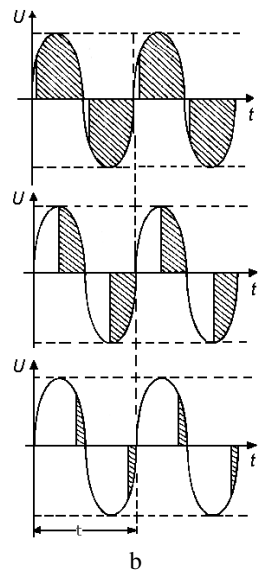
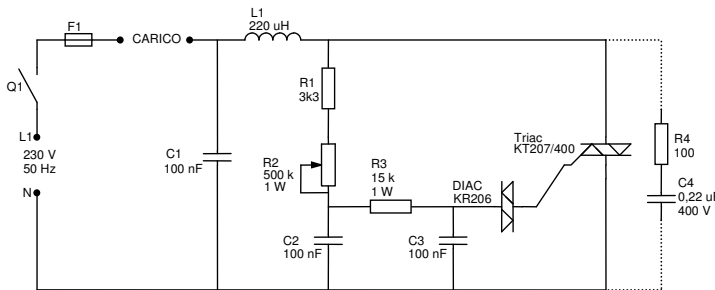
La sostituzione dell'SCR con un triac (e l'eliminazione del diodo V2) permetterebbe di avere un intervallo di regolazione da zero al 100% (circa) dell'alimentazione.

Va notato che il circuito potrebbe funzionare anche se il DIAC non fosse montato e fosse sostituito da un cortocircuito, ma il suo comportamento risulterebbe meno stabile e preciso nella regolazione, oltre ad affaticare inutilmente il dispositivo di potenza (SCR nell'esempio, ma triac nell'uso comune), che è meno stressato se l'impulso di corrente sul gate è sufficientemente potente e deciso nel portarlo in conduzione; comportamento ottenibile solo con il DIAC.

Fig. 3.194 - Esempio di applicazione di un DIAC utilizzato per il comando di un SCR di un dimmer.

In modo analogo è possibile variare il valore medio e il valore efficace della tensione di rete monofase (230 V AC, 50 Hz) per alimentare lampade ad incandescenza, elementi riscaldanti di forni o motori a spazzole utilizzando un DIAC che fornisce gli impulsi necessari per comandare un triac; lo schema elettrico è riportato nella fig. 3.195a.

Le forme d'onde della tensione applicata al carico sono riportate dalla fig. 3.195b; è possibile notare come variando il punto di innesco del triac, agendo sul potenziometro R2, sia possibile cambiare il valore medio e il valore efficace della tensione applicata al carico e quindi modificarne il punto di funzionamento.



Il modo più semplice per variare il valore efficace della tensione di 230 V, 50 Hz della rete, per alimentare lampade ad incandescenza, resistenze di riscaldamento o motori a spazzole, è riportato in figura. L'andamento della forma d'onda della tensione di alimentazione dei carichi citati precedentemente è riportata a lato. Gli impulsi necessari per pilotare il triac vengono forniti dal DIAC. L'angolo di innesco del triac e quindi il valore efficace applicato al carico è regolabile mediante il potenziometro R2. Segue l'elenco dei componenti:

- 1 triac: KT207/400 o equivalenti.
- 1 potenziometro R2 da 500 kΩ.
- 3 condensatori poliesteri C1, C2, C3 da 100 nF 250 V1 o maggiore.
- 1 resistenza R3 da 15 kΩ 1 W.
- 1 induttanza L1 da 220 μH che consente di eliminare disturbi elettrici che si creano durante il funzionamento del circuito.
- 1 DIAC: KR206 o equivalenti.
- 1 condensatore poliestere 0,22 μF 250 V1 o meglio 350 V1.
- 1 resistenza R1 da 3,3 kΩ 1 W.
- 1 resistenza R4 da 100 Ω.

Se il potenziometro lavora solo a metà corsa è opportuno cambiare il condensatore da 150 nF con uno da 82 nF. Per raffreddare il triac utilizzare un'apposita aletta di raffreddamento in alluminio; se ben raffreddato può funzionare anche per carichi fino a circa 2 KW.

a

b

Fig. 3.195 - Esempio di applicazione di un DIAC utilizzato per il comando di un triac per variare il valore efficace della tensione di rete per alimentare lampade ad incandescenza, elementi riscaldanti di forni o motori a spazzole - b) Forme d'onde della tensione applicata al carico al variare del punto di innesco del triac.

3.19.4 Catalogazione dei dispositivi a semiconduttori

I dispositivi a semiconduttori si possono distinguere in relazione al tipo di applicazione a cui sono destinati e in relazione al tipo di costruzione.

In commercio sono disponibili dispositivi per uso generale sia al germanio che al silicio, diodi raddrizzatori, diodi Zener, diodi LED e diodi per applicazioni speciali (diodi Schottky, diodi tunnel), transistor, tiristori, ecc.

I dispositivi vengono contrassegnati tramite codici alfanumerici che possono fare riferimento a normative americane o europee.

La normativa americana prevede semplicemente dei codici formati dal prefisso 1N, 2N, 4N che identificano la tipologia del componente, in particolare 1 equivale ai diodi, 2 equivale ai transistor, 4 ai fotoaccoppiatori, mentre la lettera N è solo un separatore convenzionale che, seguito da un numero, indica un valore puramente seriale da 100 a 9999. Per esempio 1N4007 o 1N4148 sono dei diodi mentre 2N2222 è un transistor.

Una eventuale lettera, facoltativa, indica il gruppo di guadagno ovvero A: guadagno basso, B: guadagno medio, C: guadagno alto e infine senza lettera guadagno non specificato (esempio il transistor 2N2222A).

La normativa europea più dettagliata prevede l'uso di due lettere seguite da tre numeri: la prima lettera permette di individuare il materiale utilizzato per la fabbricazione del diodo, la lettera successiva indica, invece, il ruolo al quale il dispositivo è destinato, come riportato in forma tabellare nella tab. 3.38.

Prima lettera (materiale)	Seconda lettera (impiego)		
A: Germanio (Ge)	A: Diodi per segnali di piccola potenza	F: Transistor per piccoli segnali ad alta frequenza	T: Tiristore di potenza
B: Silicio (Si)	B: Diodo varicap	K: Dispositivo ad effetto Hall	U: Transistor di potenza switching
C: Arseniuro di gallio (GaAs)	C: Transistor per piccoli segnali	L: Transistor di potenza ad alta frequenza	Y: Diodo raddrizzatore di potenza
D: Antimonio di indio (InSb)	D: Transistor di potenza	N: Fotoaccoppiatore	Z: Diodo Zener
R: Materiali speciali	E: Diodi tunnel	R: Tiristore per basse potenze	

Tab. 3.38 - Alcuni contrassegni per l'identificazione dei dispositivi a semiconduttore.

Una eventuale terza lettera prima del numero, facoltativa, indica l'utilizzo del componente sia esso commerciale oppure industriale (lettera X, Y, W oppure Z).

Il numero nel codice indica un valore puramente seriale (da 100 a 9999). L'ultima lettera, anch'essa facoltativa, identifica il gruppo di guadagno.

Per esempio BC140A indica un transistor al silicio per piccoli segnali con basso guadagno, mentre BY127 indica un diodo raddrizzatore di potenza al silicio e infine AA116 indica un diodo per segnali di piccola potenza al germanio.

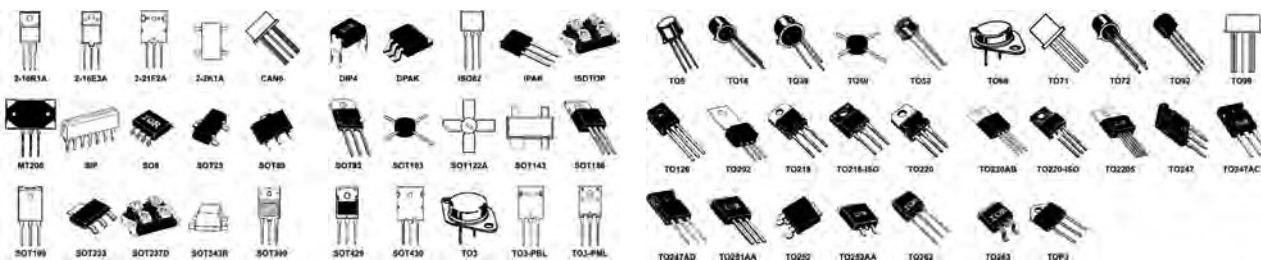


Fig. 3.196 - Esempi di contenitori (package) per transistor, tiristori e triac.

3.20 Circuiti integrati

Un circuito integrato, in sigla IC (Integrated Circuit), riunisce su una piccola piastrina (chip) di materiale semiconduttore, che funge da substrato, un insieme di componenti passivi e attivi, nonché i relativi collegamenti.

A partire dagli anni Sessanta, quando ha preso avvio la costruzione dei primi circuiti integrati, la ricerca tecnologica ha portato in questo settore a una continua miniaturizzazione dei prodotti, tramite una loro integrazione sempre più spinta, con la presenza di un numero sempre più elevato di componenti su uno stesso substrato semiconduttore.

Nella tab. 3.39 sono riportati, con a fianco una descrizione sintetica delle caratteristiche, alcuni dei livelli di integrazione seguiti alla realizzazione dei primi circuiti integrati.

Per raggiungere simili traguardi si è reso necessario lo sviluppo di una consistente ricerca tecnologia, le cui tappe hanno dato via via origine a molte famiglie logiche come riportato nella tab. 3.40, che comprende le due principali suddivisioni di tecnologia bipolare e tecnologia a effetto di campo.

Scala di integrazione	Numero di transistor	Acronimo
SSI	<10	Small Scale Integration
MSI	<100	Medium Scale Integration
LSI	<10000	Large Scale Integration
VLSI	<100000	Very Large Scale Integration
ULSI	<1000000	Ultra Large Scale Integration

Tab. 3.39 - Il numero di transistor contenuti in un IC definisce la sua scala di integrazione. Allo stato attuale tutti i chip ad alta tecnologia sono costruiti in tecnologia ULSI, non si sono diffuse denominazioni successive anche perché ormai si tende a specificare direttamente la dimensione minima dei transistor per indicare la tecnologia costruttiva del chip (45 nm, 32 nm, 16 nm).

In realtà è però abbastanza difficile fare una distinzione netta fra le varie tecnologie, in quanto le case produttrici di circuiti integrati hanno sviluppato una propria tecnologia finalizzata soprattutto agli aspetti applicativi di questi componenti.

Tecnologia costruttiva		Descrizione
Bipolare	TTL (Transistor Transistor Logic)	Tecnologia molto diffusa che utilizza esclusivamente i transistor, uno dei quali a più emettitori, per realizzare tutte le funzioni logiche necessarie.
	ECL (Emitter Coupled Logic)	Tecnologia che utilizza transistor accoppiati d'emettitore. (Poco utilizzata per via delle caratteristiche non competitive rispetto a quelle delle altre famiglie).
	CML (Current Mode Logic)	Tecnologia che costituisce una variante migliorativa della ECL; a bassa soglia logica e maggiore velocità.
	STL (Schottky Transistor Logic)	Tecnologia che fa uso di transistor Schottky, caratterizzati da una particolare rapidità nel passaggio dalla fase di conduzione a quella di interruzione; questo fatto consente di aumentare la velocità operativa del circuito integrato.
	I ² L (Integrated Injection)	Tecnologia logica ad iniezione di corrente; caratterizzata da un ridotto consumo di energia e da dimensioni contenute.
Ad effetto di campo	P-MOS (P-Channel Metal Oxide Semiconductor)	Logica basata sulle operazioni di transistor MOS a canale p. Consente un assorbimento limitato di potenza e un costo anch'esso limitato, ma una bassa velocità operativa. Si impiega per livelli d'integrazione MSI e LSI.
	N-MOS (N-Channel MOS)	Logica basata sulle operazioni di transistor MOS a canale n. Richiede una tensione di alimentazione più elevata rispetto a quella della P-MOS, ma è anche più veloce; pur essendo sempre più lenta rispetto alla tecnologia TTL.
	C-MOS (Complementary MOS)	Tecnologia costruttiva che utilizza due canali p e n, complementari, di transistor MOS, al fine di ridurre la dissipazione e incrementare la velocità operativa dell'integrato.
	H-MOS (High speed MOS - High density MOS)	Tecnologia costruttiva per memoria MOS ad alta velocità e a elevata densità.
Mista	BICMOS	Tecnologia che prevede l'integrazione su un unico chip di transistor bipolari e MOS. Consente di associare l'elevata velocità e capacità di pilotaggio del carico, proprie dei transistor bipolari, al basso consumo di potenza proprio dei MOS.

Tab. 3.40 - Famiglie logiche per circuiti integrati.

Questi componenti si presentano sotto forma di una piastrina di silicio inserita in un apposito contenitore dal quale fuoriescono solo dei contatti (pins). Il contenitore può assumere svariate forme tra cui vale la pena segnalare: TO, DUAL e FLAT mostrate nella fig. 3.197a, fig. 3.197b, fig. 3.197c.

Per dare il senso delle proporzioni si consideri l'immagine, riportata nella fig. 3.197d, in cui vengono evidenziate le reali dimensioni di un tipico chip a confronto con una moneta; nella fig. 3.197e è possibile, invece, vedere il chip montato all'interno di un tipico contenitore con i collegamenti elettrici fra il chip e i piedini esterni dell'integrato.

Per realizzare circuiti integrati più complessi, come le memorie e in particolare i microprocessori che rappresentano il "cervello" per esempio di un personal computer, si utilizzano tecnologie di integrazione a larga scala (LSI, Large Scale Integration; VLSI, Very Large Scale Integration; ULSI, Ultra Large Scale Integration).

Le dimensioni del contenitore non dipendono tanto dalla complessità del chip, quanto dal numero di funzioni che occorre fornirgli dall'esterno, in ingresso e uscita; un circuito integrato può avere pochi piedini (per esempio 8) oppure arrivare, come nel caso dei microprocessori, ad alcune centinaia.

Complessivamente il chip, all'interno del contenitore, occupa una superficie di alcune decine di mm².

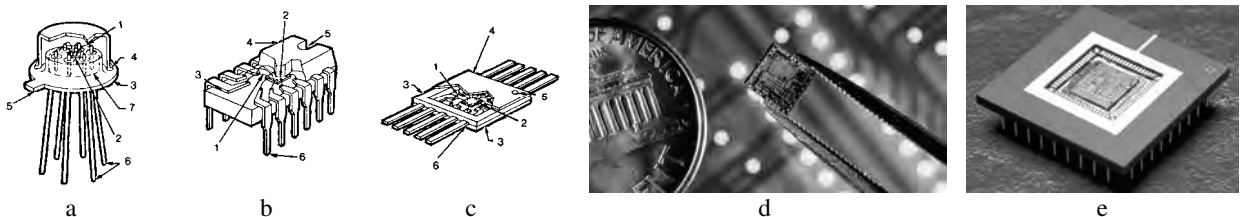


Fig. 3.197 - Soluzioni costruttive per contenitori di circuiti integrati: 1-filo di collegamento, 2-piastrina (chip), 3-base, 4-copertura, 5-tacca di riferimento, 6-piedini (pins), 7-basetta isolata: a) Tipo di contenitore TO - b) Tipo di contenitore DUAL o DIP (Dual Inline Package). - c) Tipo di contenitore FLAT - d) Reali dimensioni di un tipico chip a confronto con una moneta - e) Chip montato all'interno di un contenitore con i collegamenti elettrici fra il chip e i piedini esterni del circuito integrato.

Tra i vantaggi che offrono questi dispositivi rispetto a quelli discreti è possibile citare: minore peso, dimensioni più ridotte, maggiore affidabilità, minor costo.

È necessario, però, segnalare anche alcuni vincoli legati essenzialmente alla limitata potenza che i circuiti integrati possono pilotare e alla necessità di sostituire l'intero dispositivo in caso di guasto anche di un solo componente interno.

È possibile suddividere i circuiti integrati in base a due criteri: secondo la tecnica di realizzazione e secondo i campi di utilizzazione. Per quanto riguarda la tecnologia costruttiva, si possono a loro volta suddividere in monolitici e a film.

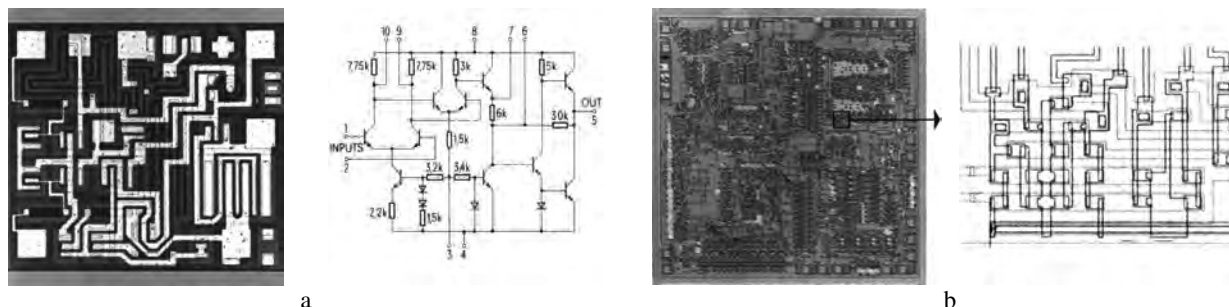


Fig. 3.198 - a) Esempio di circuito integrato tipo SSI con relativo schema elettronico comprendente 10 transistor, 4 diodi, 11 resistenze - b) Esempio di circuito integrato tipo LSI con relativo ingrandimento (16 mm^2 , 1800 transistor, potenza dissipata 500 mW).

Nel primo caso tutti gli elementi circuitali, attivi e passivi, vengono realizzati contemporaneamente in un unico chip mediante successive e appropriate operazioni di drogaggio, questa è denominata tecnologia planare. In altri termini, il processo di tecnologia planare è costituito da un ciclo di lavorazioni elementari ripetuto più volte, in successione, ogni volta utilizzando maschere litografiche differenti.

Uno dei vantaggi principali di tale tecnica è che ogni fase di lavorazione riguarda l'intera superficie della fetta di silicio, vengono processati simultaneamente migliaia di dispositivi. Si possono quindi avere elementi lineari come resistori e capacità, connessioni a bassa resistenza e zone isolate.

I circuiti integrati a film (v. fig. 3.199) sono invece costituiti da un supporto, che può essere in alluminio (a film spesso o thick-film) o di ceramica (a film sottile o thin-film), sul quale è stato depositato, con tecniche speciali, uno strato di materiale semiconduttore. Su questo strato vengono ricavati, con metodo serigrafico, gli elementi conduttori e lineari ai quali vengono poi connessi i diodi e i transistor necessari per ottenere le funzionalità circuitali richieste.

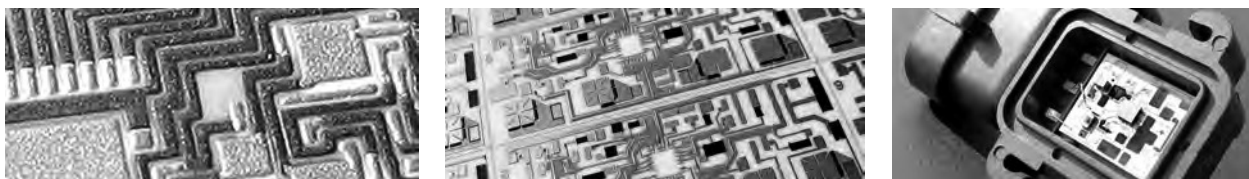


Fig. 3.199 - Esempi di circuiti prodotti con il metodo dei film a spessore (thin-film), utilizzabili per l'industria automobilistica, militare, aerospaziale, applicazioni nel campo medicale, celle solari, resistori e condensatori, componenti ceramici, circuiti e antenne RFID.

Sul piano delle applicazioni si possono avere circuiti integrati digitali oppure analogici.

I circuiti integrati digitali, che verranno esaminati successivamente, sono realizzati con particolari processi costruttivi che consentono di realizzare sistemi logici e matematici che operano sulla base degli stati logici 1 e 0 (sì/vero e no/falso) secondo quando enunciato dall'algebra di Boole, sfruttando nei circuiti delle situazioni di presenza di tensione (1) oppure assenza di tensione (0).

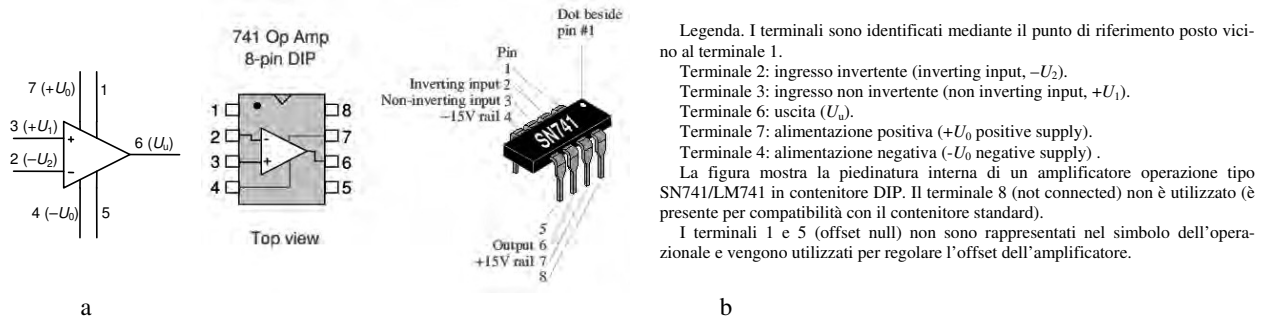
Questi circuiti integrati sono alla base della costruzione degli attuali personal computer, tablet, smartphone, ecc. in quanto circuiti di forma quadrata con il lato di pochi millimetri possono contenere un numero elevatissimo di unità di memoria e di elaborazione che negli anni va via via aumentando.

I circuiti integrati di tipo analogico rappresentano, invece, la soluzione costruttiva miniaturizzata dei circuiti elettronici di uso più frequente in campo industriale.

Ciò permette di ottenere elementi unici intercambiabili in grado di svolgere funzioni standard, come per esempio l'amplificazione di un segnale elettrico, per le quali, senza questi dispositivi, era prima necessario un circuito elettronico complesso con un numero elevato di componenti discreti.

Il più importante e più utilizzato circuito integrato monolitico lineare è l'**amplificatore operazionale** (operational amplifier). Con questo termine si indica un amplificatore dotato di due circuiti di ingresso che consentono di accettare segnali di entrambe le polarità e di eliminare, sul segnale di uscita, la presenza della tensione di polarizzazione.

Il segno grafico di un amplificatore operazionale è riportato nella fig. 3.200a in cui si distinguono con U_1 e U_2 i segnali di entrata, con $+U_0$ e $-U_0$ le tensioni di polarizzazione e con U_u la tensione di uscita. Nella fig. 3.200b viene invece riportato il segno grafico e la piedinatura di un amplificatore operazionale tipo SN741/LM741 e la legenda che indica la funzione svolta da ogni terminale.



Legenda. I terminali sono identificati mediante il punto di riferimento posto vicino al terminale 1.
 Terminale 2: ingresso invertente (inverting input, $-U_2$).
 Terminale 3: ingresso non invertente (non inverting input, $+U_1$).
 Terminale 6: uscita (U_u).
 Terminale 7: alimentazione positiva ($+U_0$ positive supply).
 Terminale 4: alimentazione negativa ($-U_0$ negative supply).
 La figura mostra la piedinatura interna di un amplificatore operazione tipo SN741/LM741 in contenitore DIP. Il terminale 8 (not connected) non è utilizzato (è presente per compatibilità con il contenitore standard).
 I terminali 1 e 5 (offset null) non sono rappresentati nel simbolo dell'operazionale e vengono utilizzati per regolare l'offset dell'amplificatore.

Fig. 3.200 - a) Segno grafico di un amplificatore operazionale - b) Segno grafico e piedinatura di un amplificatore operazione tipo SN741/LM741 in contenitore DIP.

L'amplificatore operazionale, che è caratterizzato da un elevato guadagno anche superiore a 100000, una elevata impedenza di ingresso e una bassa impedenza di uscita, può amplificare sia segnali in corrente continua oppure lentamente variabili, sia segnali in corrente alternata di frequenza variabile tra pochi hertz e svariati decine di megahertz.

È possibile distinguere amplificatori operazionali in configurazione **invertente** e **non invertente** a seconda del tipo configurazione, come riportato nella fig. 3.201. Si dice invertente quella configurazione che fornisce in uscita un segnale amplificato, ma di segno opposto (v. fig. 3.201a).

Nella fig. 3.202 viene riportato il programma di simulazione per circuiti elettrici Solve Elec che mostra le condizioni di funzionamento di un amplificatore operazionale in configurazione invertente (v. fig. 3.201a) e non invertente (v. fig. 3.201b).

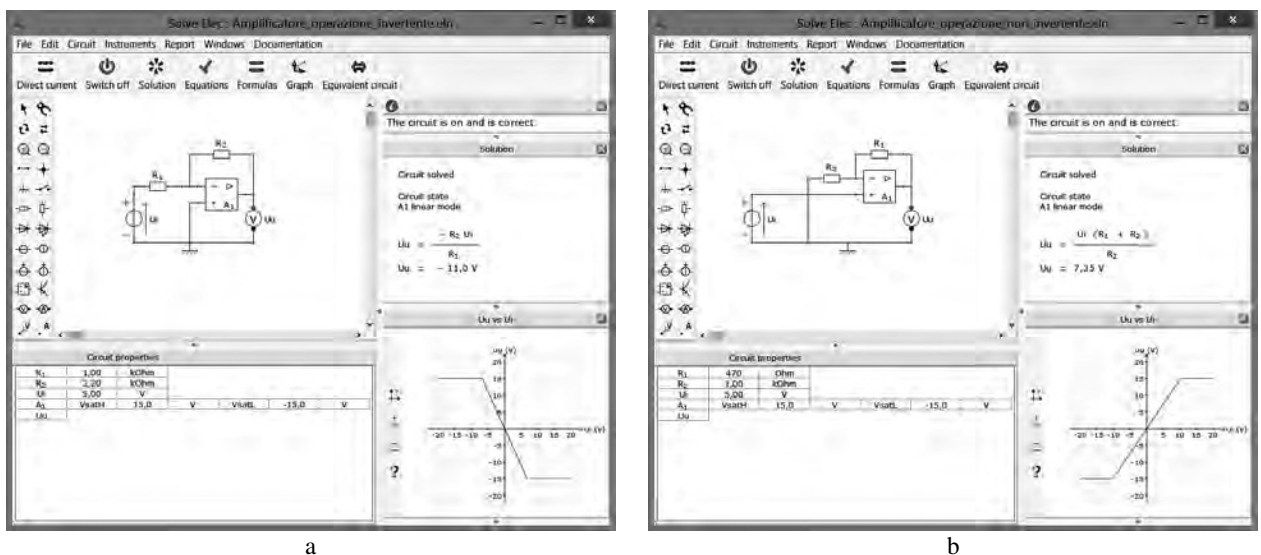


Fig. 3.201 - Simulazione del funzionamento di un amplificatore operazionale: a) Configurazione invertente - b) Configurazione non invertente.

L'amplificatore operazionale può svolgere svariati funzioni, oltre a quella del semplice amplificatore di un segnale in ingresso. Con opportune configurazioni circuitali un circuito integrato operazionale può eseguire operazioni di somma, differenza, moltiplicazione, integrazione, ecc. sui segnali in ingresso.

Un amplificatore operazionale internamente è formato da una rete di resistori, capacità, diodi e transistor e tali componenti sono tutti realizzati su un unico *chip di silicio* incapsulato in un contenitore di plastica.

La fig. 3.202a mostra il circuito interno di un SN741/LM741, un modello di operazionale a basso prezzo e di largo uso. Si osservi che si tratta di un amplificatore multistadio realizzato con molti transistor.

La fig. 3.202b è una microfotografia che mostra il *layout* del SN741/LM741, cioè i componenti e le piste di collegamento realizzate sulla superficie della piastrina di silicio.

L'immagine, riportata nella fig. 3.202c, mostra l'aspetto esterno di un amplificatore operazionale tipo SN741/LM741 con il proprio contenitore DIP a otto piedini.

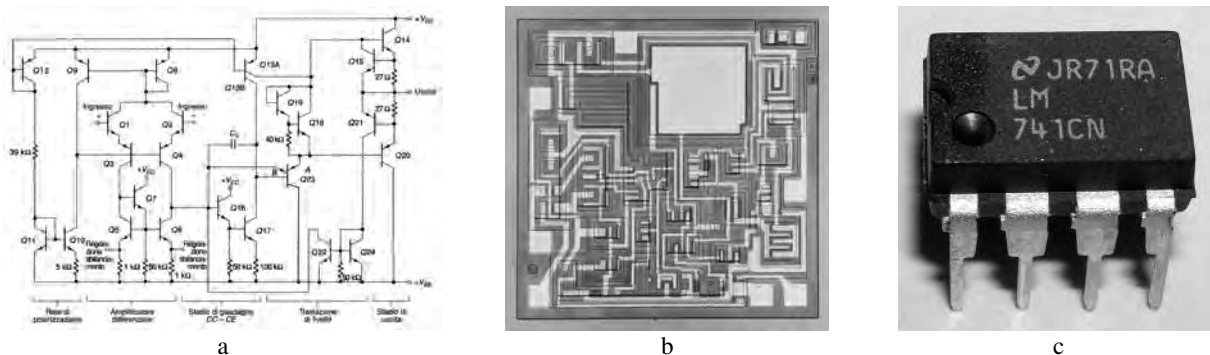


Fig. 3.202 - Amplificatore operazionale LM741: a) Circuito interno - b) Microfotografia - c) Aspetto esterno con contenitore DIP. I produttori di circuiti integrati lo rendono disponibile anche con il contenitore metallico tipo TO.

Vale la pena ricordare, per esempio, un altro circuito integrato analogico. Gli alimentatori con solo il filtro di uscita possono essere considerati dei generatori che presentano una certa resistenza interna. Ne consegue che, all'aumentare della corrente erogata, la tensione ai capi del carico tende a diminuire a causa della resistenza dell'alimentatore. Per mantenere le variazioni della tensione di uscita entro un certo valore è necessario disporre di un dispositivo (stabilizzatore) che modifichi il comportamento dell'alimentatore in modo da contenere tali variazioni entro il suddetto limite.

Il più semplice degli stabilizzatori della tensione di uscita degli alimentatori è il circuito con un diodo Zener, dispositivo descritto precedentemente. Questo metodo è adatto per alimentatori di piccola potenza (qualche watt).

Un altro metodo utilizzato per stabilizzare la tensione di uscita di un alimentatore, si basa sull'impiego di transistor oppure sull'uso di **circuiti integrati stabilizzatori** dei quali viene riportato un esempio nella fig. 3.203.

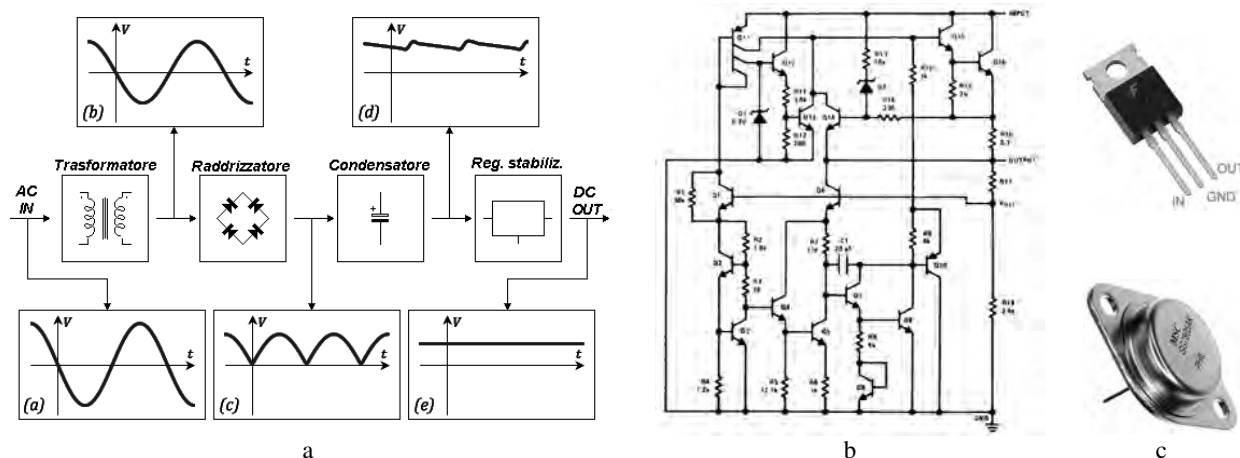


Fig. 3.203 - a) Schema a blocchi di un alimentatore stabilizzato: (a) tensione alternata sul primario del trasformatore, (b) tensione alternata al secondario del trasformatore, (c) tensione raddrizzata, (d) tensione filtrata, (e) tensione continua e stabilizzata - b) Schema elettrico interno di un circuito integrato stabilizzatore tipo 78XX (STMicroelectronics) - c) Aspetto esterno, in alto con il contenitore TO-220 per piccole potenze e in basso con il contenitore metallico TO-3 per medie potenze.

Nei circuiti integrati stabilizzatori a tre terminali sono disponibili esternamente tre terminali: uno d'ingresso (IN-1), uno d'uscita (OUT-3) e il terzo (GND-2) è il terminale comune sia all'ingresso sia all'uscita.

Una serie di stabilizzatori integrati a larga diffusione è la 78XX, circuiti per le alimentazioni positive (per le negative esiste la serie parallela 79XX), con tre terminali esterni.

Questa serie viene fornita dal costruttore per valori di tensione fissi più comuni nel campo 5 V, 9 V, 12 V, 15 V, 24 V; la sigla XX rappresenta la tensione nominale dell'uscita stabilizzata (per esempio, 7805 è lo stabilizzatore per 5 V nominali d'uscita e 7912 è uno stabilizzatore con tensione di uscita di -12 V).

In fig. 3.204a è riportato un tipico schema applicativo di uno stabilizzatore integrato a tre terminali.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche.

- La corrente in uscita dipende dalle caratteristiche del componente in relazione al contenitore, è di circa 100 mA in contenitore TO-92, di 1 A e oltre in contenitore TO-220 (il più comune) e può essere da 1 A a 5 A in contenitore TO-3. Nel caso in cui il carico richieda una corrente superiore a quella nominale è possibile aumentare i dati caratteristici (aumento della corrente massima di uscita) con l'ausilio di componenti discreti collegati in modo opportuno esternamente al circuito integrato.
- La corrente viene limitata internamente e il componente è protetto: per gli aumenti di temperatura, per la massima potenza dissipabile e per il cortocircuito in uscita.
- Per stabilizzare, il componente necessita di una differenza di tensione tra ingresso e uscita di almeno 3 V ossia: $U_i - U_o = 3 \text{ V}$ (misurata al picco minimo del ripple e con $U_s - 10\%$).
- La tensione di alimentazione non deve superare i 35 V per gli stabilizzatori fino a 18 V e i 40 V per gli stabilizzatori fino a 24 V (misurata al picco massimo del ripple e con $U_s + 10\%$).
- Nella scelta dell'eventuale trasformatore di alimentazione si userà un trasformatore con U_s di almeno 3 V maggiore della tensione di uscita dell'integrato, non scendendo sotto i 12 V (per uno stabilizzatore tipo 7805 si userà un trasformatore con il secondario di almeno 12 V e per uno stabilizzatore tipo 7812 un trasformatore con il secondario di almeno 15 V).

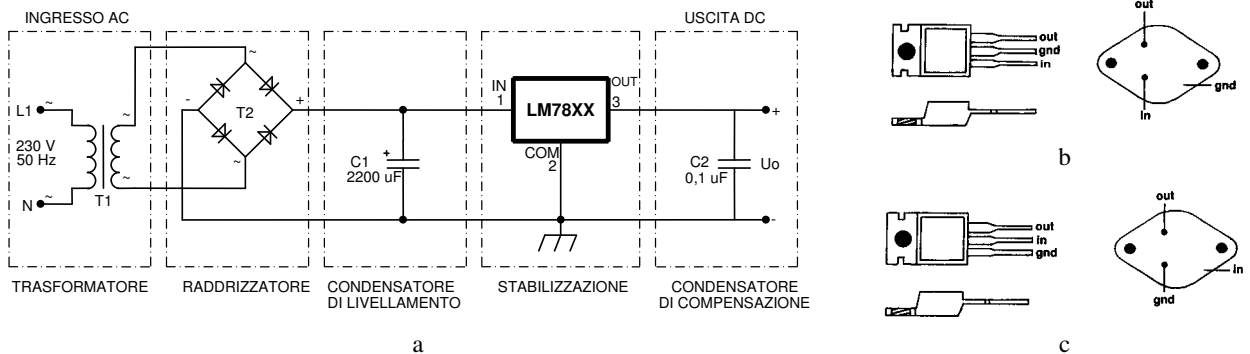


Fig. 3.204 - Circuiti integrati stabilizzatori a tre terminali: a) Esempio di applicazione. Alimentatore stabilizzato con circuito integrato LM78XX - b) Esempi di contenitori e piedinatura della serie 78XX - c) Esempi di contenitori e piedinatura della serie 79XX.

Sono disponibili in commercio circuiti integrati stabilizzatori che hanno un quarto terminale (control) che ha la funzione di controllare la tensione in uscita.

Mediante il quarto terminale è possibile regolare il valore della tensione di uscita: per alimentatori a regolazione positiva da 5 a 30 V e per alimentatori a regolazione negativa da -30 a -2,2 V. Sono realizzati per erogare una corrente massima di 1 A e hanno la protezione interna a limitazione di massima corrente.

Nel caso in cui il carico richieda una corrente superiore a quella nominale è possibile, anche per questi circuiti integrati, aumentare i dati caratteristici con l'ausilio di componenti discreti collegati in modo opportuno esternamente al circuito integrato.

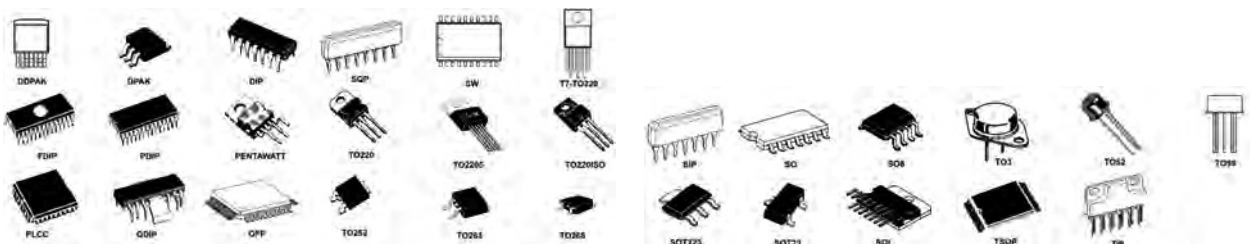


Fig. 3.205 - Esempi di contenitori (package) per circuiti integrati.

I dispositivi a semiconduttori di potenza durante il loro funzionamento generano una certa quantità di calore che, se eccessivo, può danneggiarli.

Per evitare ciò vengono montati su dissipatori termici (alette di raffreddamento) che, per conduzione e per irraggiamento, sottraggono calore e lo disperdono nell'ambiente circostante, mantenendo la temperatura della giunzione su valori non distruttivi.

Affinché il semiconduttore si raffreddi, è indispensabile che vi sia un certo salto termico tra dissipatore e l'ambiente.

L'affidabilità dei dispositivi a semiconduttori di potenza (componenti discreti e circuiti integrati) può essere notevolmente migliorata con una corretta progettazione termica. Il costruttore specifica per ogni componente condizioni ben determinate di temperatura e di umidità.

La temperatura che si considera è quella delle aree dissipanti, che viene detta **temperatura di giunzione** (junction temperature) e siglata T_j . Le temperature di giunzione massime diminuiscono con il crescere della vita utile attesa per il dispositivo. Per mantenere la T_j entro i limiti specificati dal costruttore, è necessario dissipare all'esterno il calore prodotto durante il funzionamento del semiconduttore.

Da solo il contenitore riesce a dissipare in aria libera pochi watt, per cui è spesso necessario dotare il contenitore di un apposito **dissipatore**.

Sul mercato sono disponibili dissipatori in diverse forme e con caratteristiche ben precise di dissipazione, sia in condizioni di raffreddamento naturale che forzato.

Viene denominata **resistenza termica** R_{th} di un corpo il parametro che caratterizza la capacità che il corpo stesso possiede di dissipare calore, ovvero di dissipare la potenza termica P_d .

La resistenza termica R_{th} è definita dal rapporto tra un certo aumento di temperatura ΔT che ha subito il corpo e la potenza dissipata P_d necessaria per determinare quell'aumento di temperatura:

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P_d} \text{ [}^\circ\text{C/W]}$$

Se un corpo (un'aletta di raffreddamento) presenta una R_{th} pari a 5°C/W , significa che dissipando in esso una potenza di 1 W la sua temperatura cresce di 5°C .

In definitiva, un corpo dissipa tanto più facilmente potenza termica P_d quanto più bassa è la sua resistenza R_{th} .

La resistenza termica del dissipatore può essere calcolata con la formula:

$$R_{thdis} = \frac{T_{jm} - T_{am}}{P_d} - R_{th}$$

dove T_{jm} è la temperatura massima di giunzione del dispositivo; T_{am} è la temperatura massima dell'ambiente di lavoro; P_d è la potenza dissipata; R_{th} è la resistenza termica del dispositivo, specificata dal costruttore.

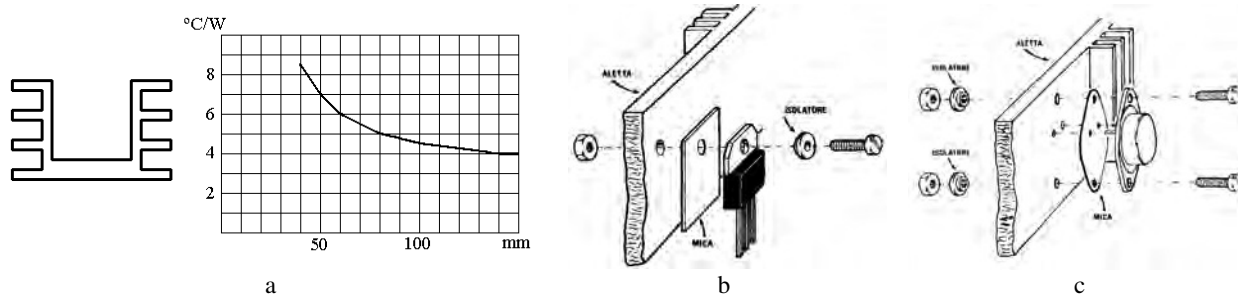


Fig. 3.206 - a) Vista in sezione trasversale di un dissipatore, con la caratteristica di dissipazione in funzione delle dimensioni longitudinali - b) Esempio di montaggio di un dissipatore (aletta di raffreddamento) su un dispositivo con un contenitore TO-220 - c) Esempio di montaggio di un dissipatore (aletta di raffreddamento) su un dispositivo con un contenitore TO-3.

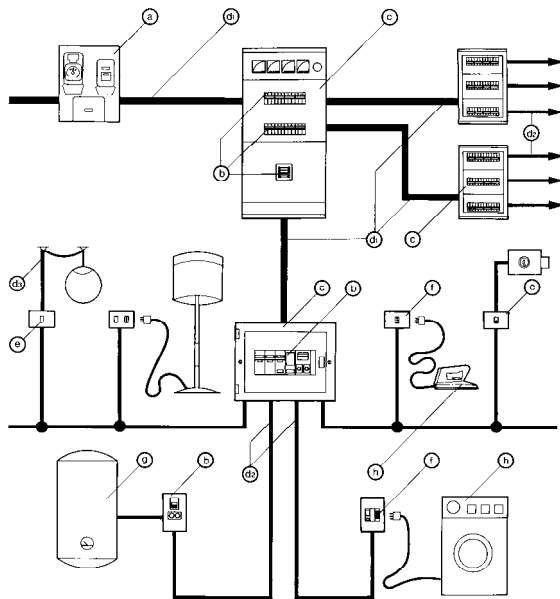
3.21 Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 4

PRINCIPALI COMPONENTI UTILIZZATI NEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

4.1 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. 4.1. Fanno parte dell'impianto anche gli utilizzatori fissi (g), mentre sono da scorporare gli utilizzatori trasportabili o mobili (h) perché intercambiabili.



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. 4.1 - 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.

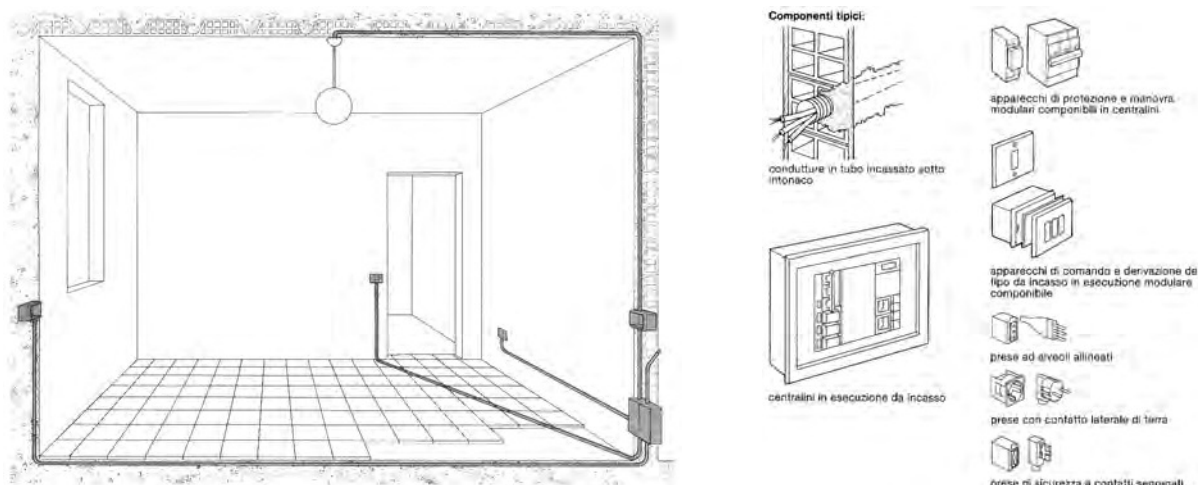


Fig. 4.2 - Esempio di impianto sotto traccia. Ambienti tipici: abitazioni, uffici, scuole, alberghi, negozi, con vani di piccole dimensioni e struttura edile tale da consentire il passaggio delle tubazioni sia nelle pareti perimetrali che nei soffitti e nei pavimenti.

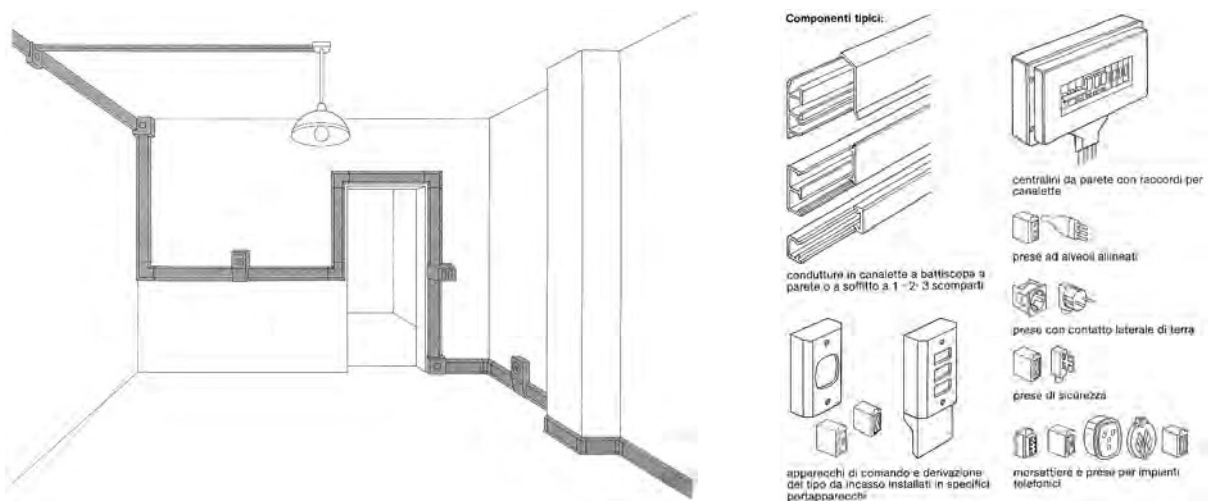
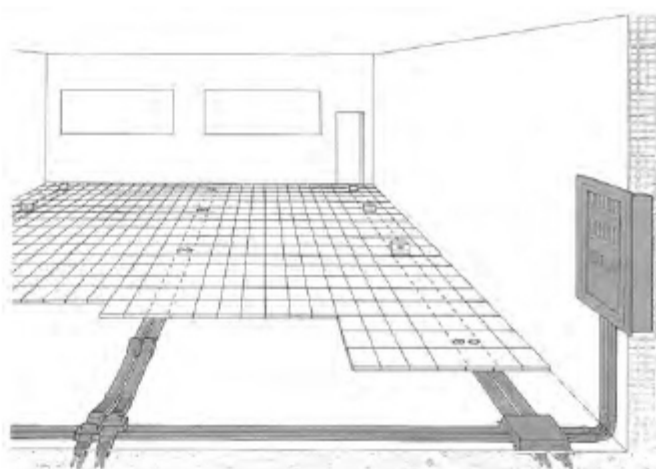


Fig. 4.3 - Esempio di impianto con canalette in vista. Ambienti tipici: scuole, uffici, laboratori, abitazioni prefabbricate, abitazioni ristrutturate e in genere come sostitutivo dell'impianto sotto traccia quando è necessario una grande flessibilità degli impianti elettrici.



Componenti tipici:



apparecchi di protezione e manutenzione modulari componibili in quadri a centraline



condutture in canaletto sotto pavimento con scudo ad innesti predisposte per l'uso continuo degli apparecchi sotto intonaco



quadri di zona in esecuzione da incasso di tipo prefabbricato



prese ad innesti alettati



prese con contatto laterale di terra

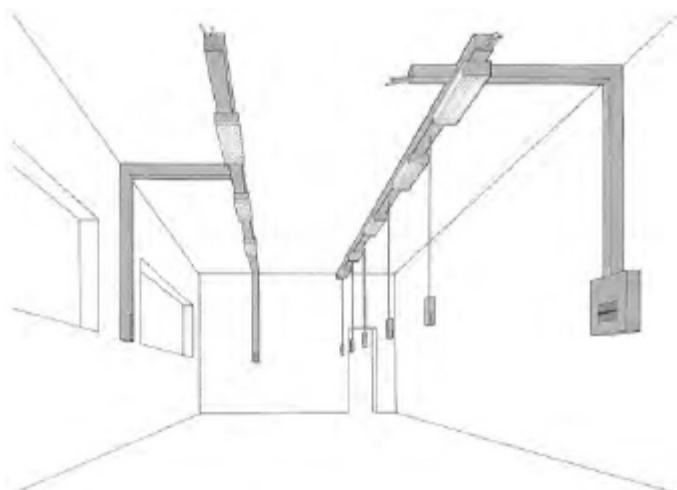


prese di sicurezza a contatti separati

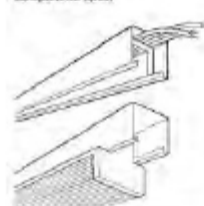


connettori ed usi in per impianti a sistemi modulari e a presa per impianti telefonici

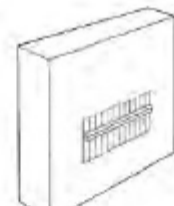
Fig. 4.4 - Esempio di impianto a pavimento. Ambienti tipici: uffici pubblici con vani di grandi dimensioni, strutture del tipo a piano aperto, ristrutturazione di vecchi edifici e, in genere, tutti i casi in cui le pareti perimetrali sono distanti dai punti di utilizzazione dei servizi elettrici e telefonici. Sulle pareti divisorie l'impianto può essere realizzato con canalette in vista.



Componenti tipici:



condutture in canaletto predisposte per il sostegno di apparecchi illuminanti ad distanziali che in linea continua



quadri di zona in esecuzione da parete o da incasso prefabbricati

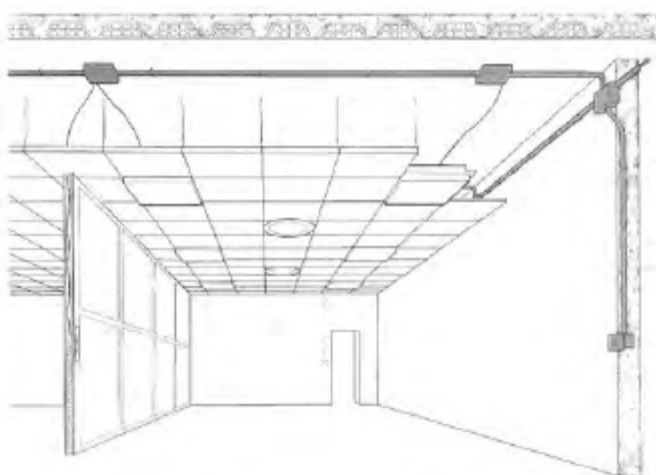


dicose a parete o dicose volanti con possibilità di installare apparecchi di comando e derivazione di tipo visto nei casi precedenti



apparecchi di protezione e di manutenzione modulari componibili in quadri a centraline

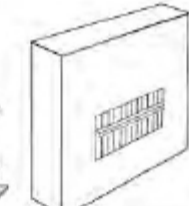
Fig. 4.5 - Esempio di impianto con canale a soffitto. Ambienti tipici: scuole uffici laboratori, magazzini, supermercati e, in genere, tutti gli ambienti che necessitano di consistenti impianti di illuminazione. Se è il caso, può essere integrato da impianti sotto traccia, da impianti a pavimento o da impianti in canalette.



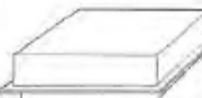
Componenti tipici:



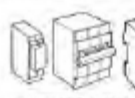
condutture in tubo appeso a parete (per la parte mascherata dal controsoffitto)



quadri di zona in esecuzione da parete o da incasso prefabbricati



apparecchi illuminanti da incasso e semi-incasso in controsoffitti



apparecchi di protezione e di manutenzione modulari componibili in quadri a centraline



apparecchi di comando e derivazione del tipo da incasso oppure del tipo da incasso a profilo di sostegno per tralicci prefabbricati

Fig. 4.6 - 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.

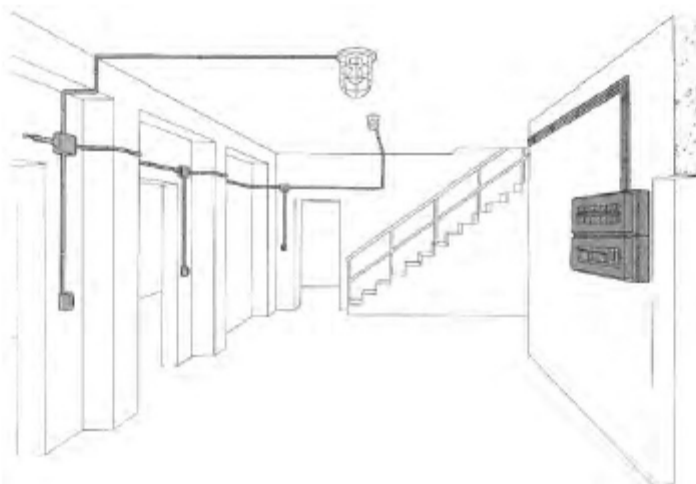


Fig. 4.7 - Esempio di impianto a vista. Ambienti tipici: seminterrati, magazzini, solai, cantine e, in genere, tutti i locali rustici con pareti in calcestruzzo o in mattoni pieni che presentano difficoltà per l'incasso dell'impianto.

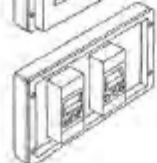
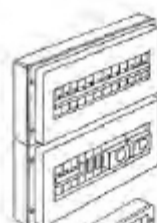
Componenti tipici:



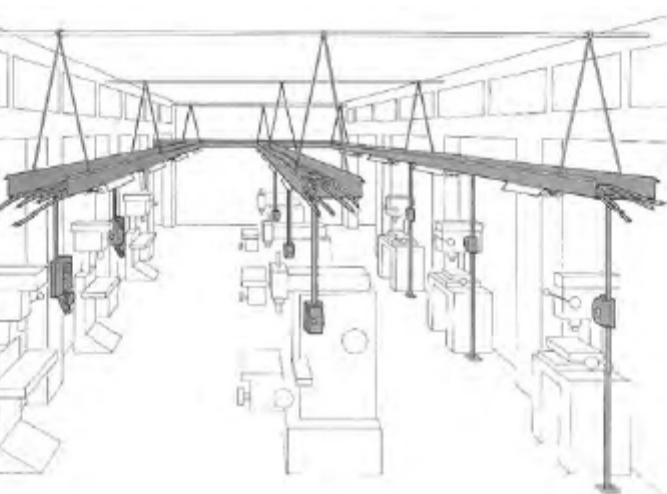
Conduite in cavo sagomate a parete (o pannello) tipo aggraffato a parete



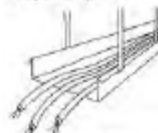
Apparecchi di protezione o di manovra in incasso a parete o da incasso in quadri semplici



Pannello a spina protetto e interbloccato



Componenti tipici:



Conduite in cavo sagomate a parete (o pannello) tipo aggraffato a parete (o pannello) per il sostegno di apparecchi illuminanti



Quadri del tipo ad armadio, a parete, a foglio, ecc. per distribuzione o per comando di macchine



Tutto la gamma degli apparecchi di protezione a manovra con correnti nominali da 10 a 9600 A



Apparecchi di comando per cui industriali del tipo a pannello e simili con correnti nominali da 2 a 200 A

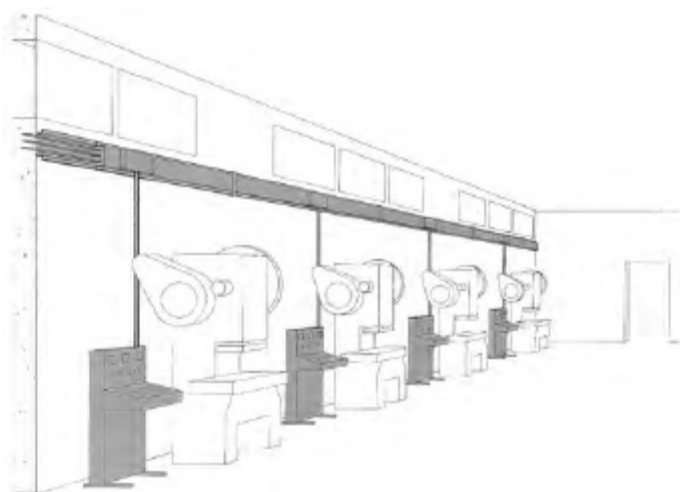


Pannello a spina protetto e interbloccato

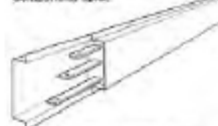


Pannello a spina protetto e interbloccato

Fig. 4.8 - 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:



Conduite in cavo sagomate a parete (o pannello) tipo aggraffato a parete (o pannello) per il sostegno di apparecchi illuminanti



Quadri del tipo ad armadio, a parete, a foglio, ecc. per distribuzione o per comando di macchine



Tutto la gamma degli apparecchi di protezione a manovra con correnti nominali da 10 a 9600 A



Apparecchi di comando per cui industriali del tipo a pannello e simili con correnti nominali da 2 a 200 A



Pannello a spina protetto e interbloccato



Pannello a spina protetto e interbloccato

Fig. 4.9 - 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.

4.2 **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.

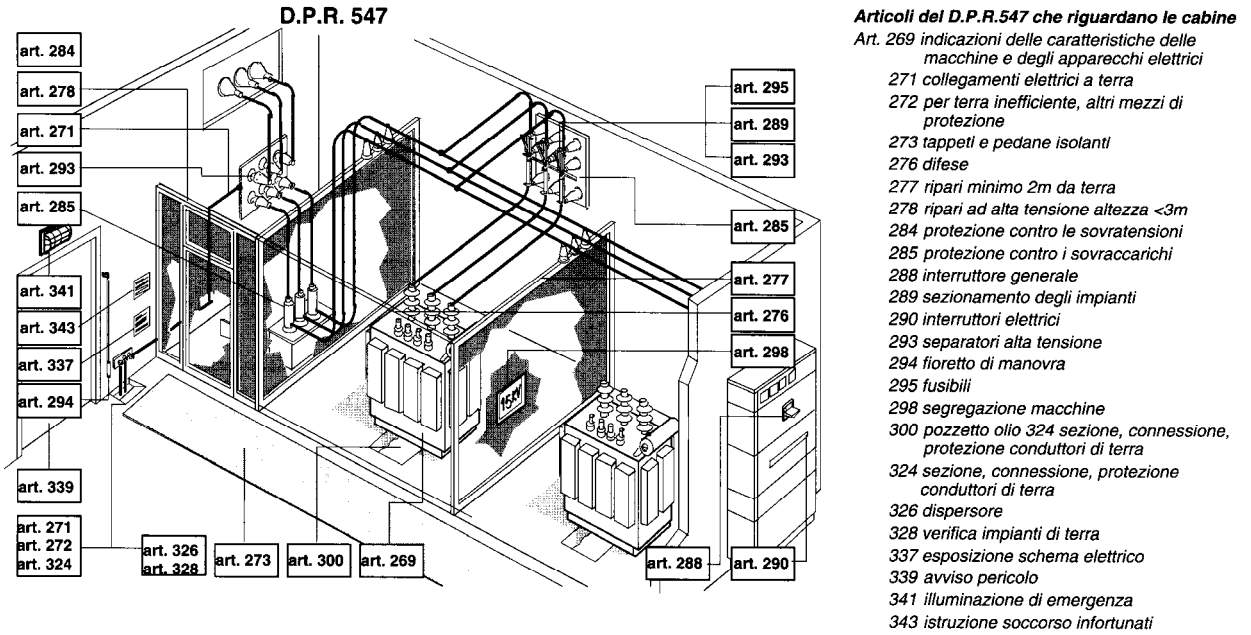


Fig. 4.10 - Articoli di legge del D.P.R. n. 547/1955 che riguardano le cabine (bticino).

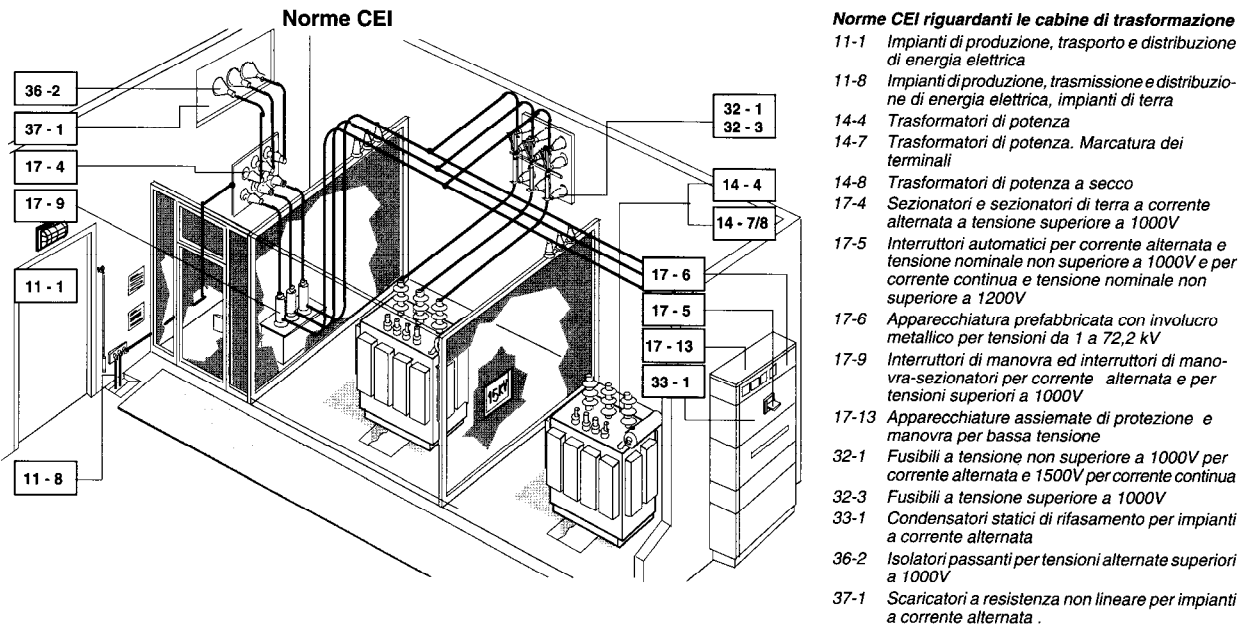


Fig. 4.11 - Norme CEI riguardanti le cabine di trasformazione (bticino).

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. 4.10 sono elencati gli articoli di legge e le norme CEI, mentre nella fig. 4.11 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.

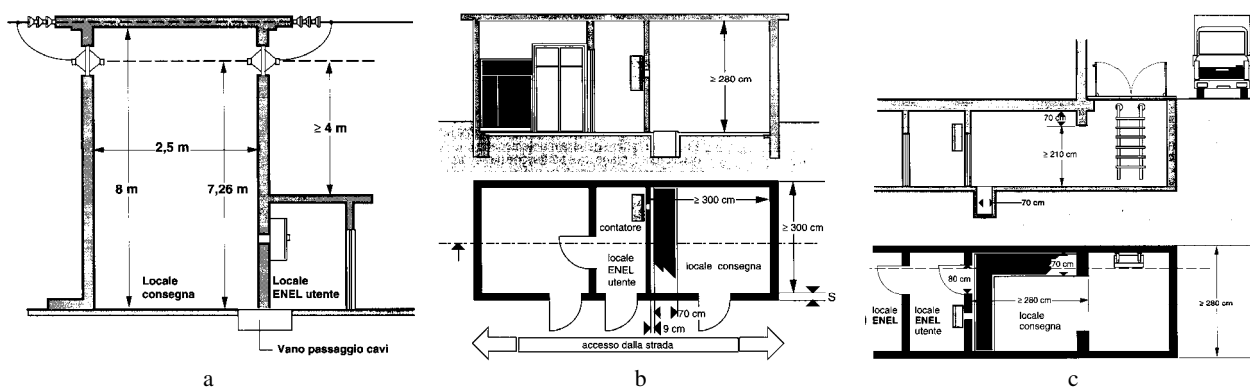


Fig. 4.12 - a) Cabina di consegna tipo alto - b) Cabina di consegna tipo basso - c) Cabina di consegna sotterranea con accesso a botola.

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'adeguata 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 realizzata 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.

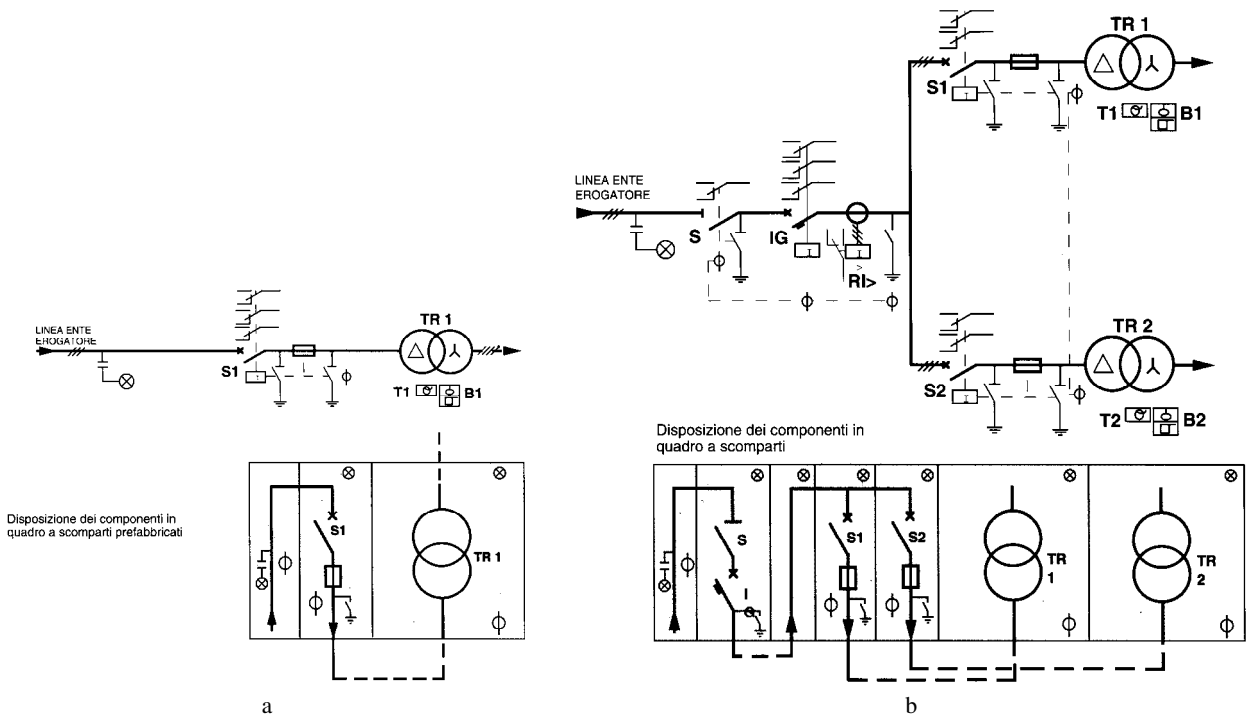
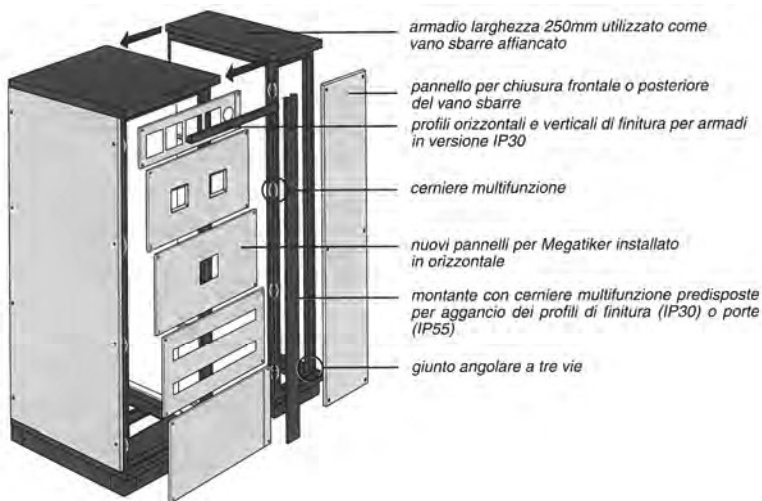


Fig. 4.13 - a) Schema tipico per una cabina con un trasformatore con potenza inferiore a 400 kVA - b) Schema tipico per una cabina con due trasformatori con protezione generale mediante un interruttore a volume d'olio ridotto.

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. 4.14 - 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. 4.14).

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.

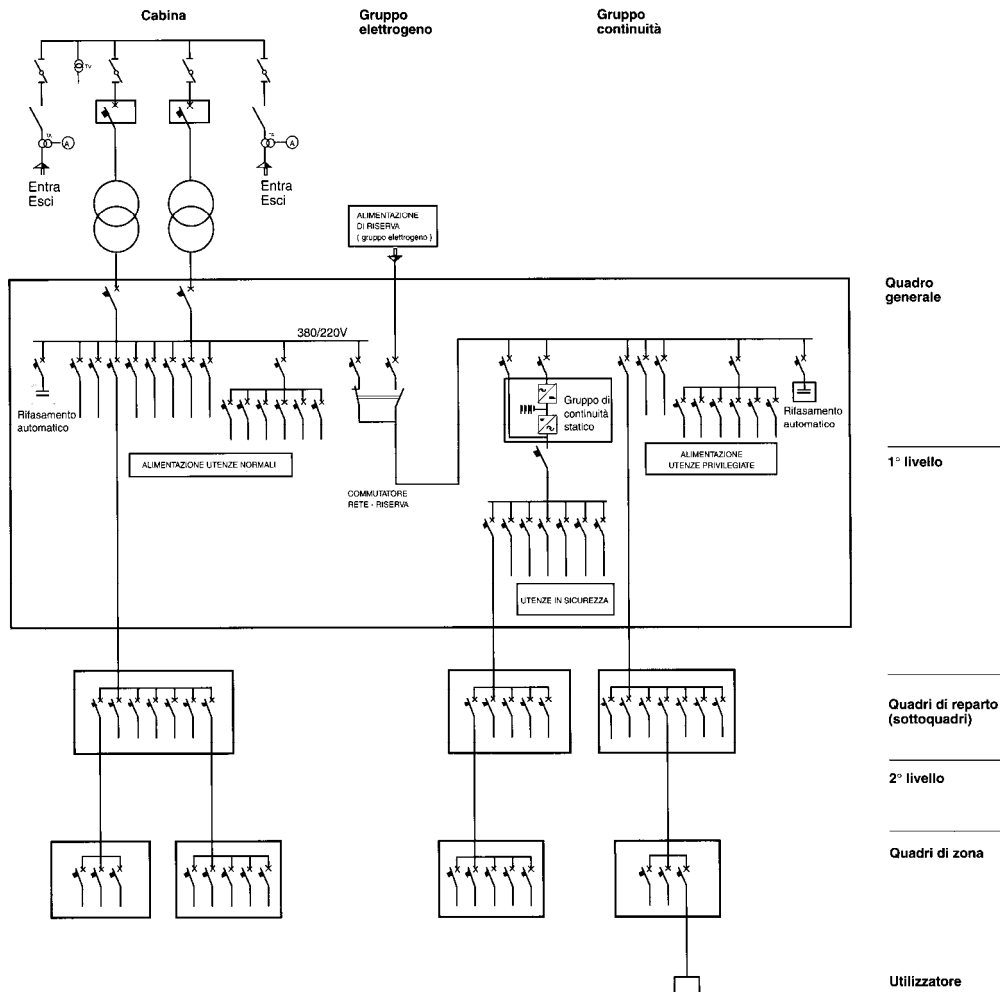


Fig. 4.15 - Schema di distribuzione su diversi livelli con quadro generale.

4.3 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. 4.16).

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. 4.16a).

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. 4.16b), 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. 4.17a), 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. 4.17b). 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. 4.16c).

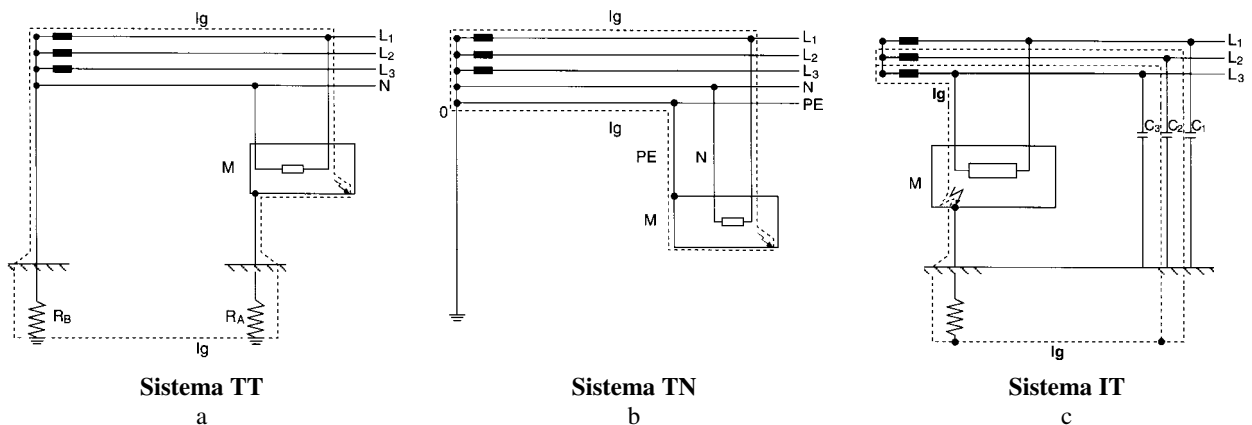


Fig. 4.16 - Schematizzazione di tre differenti sistemi di distribuzione (TT, TN, IT). La linea tratteggiata indica il percorso di un'eventuale corrente di guasto a massa (I_g) su una fase.

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 amperes 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. 4.17c) 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.

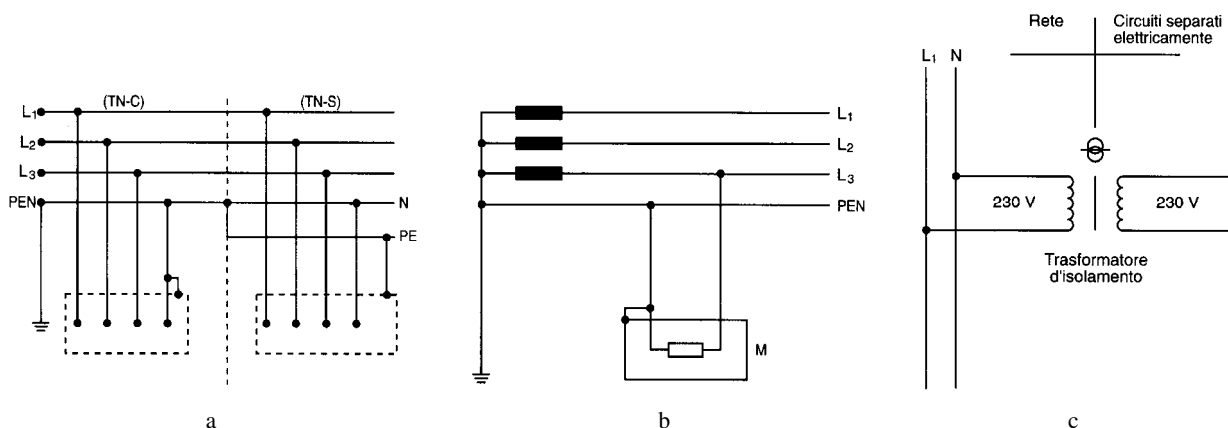


Fig. 4.17 - a) Sistema di distribuzione TN-C e TN-S (da notare la rete di distribuzione a cinque conduttori per il tipo TN-S e a quattro conduttori per il tipo TN-C) - b) Trasformazione da un sistema di distribuzione TN-C ad uno TN-S. Un sistema di questo tipo viene denominato TN-C-S (da notare che la riconversione da TN-S in TN-C è vietata) - c) Separazione elettrica dalla rete mediante un trasformatore di isolamento.

4.4 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. 4.18 - 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. 4.1 - 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 = mescola a base di gomma naturale e/o sintetica G1 = gomma sintetica G2 = gomma butilica G3 = mescola a base di gomma naturale, qualità G3 G5 = mescola 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 = mescola 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. 4.2 - 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. 4.3 (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. 4.3 - 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	CODICE 64-8	TIPO POSA	DESCRIZIONE	RIFERIMENTO PORTATA
1		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	A1	23		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari posati in cavità di strutture	A2
2		Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati entro muri termicamente isolanti	B1	24		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	A2
3		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati su o distanziati da pareti	A2	24A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi non circolari annegati nella muratura	B2
3A		Cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati o distanziati da pareti	B2	25		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati in controsoffitti o pavimenti sopraelevati	A4 / B2
4		Cavi senza guaina in tubi protettivi non circolari posati su pareti	A2	31		Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso orizz.	A2 / B2
4A		Cavi multipolari in tubi protettivi non circolari posati su pareti	B2	32		Cavi senza guaina e cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali posati su parete con percorso vert.	A2 / B2
5		Cavi senza guaina in tubi protettivi annegati nella muratura	A2	33		Cavi senza guaina posati in canali incassati nel pavimento	A2
5A		Cavi multipolari in tubi protettivi annegati nella muratura	B2	33A		Cavi multipolari posati in canali incassati nel pavimento	B2
11		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su o distanziati da pareti	A4 / B4	34		Cavi senza guaina in canali sospesi	A2
11A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, posati su soffitti	A4 / B4	34A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in canali sospesi	B2
12		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle non perforate	B4	41		Cavi senza guaina in tubi protettivi circolari posati entro cunicoli chiusi, con percorso orizz. o verticale	A2
13		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle perforate	A5 / B3	42		Cavi senza guaina in tubi protettivi posati entro cunicoli ventilati incassati nel pavimento	A2
14		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su mensole	A5 / A6 A7 / B3	43		Cavi unipolari con guaina e multipolari posati in cunicoli aperti o ventilati con percorso orizz. o verticale	A4 / B2
15		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, fissati da collari	A5 / A6 A7 / B3	51		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente entro pareti termicamente isolanti	A1 / B1
16		Cavi multipolari (o unipolari con guaina), con o senza armatura, su passerelle a traversini	A5 / A6 A7 / B3	52		Cavi multipolari (o cavi unipolari con guaina) posati direttamente nella muratura senza protezione meccanica addizionale	A4 / B4
17		Cavi unipolari con guaina (o multipolari) sospesi o incorporati in fili o corde di supporto	A5 / B3	53		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) posati nella muratura con protezione meccanica addizionale	A4 / B4
18		Conduttori nudi o cavi senza guaina su isolatori	A3	71		Cavi senza guaina posati in elementi scanalati	A1
21		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in cavità di strutture	A4 / B2	72		Cavi senza guaina posati in canali provvisti di elementi di separazione	A2
22		Cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	A2	73		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di porte	A1 / B1
22A		Cavi multipolari (o unipolari con guaina) in tubi protettivi circolari posati in cavità di strutture	B2	74		Cavi senza guaina in tubi protettivi o cavi unipolari con guaina (o multipolari) posati in stipiti di finestre	A1 / B1

Tab. 4.4 - 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.

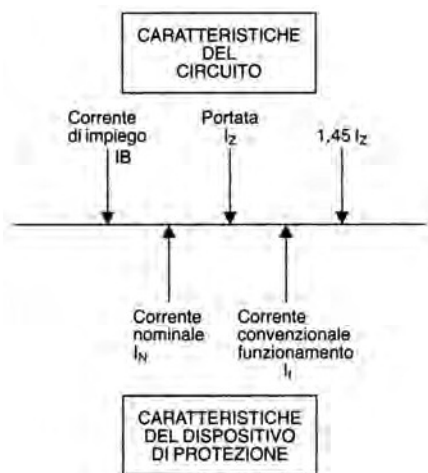
I cavi flessibili non devono passare sotto i mobili perché questo può generare schiacciamenti. Non devono poi essere impiegati in vicinanza di superfici calde, a meno che non siano predisposti per queste condizioni. I cavi flessibili in PVC non devono essere usati permanentemente all'aperto e non devono 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. 4.19 - 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 metropolitana).

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 aggrovigliamenti.

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. 4.5 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. 4.5 - Tipo di servizio dei cavi elettrici.

Nella tab. 4.6 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 similrame; 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. 4.6 - Caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi flessibili.

Nella tab. 4.7 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 di 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 canaletta; 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. 4.7 - Caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi per installazione fissa o per cablaggio interno.

Nella tab. 4.8 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	N1VV-K	FG7(O)R-0,6/1kV	FG7(O)M1-0,6/1kV
Tipo posa	Fissa	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si
	Mobile	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No	No
	Esterna	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
	Sotto traccia	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Cunicolo interrato	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
Applicazioni	Direttamente interrato	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
	Residenziali	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Industria e artigianato	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
Ambienti	A rischio incendio	No	Si	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si
	Fiere	No	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	Si
	Cantieri	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si	No
	Cablaggio	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	---	---	---

Tab. 4.8 - Tipi di posa consentite in base al tipo di cavo.

Nelle fig. 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 vengono riportati i disegni con le caratteristiche essenziali di alcuni tipi di cavi per installazione fissa o mobile.

CE NIVZ4V-K

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. 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

Conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
CEI 20-22 II
Mescola 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. ECO-TEN

CE NIVZ5V-K

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. 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

Conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
CEI 20-22 II
Mescola 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. ECO-TEN

Fig. 4.20 - 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 CORROSI. 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 MI
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Isolamento con mescola elastomerica qualità G10
Conduttore 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. ECO-TEN

CE FROR 450/750V

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

Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
CEI 20-22 II IEMMEQU
Guaina mescola PVC qualità TM2
Isolamento in PVC qualità R2
Conduttore 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. ECO-TEN

Fig. 4.21 - Esempi di cavi (General cavi).

CE N1VC4V-K

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. 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

Conduttore a corda flessibile di rame rosso ricotto
Isolamento in PVC qualità R2
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
CEI 20-22 II
Mescola 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. ECO-TEN

CE FG7(O)R

(U)R67(O)R 0,6/1KV- (R)G7(O)R 0,6/1KV

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI ISOLATI IN GOMMA ETILENPROPYLENICA ALTO MODULO DI QUALITÀ G7, NON PROPAGANTI L'INCENDIO E A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. CAVI FLESSIBILI E RIGIDI PER POSA FISSA
CEI 20-22 II / 20-37 pt.1 / 20-13 TABELLA UNEL 35373-35376-35377

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
Conduttore 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. ECO-TEN

Fig. 4.22 - Esempi di cavi (General cavi).

CE N1VC7V-K

CAVI PER ENERGIA, COMANDI E SEGNALAZIONI ISOLATI IN PVC NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. 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

Conduttore 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
Mescola 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. ECO-TEN

CE N1VV-K

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI NON PROPAGANTI L'INCENDIO A RIDOTTA EMISSIONE DI GAS CORROSI. 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
Mescola PVC qualità RZ
Stampigliatura ad incisione ed inchiostro
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Isolamento in PVC qualità R2
Conduttore 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. ECO-TEN

Fig. 4.23 - Esempi di cavi (General cavi).

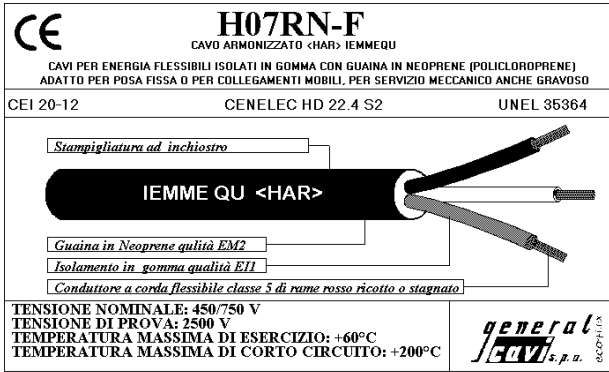


Fig. 4.24 - Esempi di cavi (General cavi).

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. 4.9 per i cavi unipolari o dalla tab. 4.10 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	-	-		
		EPR	2	19	26	36	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424	-	-		
			3	17	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380	-	-		
		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	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415	-	-		
A4		PVC	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
			3	19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561	656		
		EPR	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			3	24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703	823		
		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	852	
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	795	
A7		EPR	2	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008		
			3	-	-	-	-	-	-	-	161	201	246	318	389	454	527	605	719	833	1008	

Tab. 4.9 - 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 distanziato da parete/solito o su passarelle			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 fissato alla parete/solito	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. 4.10 - 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		
TEMP. AMBIENTE	TIPO DI ISOLAMENTO	
	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

FATTORE K ₂					
TIPO POSA	TIPO DI ISOLAMENTO				
	Raggruppi in fascio, ammassati	Singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	Strato a soffitto	Strato su passerelle perforate orizzontali o verticali	Strato su scala posa cavi o graticolo a sostegno
1	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00
2	0,80	0,85	0,81	0,88	0,87
3	0,70	0,79	0,72	0,82	0,82
4	0,65	0,75	0,68	0,77	0,80
5	0,60	0,73	0,66	0,75	0,80
6	0,57	0,72	0,64	0,73	0,79
7	0,54	0,72	0,63	0,73	0,79
8	0,52	0,71	0,62	0,72	0,78
9	0,50	0,70	0,61	0,72	0,78
12	0,45	Non si applicano ulteriori riduzioni per più di 9 circuiti o cavi multipolari			
16	0,41				
20	0,38				

Tab. 4.11 - 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. 4.4. 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. 4.9 si ricava il valore di I₀ = 68 A; quindi, siccome la temperatura ambiente è di 30 °C, si pone il fattore k₁ = 1 (per altri valori di temperatura si veda il fattore di correzione nella tab. 4.11), mentre si pone il fattore k₂ = 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 · 1 · 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. 4.9 si ricava il valore di I₀ = 24 A; quindi, siccome la temperatura ambiente è di 45 °C, si pone il fattore k₁ = 0,79 come riportato nella tab. 4.11, mentre si pone il fattore k₂ = 0,80 visto che i circuiti sono 2 e si considerano i cavi raggruppati in fascio.

Il valore della portata del cavo $I_z = 24 \cdot 0,79 \cdot 0,80 = 15,1$ A.

Al fine di facilitare la determinazione del valore della portata di un cavo, vengono riportate la tab. 4.12 e la tab. 4.13 dalle quali è possibile ricavare direttamente i valori delle portate dei cavi senza effettuare i calcoli.

La portata I_z dei cavi è riferita ad una temperatura ambiente di 30 °C.

Facendo riferimento al primo esempio, è possibile determinare il valore della portata dei cavi utilizzando la tab. 4.12 per i cavi unipolari con e senza guaina in PVC posati in tubo o in canale alla temperatura ambiente di 30 °C; con essa è possibile ricavare il valore di $I_z = 39$ A come calcolato precedentemente.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di circuiti																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,5	2	17,5	14	12,5	11,5	10,5	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6	6	6	6	6,5
	3	15,5	12,5	11	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6	6	6	6,5
2,5	2	24	19	17	15,5	14,5	13,5	13	12,5	12	11,5	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	9,5	9,5	9	9
	3	21	17	14,5	13,5	12,5	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8	8
4	2	32	26	22	21	19	18	17,5	16,5	16	15,5	15	14,5	14	14	13,5	13	13	13	12,5	12
	3	28	22	19,5	18	17	16	15	14,5	14	13,5	13	12,5	12,5	12	12	11,5	11	11	11	10,5
6	2	41	33	29	27	25	23	22	21	21	19,5	19,5	18,5	18	17,5	17	17	16,5	16,5	16	15,5
	3	36	29	25	23	22	21	19,5	18,5	18	17,5	17	16	16	15,5	15	15	14,5	14,5	14	13,5
10	2	57	46	40	37	34	32	31	30	29	27	27	26	25	25	24	23	23	23	22	22
	3	50	40	35	33	30	29	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19,5	19
16	2	76	61	53	49	46	43	41	40	38	36	36	34	33	33	32	31	30	30	30	29
	3	68	54	48	44	41	39	37	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	27	27	26
25	2	101	81	71	66	61	58	55	53	51	48	47	45	44	43	42	41	40	40	39	38
	3	89	71	62	58	53	51	48	46	45	43	42	40	39	38	37	36	36	36	35	34
35	2	125	100	88	81	75	71	68	65	63	60	59	56	55	54	53	51	50	50	49	48
	3	110	88	77	72	66	63	59	57	55	53	52	50	48	47	46	45	44	44	43	42
50	2	151	121	106	98	91	86	82	79	76	72	71	68	66	65	63	62	60	60	59	57
	3	134	107	94	87	80	76	72	70	67	64	63	60	59	58	56	55	54	54	52	51
70	2	192	154	134	125	115	109	104	100	96	92	90	86	84	83	81	79	77	77	75	73
	3	171	137	120	111	103	97	92	89	86	82	80	77	75	74	72	70	68	68	67	65
95	2	232	186	162	151	139	132	125	121	116	111	109	104	102	100	97	95	93	93	90	88
	3	207	166	145	135	124	118	112	108	104	99	97	93	91	89	87	85	83	83	81	79
120	2	269	215	188	175	161	153	145	140	135	129	126	121	118	116	113	110	108	106	105	102
	3	239	191	167	155	143	136	129	124	120	115	112	108	105	103	100	98	96	96	93	91
150	2	309	247	216	201	185	176	167	161	155	148	145	139	136	133	130	127	124	124	121	117
	3	275	220	193	179	165	157	149	143	138	132	129	124	121	118	116	113	110	108	107	105
185	2	353	282	247	229	212	201	191	184	177	169	166	159	155	152	148	145	141	141	138	134
	3	314	251	220	204	188	179	170	163	157	151	148	141	138	135	132	129	126	126	122	119
240	2	415	332	291	270	249	237	224	216	208	199	195	187	183	178	174	170	166	166	162	158
	3	369	295	258	240	221	210	199	192	185	177	173	166	162	159	155	151	148	148	144	140

Tab. 4.12 - Cavi unipolari con e senza guaina in PVC posati in tubo o in canale secondo i tipi di posa indicati nella tab. 4.4.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,5	2	16,5	13	11,5	10,5	10	9,5	9	8,5	8,5	8	8	7,5	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
	3	15	12	10,5	10	9	8,5	8	8	7,5	7	7	6,5	6,5	6,5	6	6	6	6	6	5,5
2,5	2	23	18,5	16	15	14	13	12,5	12	11,5	11	11	10,5	10	10	9,5	9,5	9	9	9	8,5
	3	20	16	14	13	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	8	8	7,5
4	2	30	24	21	19,5	18	17	16	15,5	15	14,5	14	13,5	13	13	12,5	12,5	12	12	11,5	11,5
	3	27	22	19	17,5	16	15,5	14,5	14	13,5	13	12,5	12	12	11,5	11,5	11	11	11	10,5	10,5
6	2	38	30	27	25	23	22	21	20	19	18	18	17	16,5	16,5	16	15,5	15	15	15	14,5
	3	34	27	24	22	20	19,5	18,5	17,5	17	16,5	16	15,5	15	14,5	14,5	14	13,5	13,5	13,5	13
10	2	52	42	36	34	31	30	28	27	26	25	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20
	3	46	37	32	30	28	26	25	24	23	22	22	21	20	20	19,5	19	18,5	18,5	18	17,5
16	2	69	55	48	45	41	39	37	36	35	33	32	31	30	30	29,5	28	28	28	27	26
	3	62	50	43	40	37	35	33	32	31	30	29	28	27	27	26	25	25	25	24	24
25	2	90	72	63	59	54	51	49	47	45	43	42	41	40	39	38	37	36	36	35	34
	3	80	64	56	52	48	46	43	42	40	38	38	36	35	34	34	33	32	32	31	30
35	2	111	89	78	72	67	63	60	58	56	53	52	50	49	48	47	46	44	44	43	42
	3	99	79	69	64	59	56	53	51	50	48	47	45	44	43	42	41	40	40	39	38
50	2	133	106	93	86	80	76	72	69	67	64	63	60	59	57	56	55	53	53	52	51
	3	118	94	83	77	71	67	64	61	59	57	55	53	52	51	50	48	47	47	46	45
70	2	168	134	118	109	101	96	91	87	84	81	79	76	74	72	71	69	67	67	66	64
	3	149	119	104	97	89	85	80	77	75	72	70	67	66	64	63	61	60	60	58	57
95	2	201	161	141	131	121	115	109	105	101	96	94	90	88	86	84	82	80	80	78	76
	3	179	143	125	116	107	102	97	93	90	86	84	81	79	77	75	73	72	72	70	68
120	2	232	186	162	151	139	132	125	121	116	111	109	104	102	100	97	95	93	93	90	88
	3	206	165	144	134	124	117	111	107	103	99	97	93	91	89	87	84	82	82	80	78
150	2	258	206	181	168	155	147	139	134	129	124	121	116	114	111	108	106	103	103	101	98
	3	225	180	158	146	135	128	122	117	113	108	106	101	99	97	95	92	90	90	88	86
185	2	294	235	206	191	176	168	159	153	147	141	138	129	126	123	121	118	118	118	115	112
	3	255	204	179	166	153	145	138	133	128	122	120	115	112	110	107	105	102	102	99	97
240	2	344	275	241	224	206	196	186	179	172	165	162	155	151	148	144	141	138	138	134	131
	3	297	238	208	193	178	169	160	154	149	143	140	134	131	128	125	122	119	119	116	113
300	2	394	315	276	256	236	225	213	205	197	189	185	177	173	169	165	162	158	158	154	150
	3	339	271	237	220	203	193	183	176	170	163	159	153	149	146	142	139	136	136	132	129

Tab. 4.13 - Cavi multipolari in PVC posati in tubo o in canale secondo i tipi di posa indicati nella tab. 4.4.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																				
		Numero di cavi multipolari																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1,5	2	22	17,5	15,5	14,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	9,5	9	9	9	9	8,5	8,5	
	3	18,5	15	13	12	11	10,5	10	9,5	9,5	9	8,5	8,5	8	8	7,5	7,5	7,5	7	7	7	
2,5	2	30	24	21	19,5	18	17	16	15,5	15	14,5	14	13,5	13	13	12,5	12,5	12	12	11,5	11,5	
	3	25	20	17,5	16,5	15	14,5	13,5	13	12,5	12	11,5	11	11	10,5	10,5	10	10	10	10	9,5	9,5
4	2	40	32	28	26	24	23	22	21	20	19	19	18	17,5	17	17	16,5	16	16	15,5	15	
	3	34	27	24	22	20	19,5	18,5	17,5	17	16,5	16	15,5	15	14,5	14,5	14	13,5	13,5	13,5	13,5	13
6	2	51	41	36	33	31	29	28	27	26	24	24	23	22	22	21	21	20	20	20	19,5	19,5
	3	43	34	30	28	26	25	23	22	22	21	20	19,5	19	18,5	18	17,5	17	17	17	17	16,5
10	2	70	56	49	46	42	40	38	36	35	34	33	32	31	30	29	29	28	28	27	27	27
	3	60	48	42	39	36	34	32	31	30	29	28	27	26	26	25	25	24	24	23	23	23
16	2	94	75	66	61	56	54	51	49	47	45	44	42	41	40	39	39	38	38	37	36	36
	3	80	64	56	52	48	46	43	42	40	38	38	36	35	34	34	33	32	32	31	30	30
25	2	119	95	83	77	71	68	64	62	60	57	56	54	52	51	50	49	48	48	46	45	45
	3	101	81	71	66	61	58	55	53	51	48	47	45	44	43	42	41	40	40	39	38	38
35	2	148	118	104	96	89	84	80	77	74	71	70	67	65	64	62	61	59	59	58	56	56
	3	126	101	88	82	76	72	68	66	63	60	59	57	55	54	53	52	50	50	49	48	48
50	2	180	144	126	117	108	103	97	94	90	86	85	81	79	77	76	74	72	72	70	68	68
	3	153	122	107	99	92	87	83	80	77	73	72	69	67	66	64	63	61	61	60	58	58
70	2	232	186	162	151	139	132	125	121	116	111	109	104	102	100	97	95	93	93	90	88	88
	3	196	157	137	127	118	112	106	102	98	94	92	88	86	84	82	80	78	78	76	74	74
95	2	282	226	197	183	169	161	152	147	141	135	133	127	124	121	118	116	113	113	110	107	107
	3	238	190	167	155	143	136	129	124	119	114	112	107	105	102	100	98	95	95	93	90	90
120	2	328	262	230	213	197	187	177	171	164	157	154	148	144	141	138	134	131	131	128	125	125
	3	276	221	193	179	166	157	149	144	138	132	130	124	121	119	116	113	110	110	108	105	105
150	2	379	303	265	246	227	216	205	197	190	182	178	171	167	163	159	155	152	152	148	144	144
	3	319	255	223	207	191	182	172	166	160	153	150	144	140	137	134	131	128	128	124	121	121
185	2	434	347	304	282	260	247	234	226	217	208	204	195	191	187	182	178	174	174	169	165	165
	3	364	291	255	237	218	207	197	189	182	175	171	164	160	157	153	149	146	146	142	138	138
240	2	514	411	360	334	308	293	278	267	257	247	242	231	226	221	216	211	206	206	200	195	195
	3	430	344	301	280	258	245	232	224	215	206	202	194	189	185	181	176	172	172	168	163	163
300	2	593	474	415	385	356	338	320	308	297	285	279	267	261	255	249	243	237	237	231	225	225
	3	497	398	348	323	298	283	268	258	249	239	234	224	219	214	209	204	199	199	194	189	189

Tab. 4.14 - Cavi multipolari in PVC posati in fascio, su passerelle perforate o mensole.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)								
		Numero di cavi multipolari								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	2	22	19,5	18	17	16,5	16	16	16	16
	3	18,5	16,5	15	14	14	13,5	13,5	13,5	13,5
2,5	2	30	26	25	23	23	22	22	22	22
	3	25	22	21	19,5	19	18,5	18,5	18	18
4	2	40	35	33	31	30	29	29	29	29
	3	34	30	28	26	26	25	25	24	24
6	2	51	45	42	39	38	37	37	37	37
	3	43	38	35	33	32	31	31	31	31
10	2	70	62	57	54	53	51	51	50	50
	3	60	53	49	46	45	44	44	43	43
16	2	94	83	77	72	71	69	69	68	68
	3	80	70	66	62	60	58	58	58	58
25	2	119	105	98	92	89	87	87	86	86
	3	101	89	83	78	76	74	74	73	73
35	2	148	130	121	114	111	108	108	107	107
	3	126	111	103	97	95	92	92	91	91
50	2	180	158	148	139	135	131	131	130	130
	3	153	135	125	118	115	112	112	110	110
70	2	232	204	190	179	174	169	169	167	167
	3	196	172	161	151	147	143	143	141	141
95	2	282	248	231	217	212	206	206	203	203
	3	238	209	195	183	179	174	174	171	171
120	2	328	289	269	253	246	239	239	236	236
	3	276	243	226	213	207	201	201	199	199
150	2	379	334	311	292	284	277	277	273	273
	3	319	281	262	246	239	233	233	230	230
185	2	434	382	356	334	326	317	317	312	312
	3	364	320	298	280	273	266	266	262	262
240	2	514	452	421	396	386	375	375	370	370
	3	430	378	353	331	323	314	314	310	310
300	2	593	522	486	457	445	433	433	427	427
	3	497	437	408	383	373	363	363	358	358

a

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)								
		Numero di cavi multipolari								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	2	22	19	18	17,5	17,5	17,5	17,5	17	17
	3	18,5	16	15	15	15	14,5	14,5	14,5	14,5
2,5	2	30	26	25	23	23	22	22	22	23
	3	25	22	21	20	20	20	20	19,5	19,5
4	2	40	35	33	32	32	32	32	31	31
	3	34	30	28	27	27	27	27	27	27
6	2	51	44	42	41	41	40	40	40	40
	3	43	37	35	34	34	34	34	34	34
10	2	70	61	57	56	56	55	55	55	55
	3	60	52	49	48	48	47	47	47	47
16	2	94	82	77	75	75	74	74	73	73
	3	80	70	66	64	64	63	63	62	62
25	2	119	104	98	95	95	94	94	93	93
	3	101	88	83	81	81	80	80	79	79
35	2	148	129	121	118	118	117	117	115	115
	3	126	110	103	101	101	100	100	98	98
50	2	180	157	148	144	144	142	142	140	140
	3	153	133	125	122	122	121	121	119	119
70	2	232	202	190	186	186	183	183	181	181
	3	196	171	161	157	157	155	155	153	153
95	2	282	245	231	226	226	223	223	220	220
	3	238	207	195	190	190	188	188	186	186
120	2	328	285	269	262	262	259	259	256	256
	3	276	240	226	221	221	218	218	215	215
150	2	379	330	311	303	303	299	299	296	296
	3	319	278	262	255	255	252	252	249	249
185	2	434	378	356	347	347	343	343	339	339
	3	364	317	298	291	291	288	288	284	284
240	2	514	447	421	411	411	406	406	401	401
	3	430	374	353	344	344	340	340	335	335
300	2	593	516	486	474	474	468	468	463	463
	3	497	432	408	398	398	393	393	388	388

b

Tab. 4.15 - a) Cavi multipolari in PVC posati in strato, su passerelle perforate - b) Cavi multipolari in PVC posati in strato, su mensole.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di circuiti																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,5	2	23	18,5	16	15	14	13	12,5	12	11,5	11	11	10,5	10	10	9,5	9,5	9	9	9	8,5
	3	20	16	14	13	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	8	8	7,5
2,5	2	31	25	22	20	18,5	17,5	16,5	16	15,5	15	14,5	14	13,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10
	3	28	22	19,5	18	17	16	15	14,5	14	13,5	13	12,5	12	11,5	11,5	11	11	11	11	10,5
4	2	42	34	29	27	25	24	23	22	21	20	19,5	19	18,5	18	17,5	17	17	17	16,5	16
	3	37	30	26	24	22	21	20	19	18,5	18	17,5	16,5	16,5	16	15,5	15	15	15	14,5	14
6	2	54	43	38	35	32	31	29	28	27	26	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21
	3	48	38	34	31	29	27	26	25	24	23	23	22	21	21	20	19,5	19	19	18,5	18
10	2	75	60	53	49	45	43	41	39	38	36	35	34	33	32	32	31	30	30	29	29
	3	66	53	46	43	40	38	36	34	33	32	31	30	29	28	28	27	26	26	25	25
16	2	100	80	70	65	60	57	54	52	50	48	47	45	44	43	42	41	40	40	39	38
	3	88	70	62	57	53	50	48	46	44	42	41	40	39	38	37	36	35	35	34	33
25	2	133	106	93	86	80	76	72	69	67	64	63	60	59	57	56	55	53	53	52	51
	3	117	94	82	76	70	67	63	61	59	56	55	53	51	50	49	48	47	47	46	44
35	2	164	131	115	107	98	93	89	85	82	79	77	74	72	71	69	67	66	66	64	62
	3	144	115	101	94	86	82	78	75	72	69	68	65	63	62	60	59	58	58	56	55
50	2	198	158	139	129	119	113	107	103	99	95	93	89	87	85	83	81	79	79	77	75
	3	175	140	123	114	105	100	95	91	88	84	82	79	77	75	74	72	70	70	68	67
70	2	253	202	177	164	152	144	137	132	127	124	119	114	111	109	106	104	101	101	99	96
	3	222	178	155	144	133	127	120	115	111	107	104	100	98	95	93	91	89	89	87	84
95	2	306	245	214	199	184	174	165	159	153	147	144	138	135	132	129	125	122	122	119	116
	3	269	215	188	175	161	153	145	140	135	129	126	121	118	116	113	110	108	108	105	102
120	2	354	283	248	230	212	202	191	184	177	170	166	159	156	152	149	145	142	142	138	135
	3	312	250	218	203	187	178	168	162	156	150	147	140	137	134	131	128	125	125	122	119
150	2	402	322	281	261	241	229	217	209	201	193	189	181	177	173	169	165	161	161	157	153
	3	355	284	249	231	213	202	192	185	178	170	167	160	156	153	149	146	142	142	138	135
185	2	472	378	330	307	283	269	255	245	236	227	222	212	208	203	198	194	189	189	184	179
	3	417	334	292	271	250	238	225	217	209	200	196	188	183	179	175	171	167	167	163	158
240	2	555	444	389	361	333	316	300	289	278	266	261	250	244	239	233	228	222	222	216	211
	3	490	392	343	319	294	279	265	255	245	235	230	221	216	211	206	201	196	196	191	186

Tab. 4.16 - Cavi unipolari senza guaina in EPR posati in tubo o in canale secondo i tipi di posa indicati nella tab. 4.4.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,5	2	22	17,5	15,5	14,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10,5	10	9,5	9,5	9	9	9	9	8,5	8,5
	3	19,5	15,5	13,5	12,5	11,5	11	10,5	10	10	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	8	8	7,5	7,5
2,5	2	30	24	21	19,5	18	17	16	15,5	15	14,5	14	13,5	13	12,5	12,5	12	12	11,5	11,5	11
	3	26	21	18	17	15,5	15	14	13,5	13	12,5	12	11,5	11,5	11	11	10,5	10,5	10	10	10
4	2	40	32	28	26	24	23	22	21	20	19	19	18	17,5	17	17	16,5	16	16	15,5	15
	3	35	28	25	23	21	20	19	18	17,5	17	16,5	16	15,5	15	14,5	14,5	14	14	13,5	13,5
6	2	51	41	36	33	31	29	28	27	26	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19,5	19,5
	3	44	35	31	29	26	25	24	23	22	21	21	20	19,5	19	18,5	18	17,5	17,5	17	16,5
10	2	69	55	48	45	41	39	37	36	35	33	32	31	30	30	29	28	28	27	26	26
	3	60	48	42	39	36	34	32	31	30	29	28	27	26	26	25	25	24	24	23	23
16	2	91	73	64	59	55	52	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36	36	35	35
	3	80	64	56	52	48	46	43	42	40	38	38	36	35	34	34	33	32	32	31	30
25	2	119	95	83	77	71	68	64	62	60	57	56	54	52	51	50	49	48	48	46	45
	3	105	84	74	68	63	60	57	55	53	50	49	47	46	45	44	43	42	42	41	40
35	2	146	117	102	95	88	83	79	76	73	70	69	66	64	63	61	60	58	58	57	55
	3	128	102	90	83	77	73	69	67	64	61	60	58	56	55	54	52	51	51	50	49
50	2	175	140	123	114	105	100	95	91	88	84	82	79	77	75	74	72	70	70	68	67
	3	154	123	108	100	92	88	83	80	77	74	72	69	68	66	65	63	62	62	60	59
70	2	221	177	155	144	133	126	119	115	111	106	104	99	97	95	93	91	88	88	86	84
	3	194	155	136	126	116	111	105	101	97	93	91	87	85	83	81	80	78	78	76	74
95	2	265	212	186	172	159	151	143	138	133	127	125	119	117	114	111	109	106	106	103	101
	3	233	186	163	151	140	133	126	121	117	112	110	105	103	100	98	96	93	93	91	89
120	2	305	244	214	198	183	174	165	159	153	146	143	137	134	131	128	125	122	122	119	116
	3	268	214	185	174	161	153	145	139	134	129	126	121	118	115	113	110	107	107	105	102
150	2	334	267	234	217	200	190	180	174	167	160	157	150	147	144	140	137	134	134	130	127
	3	300	240	210	195	180	171	162	156	150	144	141	135	132	129	126	123	120	120	117	114
185	2	384	307	269	250	230	219	207	200	192	184	180	173	169	165	161	157	154	154	150	146
	3	340	272	235	221	204	194	184	177	170	163	160	153	150	146	143	139	136	136	133	129
240	2	459	367	321	298	275	262	248	239	230	220	216	207	202	197	193	188	184	184	179	174
	3	398	318	279	259	239	227	215	207	199	191	187	179	175	171	167	163	159	159	155	151
300	2	532	426	372	346	319	303	287	277	266	255	250	239	234	229	223	218	213	213	207	202
	3	455	364	319	296	273	259	246	237	228	218	214	205	200	196	191	187	182	182	177	173

Tab. 4.17 - Cavi multipolari in EPR posati in tubo o in canale secondo i tipi di posa indicati nella tab. 4.4.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)																			
		Numero di cavi multipolari																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1,5	2	26	21	18	17	15,5	15	14	13,5	13	12,5	12	11,5	11,5	11	10,5	10	10,5	10,5	10	10
	3	23	18,5	16	15	14	13	12,5	12	11,5	11	11	10,5	10	10	9,5	9,5	9	9	9	9
2,5	2	36	29	25	24	22	21	19,5	18,5	18	17,5	17	16	16	15,5	15	14,5	14,5	14,5	14	13,5
	3	32	26	22	21	19	18	17,5	16,5	16	15,5	15	14,5	14	14	13,5	13	13	13	13	12
4	2	49	39	34	32	29	28	26	25	24	23	22	21	23	22	22	21	21	20	19,5	18,5
	3	42	34	29	27	25	24	23	22	21	20	20	19	18,5	18	17,5	17	17	17	16,5	16
6	2	63	50	44	41	38	36	34	33	32	30	30	28	28	27	26	26	25	25	24	24
	3	54	43	38	35	32	31	29	28	27	26	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21
10	2	86	69	60	56	52	49	46	45	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	33
	3	75	60	53	49	45	43	41	39	38	36	35	34	33	32	32	31	30	30	29	29
16	2	115	92	81	75	69	66	62	60	58	55	54	52	51	49	48	47	46	46	45	44
	3	100	80	70	65	60	57	54	52	50	48	47	45	44	43	42	41	40	40	39	38
25	2	149	119	104	97	89	85	80	77	75	72	70	67	66	64	63	61	60	60	58	57
	3	127	102	89	83	76	72	69	66	64	61	60	57	56	55	53	52	51	51	50	48
35	2	185	148	130	120	111	105	100	96	93	89	87	83	81	80	78	76	74	74	72	70
	3	158	126	111	103	95	90	85	82	79	76	74	71	70	68	66	65	63	63	62	60
50	2	225	180	158	146	135	128	122	117	113	108	106	101	99	97	95	92	90	90	88	86
	3	192	154	134	125	115	109	104	100	96	92	90	86	84	83	81	79	77	77	75	73
70	2	289	231	202	188	173	165	156	150	145	139	136	130	127	124	121	118	116	116	113	110
	3	246	197	172	160	148	140	133	128	123	118	116	111	108	106	103	101	98	98	96	93
95	2	352	282	246	229	211	201	190	183	176	169	165	158	155	151	148	144	141	141	137	134
	3	298	238	209	194	179	170	161	155	149	143	140	134	131	128	125	122	119	119	116	113
120	2	410	328	287	267	246	234	221	213	205	197	193	185	180	176	172	168	164	164	160	156
	3	346	278	242	225	208	197	187	180	173	166	163	156	152	149	145	142	138	138	135	131
150	2	473	378	331	307	284	270	255	246	237	227	222	213	208	203	199	194	189	189	184	180
	3	399	319	279	259	239	227	215	207	200	192	188	180	176	172	168	164	160	160	156	152
185	2	542	434	379	352	325	309	293	282	271	260	255	244	238	233	228	222	217	217	211	206
	3	456	365	319	296	274	260	246	237	228	219	214	205	201	196	192	187	182	182	178	173
240	2	641	513	449	417	385	365	346	333	321	308	301	288	282	276	269	263	256	256	250	244
	3	538	430	377	350	323	307	291	280	269	258	253	242	237	231	226	221	215	215	210	204
300	2	741	593	519	482	445	422	400	385	371	356	348	333	326	319	311	304	296	296	289	282
	3	621	497	435	404	373	354	335	323	311	298	292	279	273	267	261	255	248	248	242	236

Tab. 4.18 - Cavi multipolari in EPR posati in fascio, su passerelle perforate o mensole.

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)								
		Numero di cavi multipolari								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	2	26	23	21	20	19,5	19	19	18,5	18,5
	3	23	20	19	17,5	17	17	16,5	16,5	16,5
2,5	2	36	32	30	28	27	26	26	26	26
	3	32	28	26	25	24	23	23	23	23
4	2	49	43	40	38	37	36	36	35	35
	3	42	37	34	32	32	31	31	30	30
6	2	63	55	52	49	47	46	46	45	45
	3	54	48	44	42	41	39	39	39	39
10	2	86	76	71	66	65	63	63	62	62
	3	75	66	62	58	56	55	55	54	54
16	2	115	101	94	89	86	84	84	83	83
	3	100	88	82	77	75	73	73	72	72
25	2	149	131	122	115	112	109	109	107	107
	3	127	112	104	98	95	93	93	91	91
35	2	185	163	152	142	139	135	135	133	133
	3	158	139	130	122	119	115	115	114	114
50	2	225	198	185	173	169	164	164	162	162
	3	192	169	157	148	144	140	140	138	138
70	2	289	254	237	223	217	211	211	208	208
	3	246	216	202	189	185	180	180	177	177
95	2	352	310	289	271	264	257	257	253	253
	3	298	262	244	229	224	218	218	215	215
120	2	410	361	336	316	308	299	299	295	295
	3	346	304	284	266	260	253	253	249	249
150	2	473	416	388	364	355	345	345	341	341
	3	399	351	327	307	299	291	291	287	287
185	2	542	477	444	417	407	396	396	390	390
	3	456	401	374	351	342	333	333	328	328
240	2	641	564	526	494	481	468	468	462	462
	3	538	473	441	414	404	393	393	387	387
300	2	741	652	608	571	556	541	541	534	534
	3	621	546	509	478	466	453	453	447	447

a

Sezione [mm ²]	Numero cond. caricati	PORTATA (A)								
		Numero di cavi multipolari								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	2	26	23	21	21	21	21	21	20	20
	3	23	20	19	18,5	18,5	18	18	18	18
2,5	2	36	31	30	29	29	28	28	28	28
	3	32	28	26	26	26	25	25	25	25
4	2	49	43	40	39	39	39	39	38	38
	3	42	37	34	34	34	33	33	33	33
6	2	63	55	52	49	46	46	46	45	45
	3	54	47	44	43	43	43	43	42	42
10	2	86	75	71	69	69	68	68	67	67
	3	75	65	62	60	60	59	59	59	59
16	2	115	100	94	92	92	91	91	90	90
	3	100	87	82	80	80	79	79	78	78
25	2	149	130	122	119	119	118	118	116	116
	3	127	110	104	102	102	100	100	99	99
35	2	185	161	152	148	148	146	146	144	144
	3	158	137	130	126	126	125	125	123	123
50	2	225	196	185	180	180	178	178	176	176
	3	192	167	157	154	154	152	152	150	150
70	2	289	251	237	231	231	228	228	225	225
	3	246	214	202	197	197	194	194	192	192
95	2	352	306	289	282	282	278	278	275	275
	3	298	259	244	238	238	235	235	232	232
120	2	410	357	336	328	328	324	324	320	320
	3	346	301	284	277	277	273	273	270	270
150	2	473	412	388	378	378	374	374	369	369
	3	399	347	327	319	319	315	315	311	311
185	2	542	472	444	434	434	428	428	423	423
	3	456	397	374	365	365	360	360	356	356
240	2	641	558	526	513	513	506	506	500	500
	3	538	468	441	430	430	425	425	420	420
300	2	741	645	608	593	593	585	585	578	578
	3	621	540	509	497	497	491	491	484	484

b

Tab. 4.19 - a) Cavi multipolari in EPR posati in strato, su passerelle perforate - b) Cavi multipolari in EPR posati in strato, su mensole.

I conduttori di neutro, nei circuiti monofase e nei circuiti polifase con una sezione inferiore o uguale a 16 mm², devono avere la stessa sezione dei conduttori di fase.

Per i conduttori dei circuiti polifase, con una sezione superiore a 16 mm² se in rame (25 mm² se in alluminio), è ammesso che il neutro abbia una sezione ridotta, ma comunque non inferiore a 16 mm² se in rame (25 mm² 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. 4.20. 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 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. 4.20 - 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 ±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:

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

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 UNEI 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 [mΩ/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 [mΩ/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 BIPOLORE, TRIPOLARE																
r [mΩ/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 [mΩ/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. 4.21 - Valore della resistenza e reattanza specifica dei cavi unificati in relazione alla sezione (Gewiss).

La temperatura di riferimento assunta è di 80 °C. I valori della tab. 4.21 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 °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. 4.22 - Cadute di tensione unitarie per cavi unipolari, bipolari e tripolari isolati con gomma o materiale termoplastico (Gewiss).

Nel caso in cui i valori del fattore di potenza ($\cos \varphi$) sono diversi da quelli previsti dalla tab. 4.22, 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. 4.21 (tabella UNEL 35023-70);
- X = reattanza unitaria del cavo riportata nella tab. 4.21 (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 $\cos \varphi = 1$.

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:

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

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

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

4.5 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.

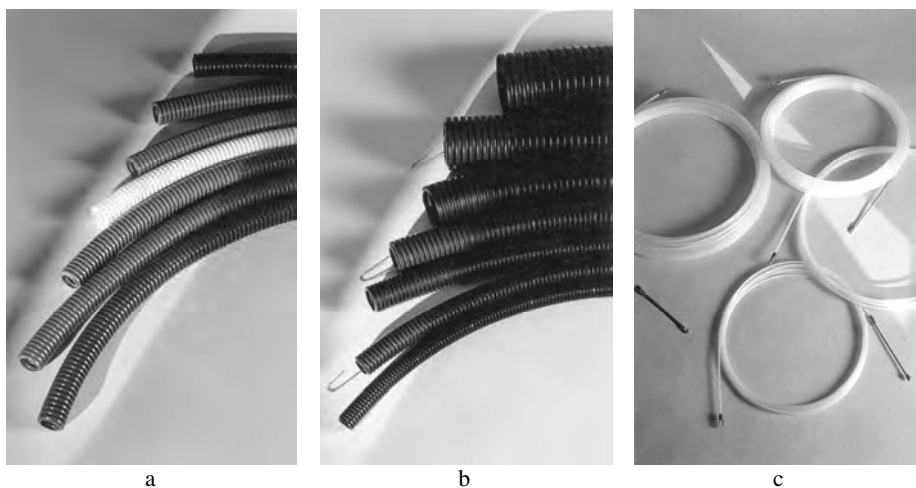
I tubi rigidi, pieghevoli e flessibili possono essere metallici oppure in materiale isolante; quelli in materiale isolante possono essere suddivisi, a loro volta, in leggeri, pesanti, autorinvenenti, filettati e spiralati, lisci. I cavidotti sono realizzati in materiale isolante e possono essere del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

Per identificare i tubi è usato un codice di classificazione composto da diverse cifre, come mostrato nella tab. 4.23, 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. 4.25 - 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 Medi 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. 4.23 - 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. 4.23 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. 4.24 - 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. 4.25 - 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	16	16	16	16	16	20	20	25	25	
		2	16	16	16	20	25	25	32	40	40	
		3	16	16	20	25	32	32	32	40	50	
		4	16	20	20	25	32	32	40	50	50	
		5	20	20	20	32	32	40	40	50	50	---
		6	20	20	25	32	40	40	50	50	50	---
		7	20	20	25	32	40	50	50	50	---	---
		8	25	25	32	40	50	50	50	---	---	---
		9	25	25	32	40	50	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. 4.26 - Grandezza dei tubi protettivi rigidi in relazione alla sezione e al numero n dei conduttori.

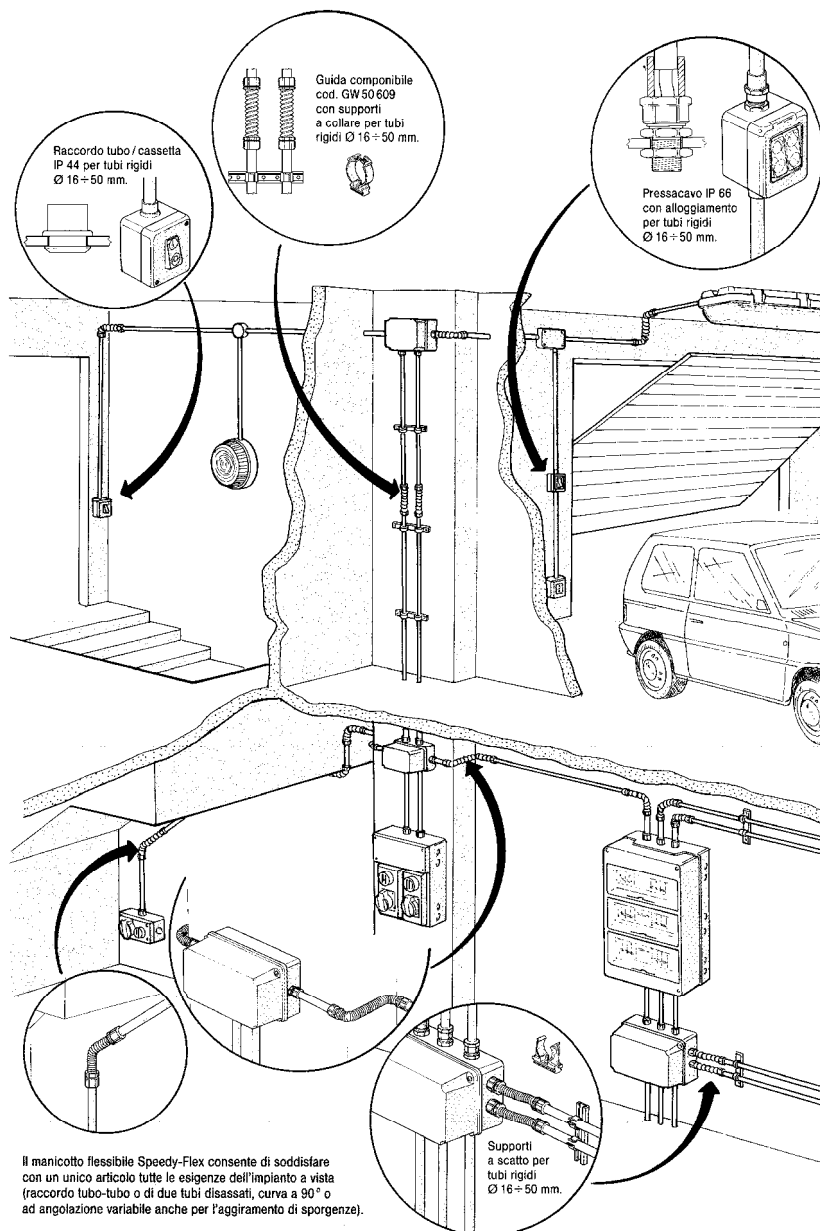
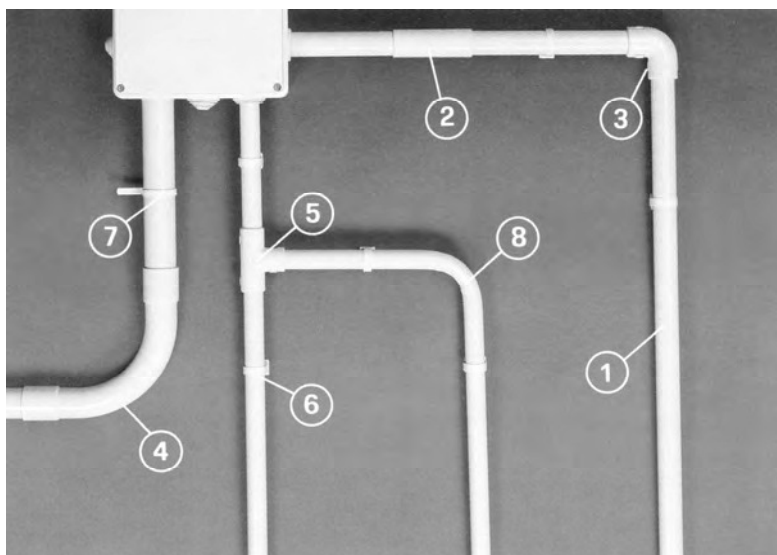


Fig. 4.26 - Esempi di impianti realizzati con tubi e cassette con fissaggio a parete (Gewiss).



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. 4.27 - 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:

- i *separatori*, 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.;
- le *giunzioni*, 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);
- le *derivazioni*, 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;
- le *scatole*, le quali permettono l'installazione di prese di corrente, telefoniche, di antenna oppure interruttori o apparecchiature simili;
- i *terminali* che vengono utilizzati per la chiusura dei canali alla fine del percorso.

La norma CEI 23-32 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'aiuto 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.

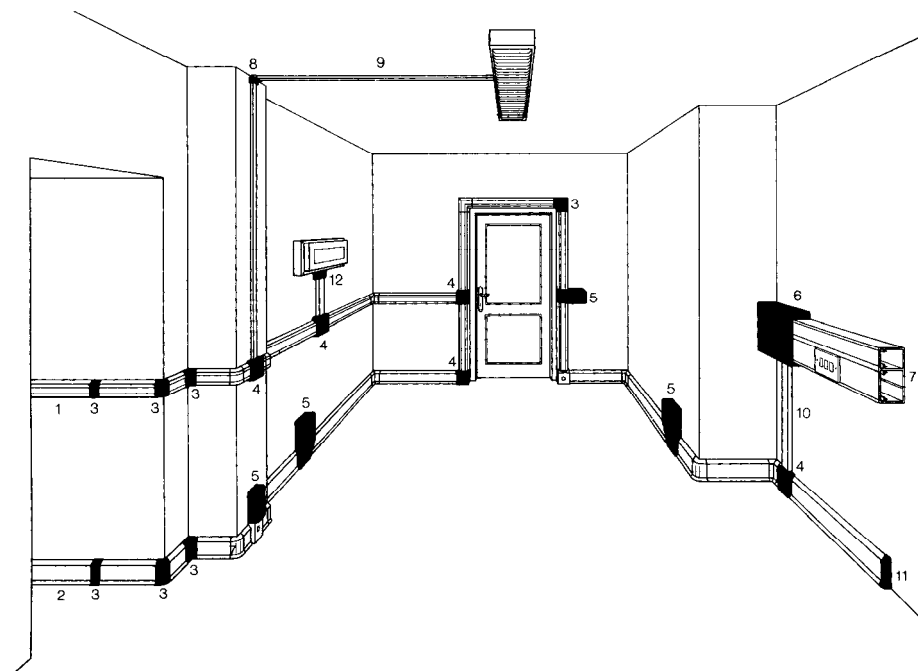


Fig. 4.28 - Esempio di applicazione di canalette in resina per impianti in vista.

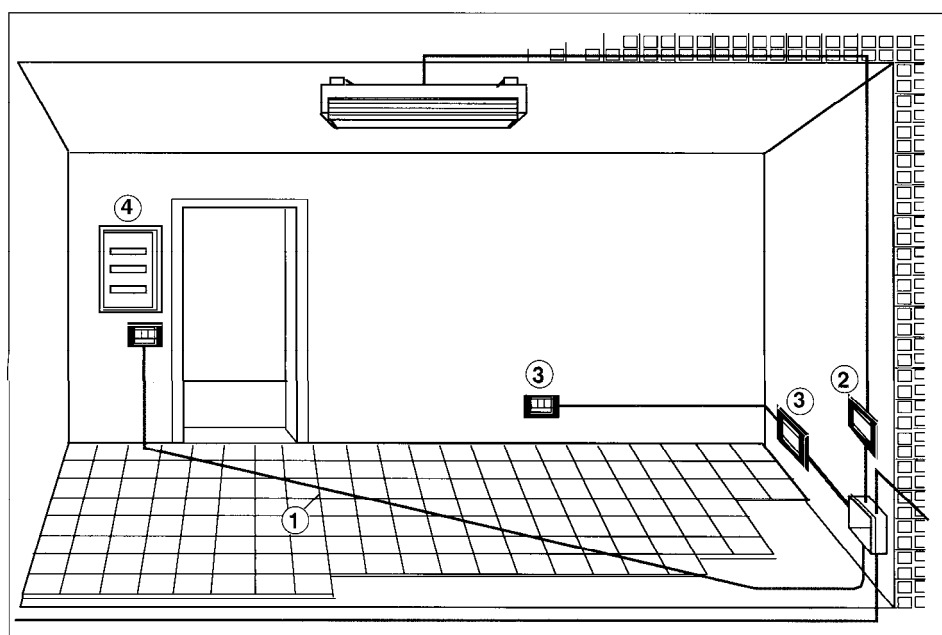


Fig. 4.29 - Esempio di impianto sotto traccia.

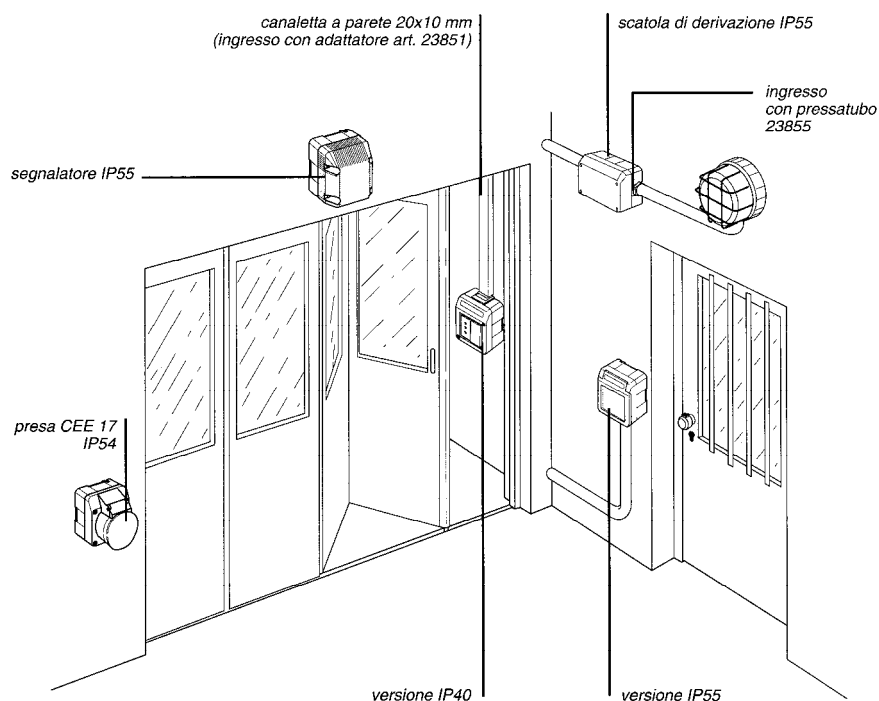


Fig. 4.30 - Esempio di impianto a parete.

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.

4.6 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
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	
Lettera addizionale (opzionale)	—		Contro l'accesso a parti pericolose con:
	A		dorso della mano
	B		dito
	C		attrezzo
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. 4.27 - 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. 4.31.

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				
1a cifra definita dalle norme CEI 70-1 - IEC 529 - IEC 144 - UTE C 20-010 - DIN 40050			2a cifra definita dalle norme CEI 70-1 - IEC 529 - IEC 144 - UTE C 20-010 - DIN 40050			3a cifra definita dalle norme francesi UTE C 20-010		

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. 4.31 - 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. 4.28 - 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. 4.29.

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. 4.29 - Gradi di protezione meccanica contro gli urti (codice IK) a temperatura ambiente.

4.7 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.

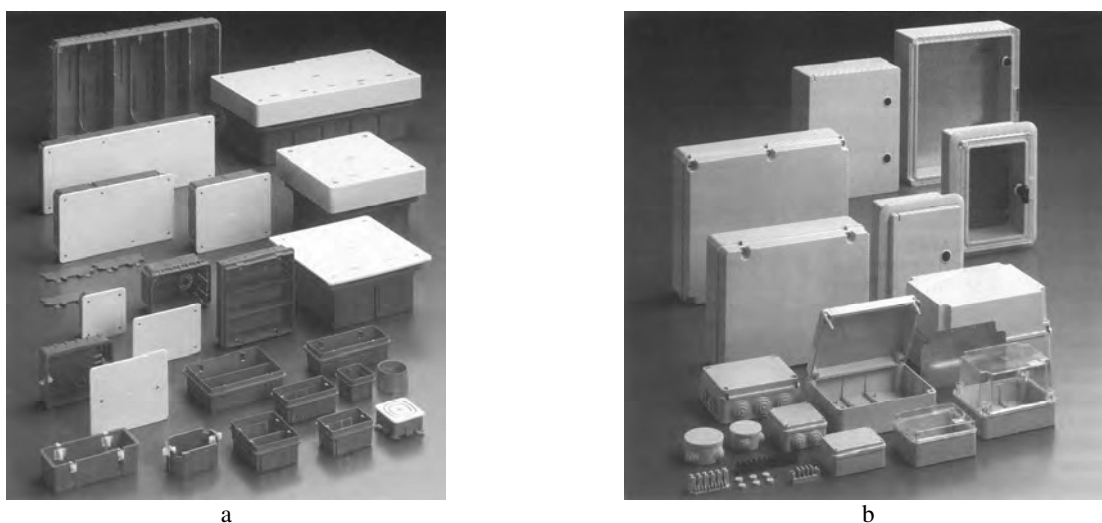


Fig. 4.32 - a) Esempio di cassette di derivazione e scatole porta frutto da incasso - b) Cassette e contenitori stagni da parete a destra (Gewiss).

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. 4.30 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. 4.30 - Numero massimo di tubi attestabili nelle cassette di derivazione (L = larghezza, H = altezza, P = profondità).

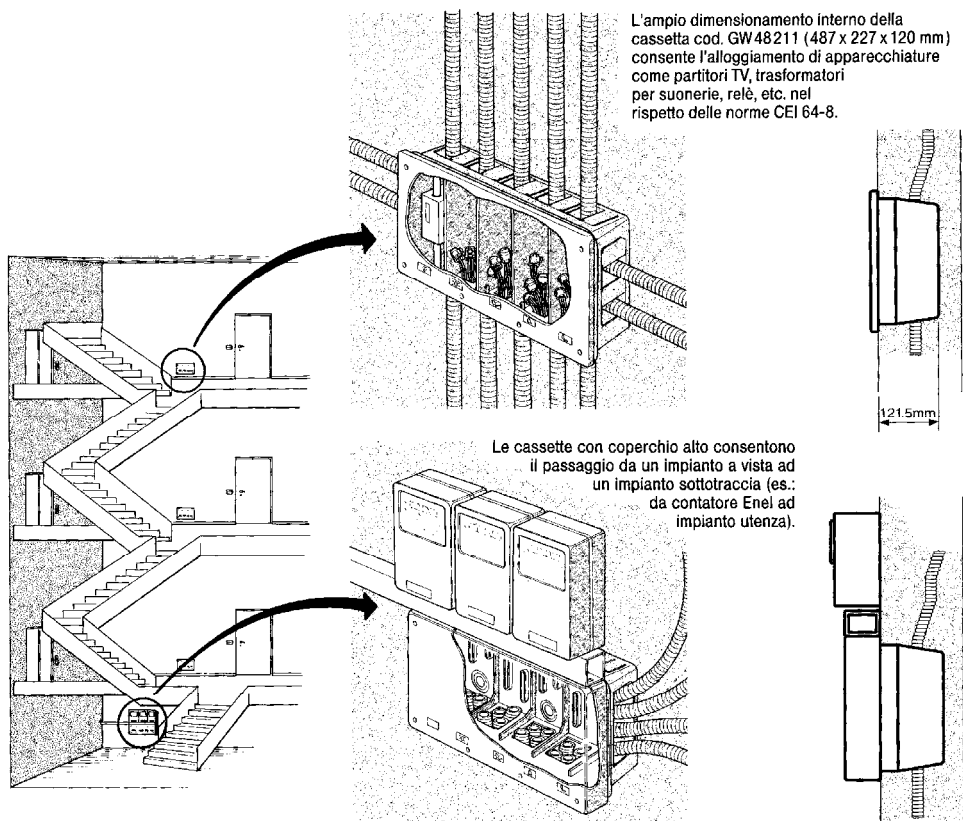


Fig. 4.33 - Esempio di utilizzo di cassette di derivazione e connessione montanti (Gewiss).

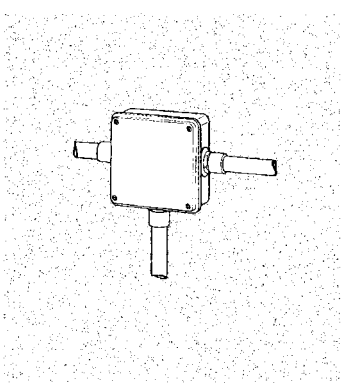
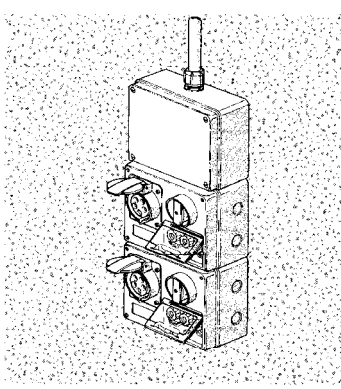
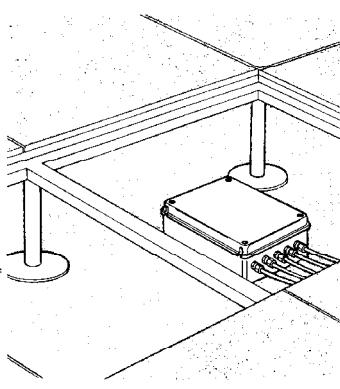
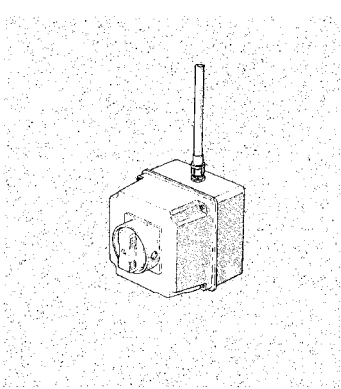
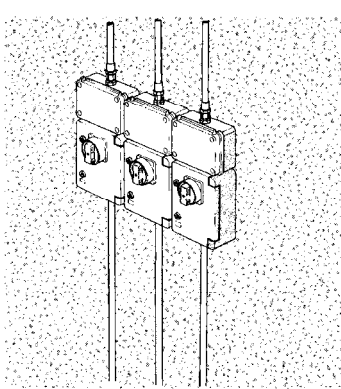
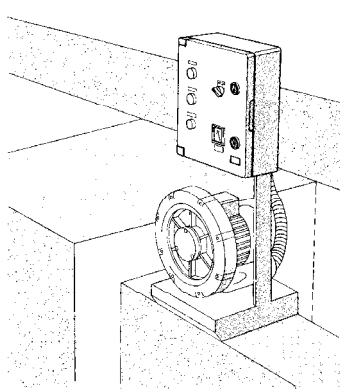
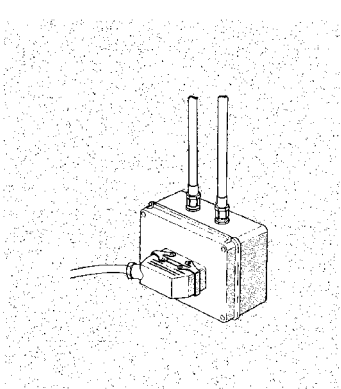
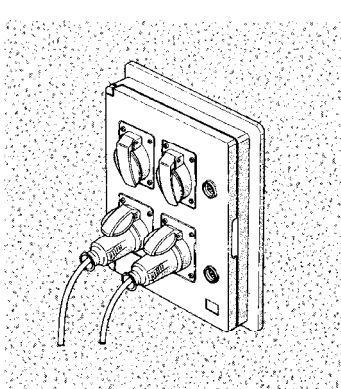
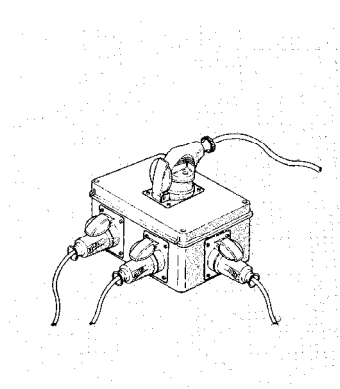
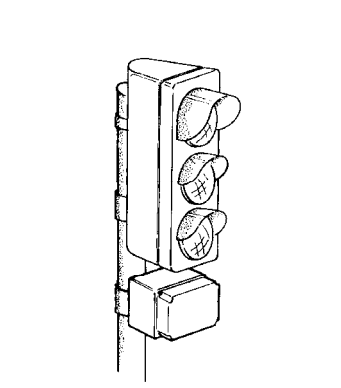
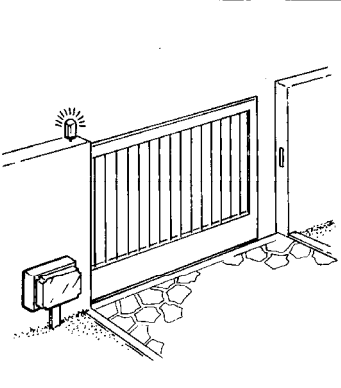
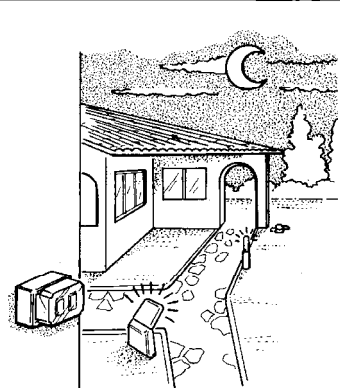
PER IMPIANTI	DI DERIVAZIONE	 <p>a Parete</p>	 <p>in Batteria</p>	 <p>Sottopavimento</p>
	DI COMANDO	 <p>a Parete</p>	 <p>in Batteria modulare</p>	 <p>a Bordo macchina</p>
	DI DISTRIBUZIONE	 <p>a Parete</p>	 <p>ad Incasso</p>	 <p>Trasportabile</p>
	SPECIALI			

Fig. 4.34 - 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. 4.35).

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. 4.31 - Caratteristiche dei raccordi tubo/cassetta per tubo rigido (Gewiss).

Il pressacavo mostrato nella fig. 4.35 (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. 4.32.

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. 4.35 (a destra).

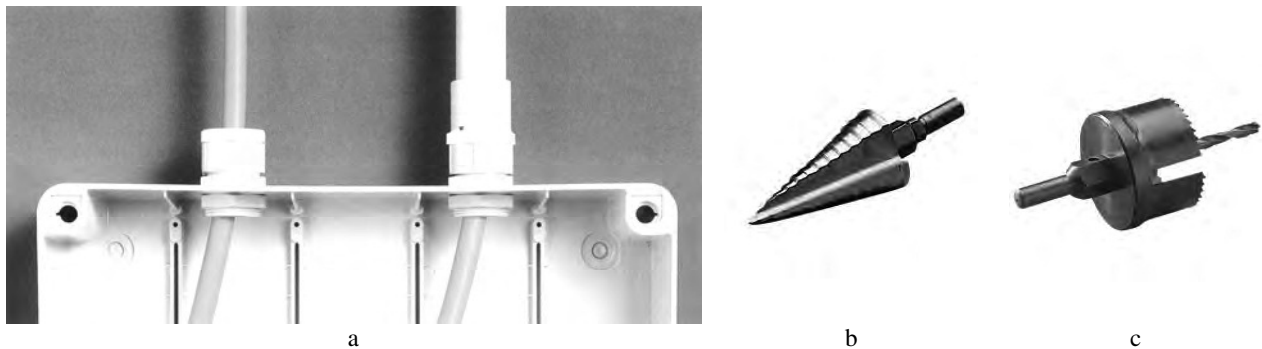




Fig. 4.35 - a) Esempio di applicazione di un pressacavo (a sinistra) e di un pressacavo con alloggiamento per tubo rigido (a destra) in una scatola da parete - b) Esempio di fresa da trapano universale per la foratura rapida di scatole per l'installazione di raccordi (fori da 12,5 a 40 mm) - c) Fresa 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. 4.32 - 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. 4.36 - 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.

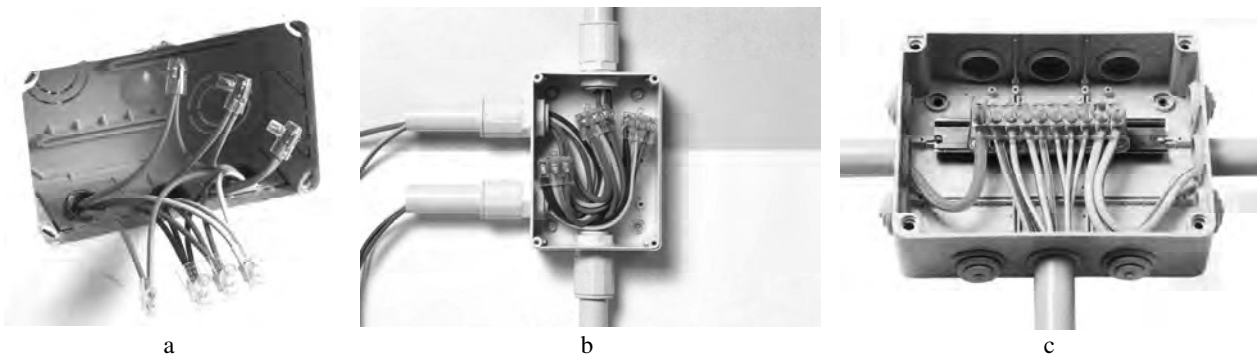


Fig. 4.37 - a) Esempio di applicazione dei morsetti a vite trasparenti in una cassetta di derivazione da incasso - b) Esempio di applicazione dei morsetti a vite trasparenti in una cassetta di distribuzione da parete - c) Esempio di utilizzo di una morsettiera multipla su guida DIN 35 come collettore 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. 4.33 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. 4.33 - 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.

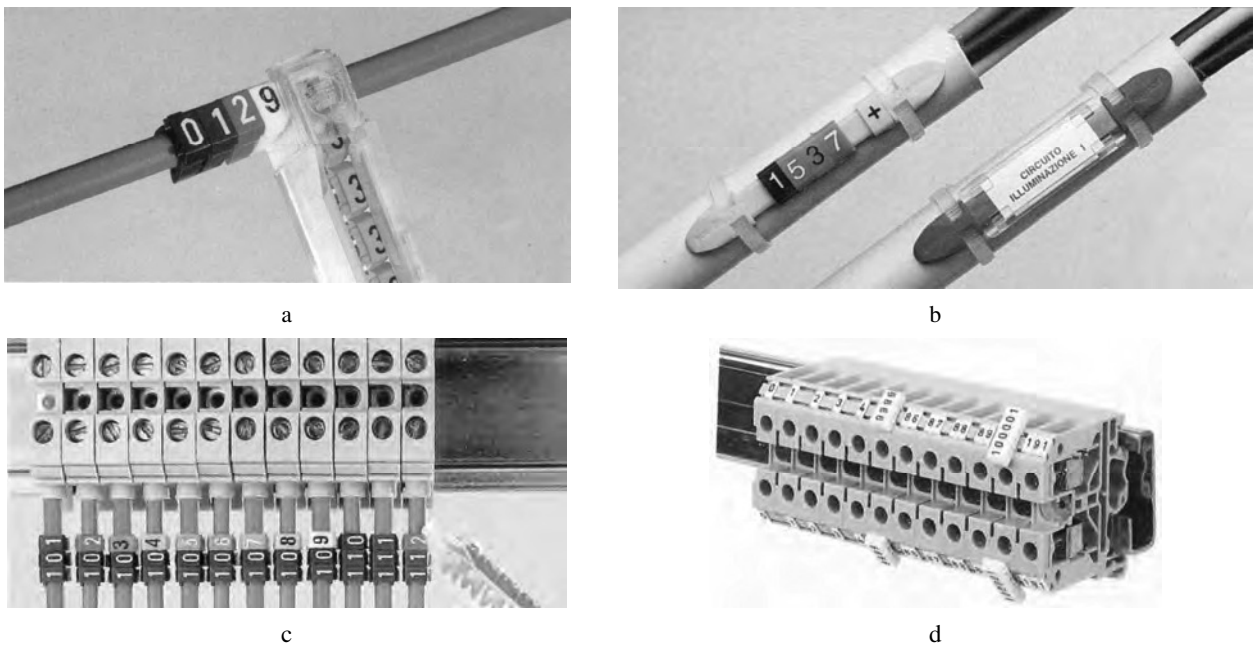


Fig. 4.38 - Esempi di siglatura: a) Per conduttori - b) Per cavi multipolari - c) Per conduttori con morsettiere. Da notare i capicorda a puntale rotondo utilizzati per effettuare il collegamento tra il cavo elettrico ed il morsetto - d) Per morsetti componibili (Legrand).

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.

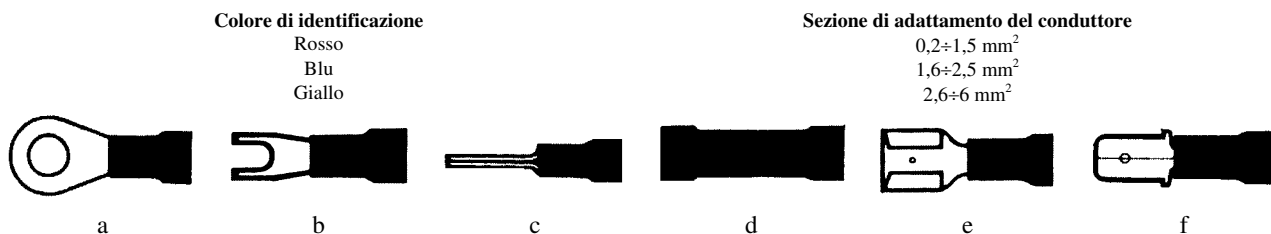


Fig. 4.39 - Codici dei colori per l'identificazione dei capicorda a compressione preisolati. Esempi di capicorda: a) ad occhiello - b) a forcella - c) a puntale rotondo - d) per connettori di testa - e) a presa lamellare femmina - f) a presa lamellare maschio.

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.

4.8 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.

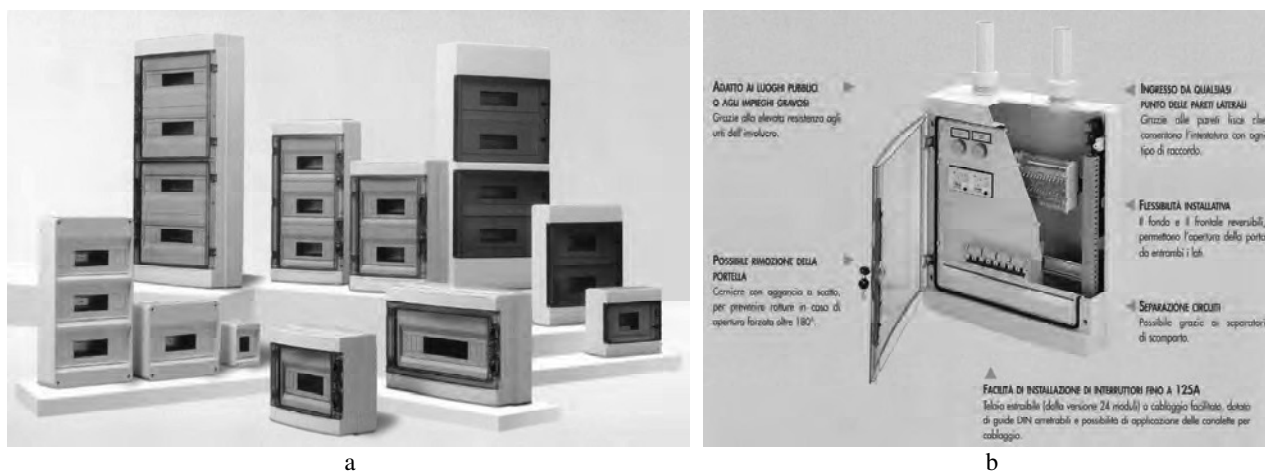


Fig. 4.40 - a) Centralini e quadri di distribuzione da parete - b) Caratteristiche di un centralino componibile stagno, con un grado di protezione IP65 (Gewiss).

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. 4.42b. Sono disponibili in varie forme e misure, come mostrato nelle fig. 4.40 e fig. 4.41, 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.

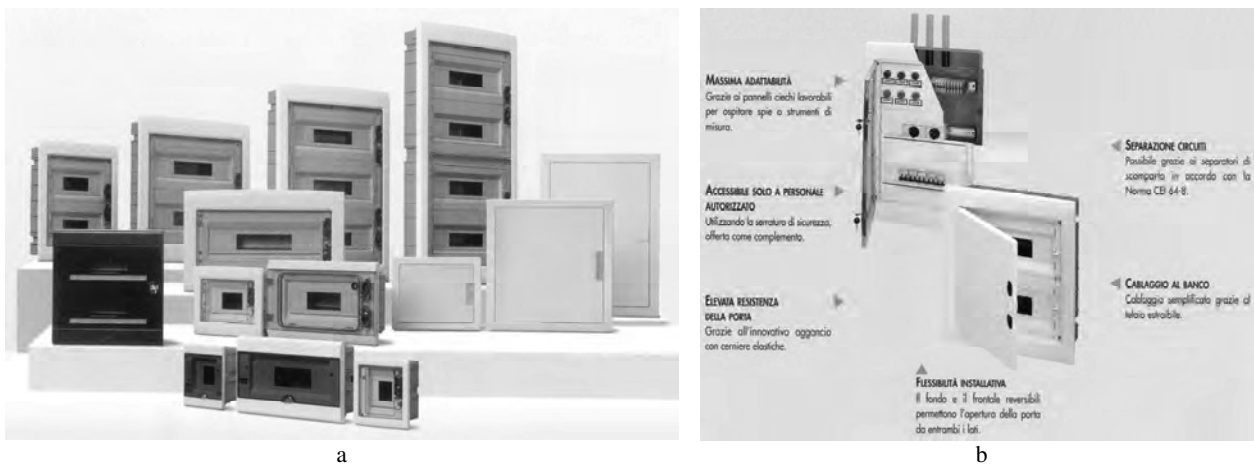


Fig. 4.41 - a) Centralini e quadri di distribuzione da incasso - b) Caratteristiche di un centralino da incasso componibile da 2 a 72 moduli, grado protezione IP40, colore grigio RAL 7035 oppure bianco RAL 9016 (Gewiss).

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.

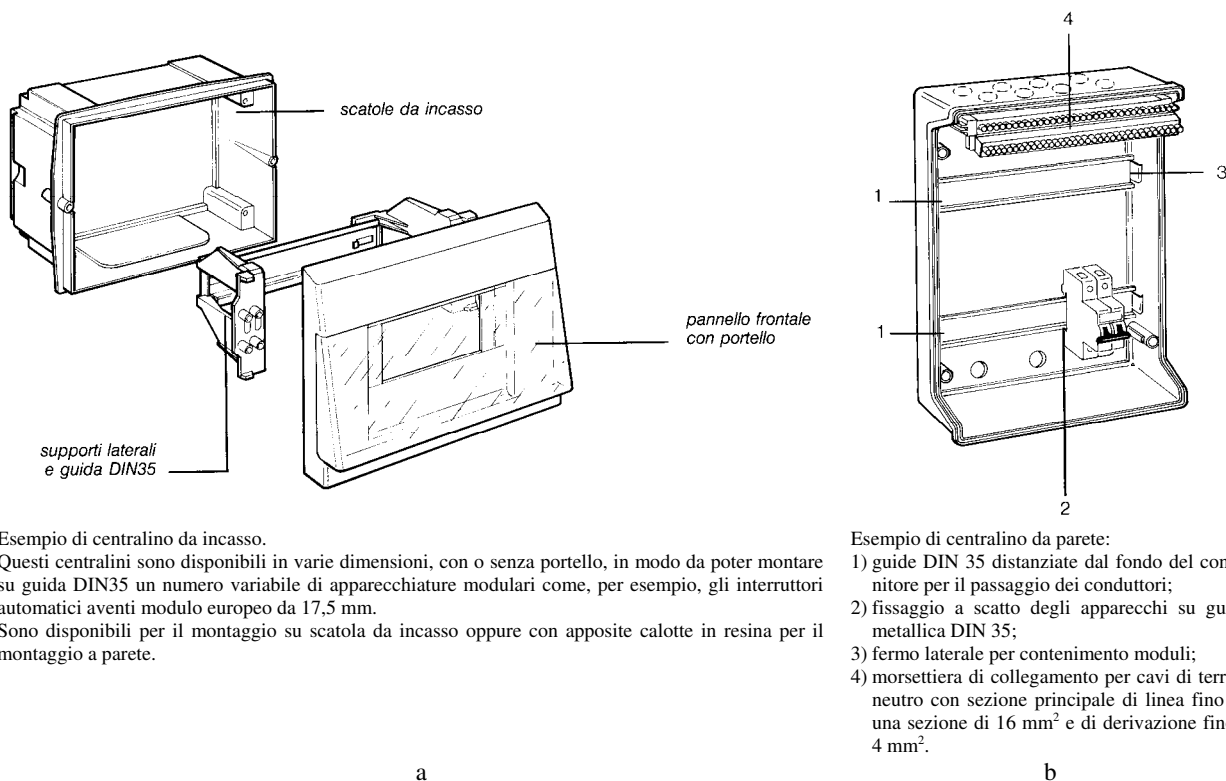
I centralini per esterno sono simili a quelli da incasso, salvo per il fatto di essere dotati di passacavi.

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. 4.42 - Esempi di centralini in resina per impianti di edifici residenziali: a) Da incasso - b) Da parete.

4.9 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 bilame), 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.

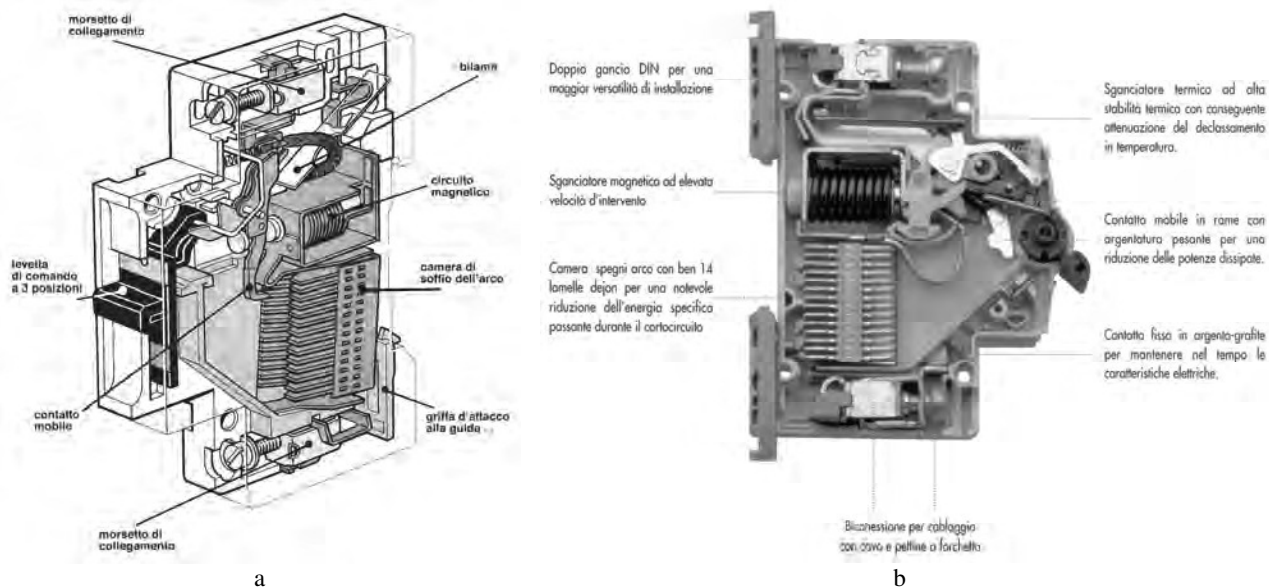


Fig. 4.43 - a) Particolari costruttivi di un interruttore modulare automatico magnetotermico (Legrand) - b) Esempio di interruttore automatico magnetotermico modulare per uso civile e industriale per montaggio su guida DIN 35. Una gamma di accessori elettrici quali contatti ausiliari, di scatto relè, 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.

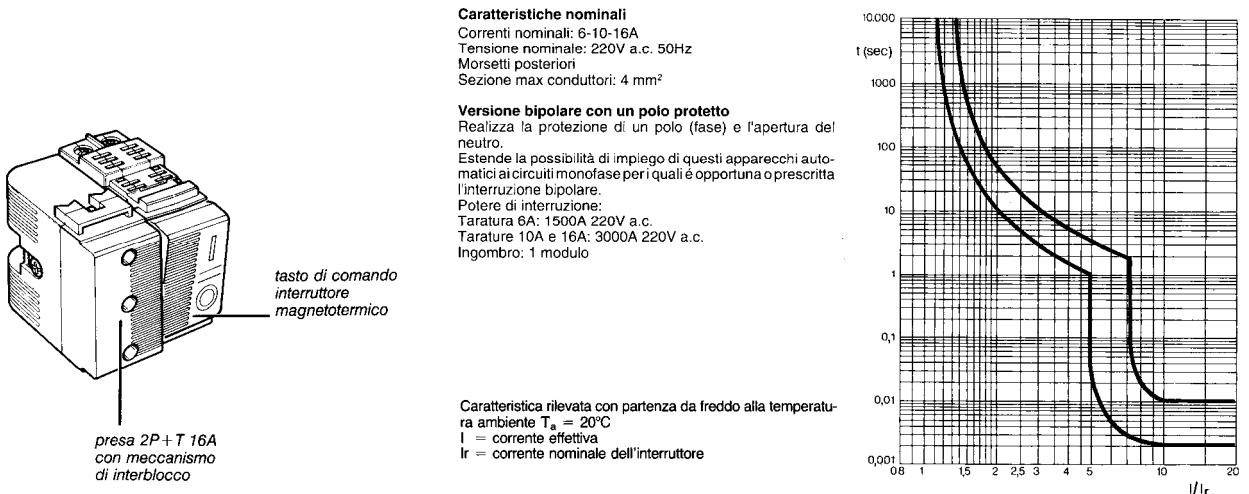


Fig. 4.44 - Presa interbloccata per uso civile con inserito un interruttore magnetotermico bipolare ad un polo protetto (2 moduli) con relativa caratteristica di intervento (bticino).

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.

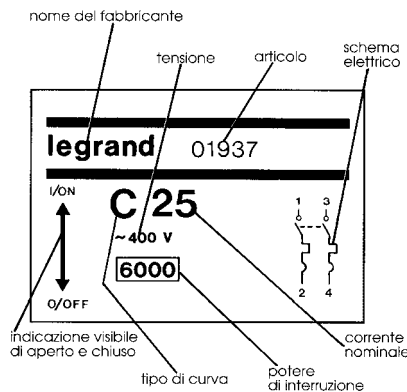


Fig. 4.45 - Dati di targa fondamentali di un interruttore magnetotermico (Legrand).

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. 4.44.

4.10 Il sovraccarico e il cortocircuito

Il **sovraccarico** si manifesta solitamente su impianti circuitualmente 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 conduttore 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. 4.46, mentre nella fig. 4.47a e nella fig. 4.47b 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.

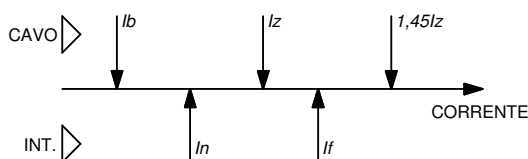


Fig. 4.46 - Condizioni di coordinamento (cavo/interruttore) per la protezione di un cavo contro i sovraccarichi.

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. 4.57 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 $2,5 \text{ mm}^2$ con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e con 2 conduttori caricati (circuitto monofase) e 2 circuiti (circuitto luce, circuitto prese), si è visto che la portata è $I_z = 15,1 \text{ A}$.

Se lo si usa con un carico che assorbe la corrente di 11 A , $I_b = 11 \text{ A}$, 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: $I_n = 13 \text{ A}$, mentre il valore di I_f deve essere inferiore a $21,89 \text{ A}$, valore verificato osservando le curve di intervento tempo-corrente degli interruttori automatici magnetotermici di fig. 4.57.

Nella fig. 4.46 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. 4.47a e 4. 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. 4.47 - Condizioni limite di una condotta contro il sovraccarico: a) Massima protezione - b) Minima protezione.

Nello sfruttare al massimo una condotta, 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 collettrice, 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 condotta 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. 4.48).

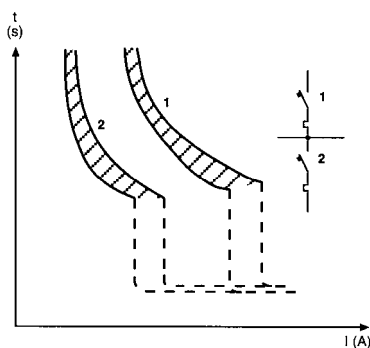


Fig. 4.48 - Selettività tra due interruttori posti in serie.

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.

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. 4.34 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. 4.34 - Valori approssimativi della corrente di cortocircuito ai morsetti secondari di trasformatori trifasi MT/BT.

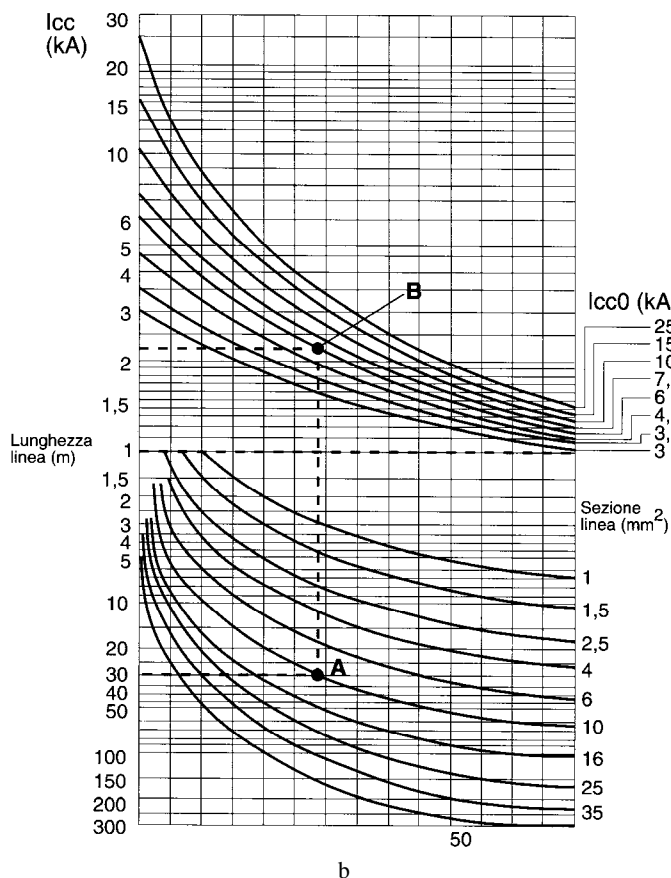
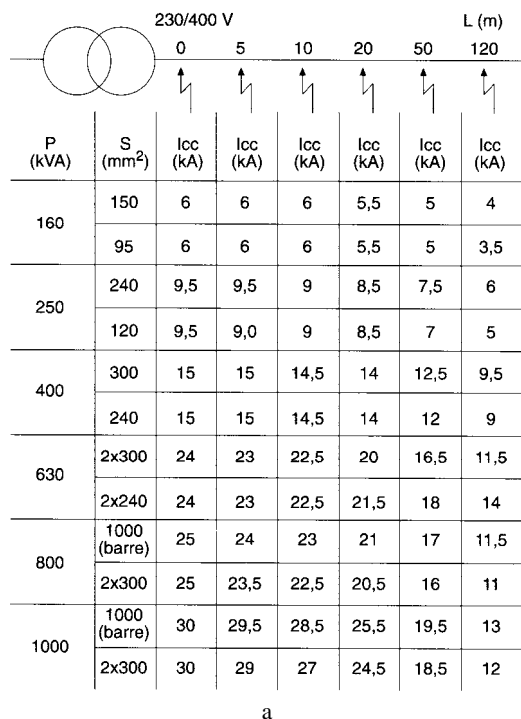


Fig. 4.49 - a) Riduzione della corrente di cortocircuito (I_{cc}) in relazione alla lunghezza ed alla sezione della linea: P = potenza nominale, S = sezione della linea, L = distanza del punto di cortocircuito dai morsetti del trasformatore - b) Diagramma per la determinazione della I_{cc} presunta nei 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. 4.49a 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 mm²), il valore approssimativo di I_{cc} può essere ricavato utilizzando le curve riportate nella fig. 4.49b.

Per esempio, si ipotizzi di dover ricavare il valore di I_{cc} su una linea di sezione 10 mm², 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. 4.34).

Per una linea di sezione 10 mm², 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. 4.35 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 mm²).

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	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	19	25
1,5																
2,5									1	1,4	1,7	1,9	2,3	3,3	5	6
4								1,2	1,6	2,3	3	4	6	8	10	17
6							1,2	1,7	2,4	3,4	5	6	9	12	15	25
10				1	1,4	2	2,8	3,9	6	7	10	15	21	25	41	50
16			1,1	1,6	2,2	3,1	4	6	9	12	16	24	33	39	66	70
25		1,2	1,6	2,3	3,3	5	7	9	14	18	25	38	51	61	103	123
35 esempio	1	1,5	2,1	3,1	5	6	9	13	19	25	34	52	71	85	143	174
50	1,3	2	2,8	4	6	9	13	18	26	35	48	74	99	120	201	242
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						
I_{cc} a monte [kA]	I_{cc} a valle [kA]															
100	91	86	80	71	60	49	38	29	21	16	12	8	6	5	3	2
90	83	79	74	67	57	47	37	29	21	16	12	8	6	5	3	2
80	75	72	68	61	53	45	36	28	21	16	12	8	6	5	3	2
70	66	64	61	55	49	42	34	27	20	16	12	8	6	5	3	2
60	57	55	53	49	44	38	32	25	19	15	12	8	6	5	3	2
50	48	47	45	42	38	34	29	24	18	15	11	8	6	5	3	2
45	44	43	41	39	36	32	27	23	18	14	11	8	6	5	3	2
40	39	38	37	35	32	29	25	21	17	14	11	8	6	5	3	2
35 esempio	34	34	33	31	29	27	23	20	16	13	11	8	6	5	3	2
30	30	29	29	27	26	24	21	18	15	13	10	7	6	5	3	2
25	25	25	24	23	22	21	19	17	14	12	10	7	6	5	3	2
22	22	22	21	21	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5	3	2
15	15	15	15	15	14	13	13	12	10	9	8	6	5	4	3	2
10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	6	5	4	4	3	2
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	4	4	4	3	2
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	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 mm², che presenta una corrente di cortocircuito a monte di 35 kA, presenta una corrente di cortocircuito a valle di 16 kA.

Tab. 4.35 - 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. 4.50a, 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} .

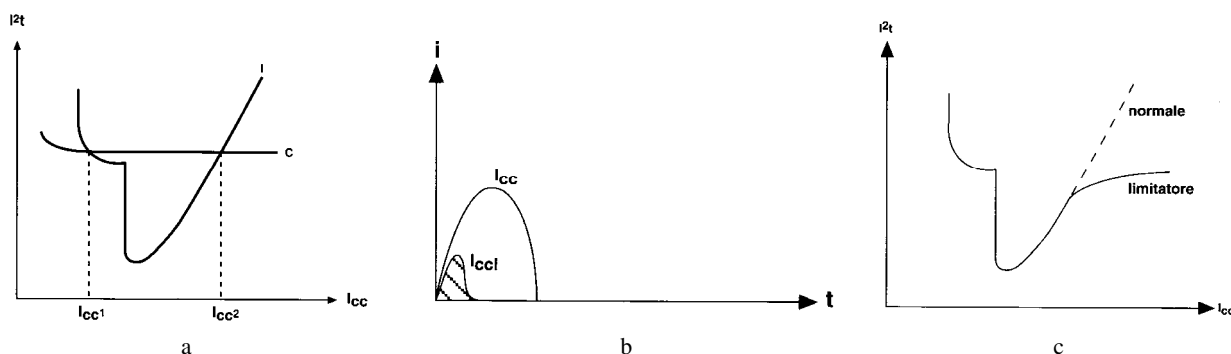


Fig. 4.50 - a) Curve che esprimono i valori di energia termica specifica lasciata passare da un interruttore automatico magnetotermico (curva I) e sopportabile senza danni da un cavo (curva C) - b) Effetti di limitazione della corrente I_{cc} garantito da un interruttore limitatore. L'area sottesa alla 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. 4.50b).

In questo modo, anche l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore durante il fenomeno viene drasticamente ridotta (fig. 4.50c).

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. 4.51.

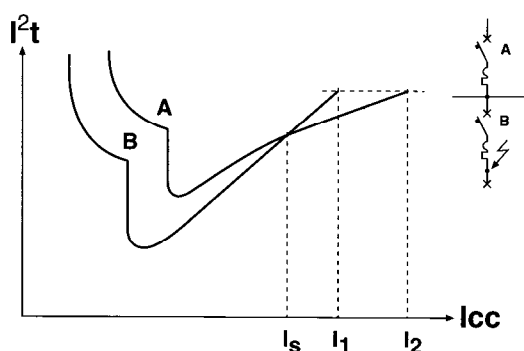


Fig. 4.51 - Condizioni di coordinamento per la protezione di un cavo contro i sovraccarichi.

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. 4.36 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. 4.36 - 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. 4.37.

Sezione [mm ²]	120	150	185	240
K	0,9	0,85	0,80	0,75

Tab. 4.37 - Fattori di riduzione della corrente di cortocircuito per sezioni superiori a 95 mm².

La fig. 4.52a mostra una condotta protetta sia dai cortocircuiti che dal sovraccarico, mentre la fig. 4.52b rappresenta una condotta protetta parzialmente solo dal cortocircuito.

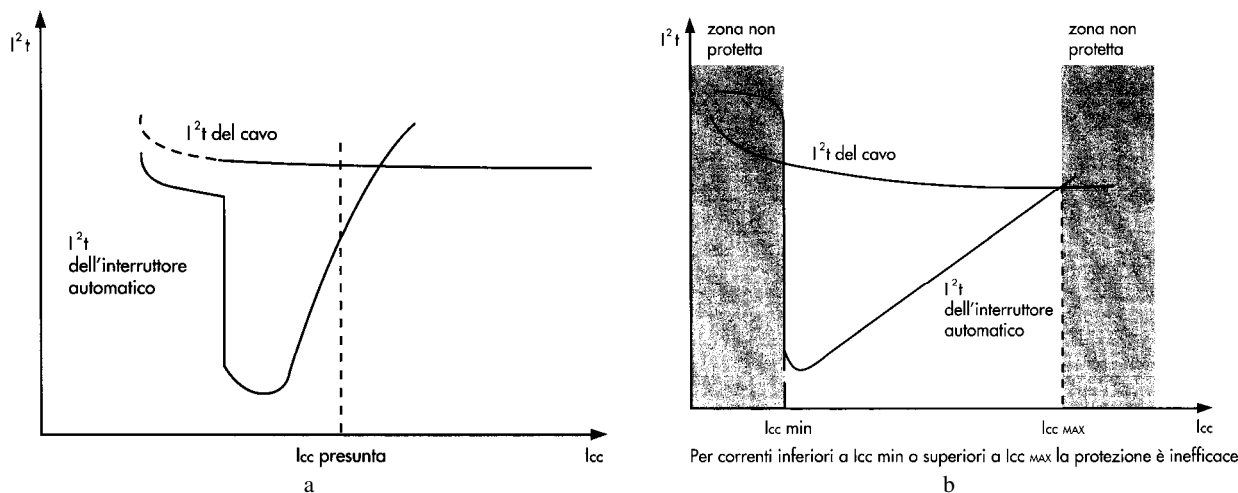


Fig. 4.52 - a) Cavo protetto dal cortocircuito e dal sovraccarico - b) Cavo protetto solo dal cortocircuito e non protetto dal sovraccarico.

Di seguito vengono riportate due tabelle (tab. 4.38 e tab. 4.39) 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. 4.54.

I valori trovati nelle tabelle vanno moltiplicati per un fattore di correzione, secondo quanto riportato nella tab. 4.40, 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																						

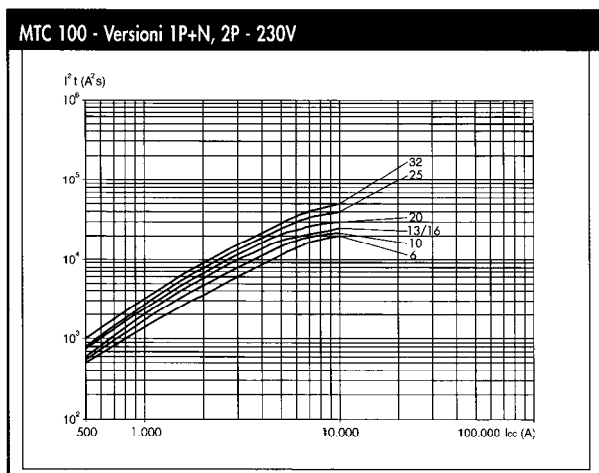
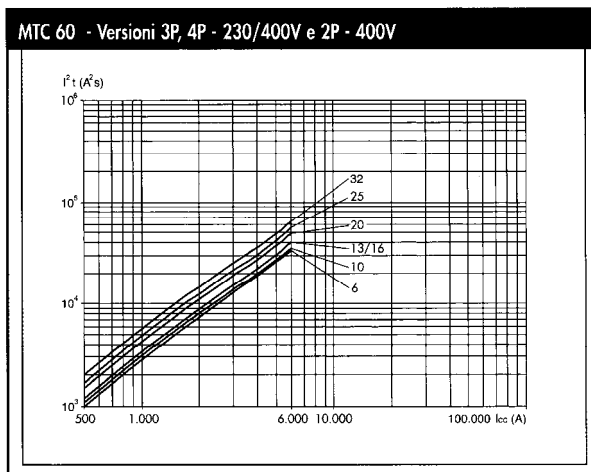
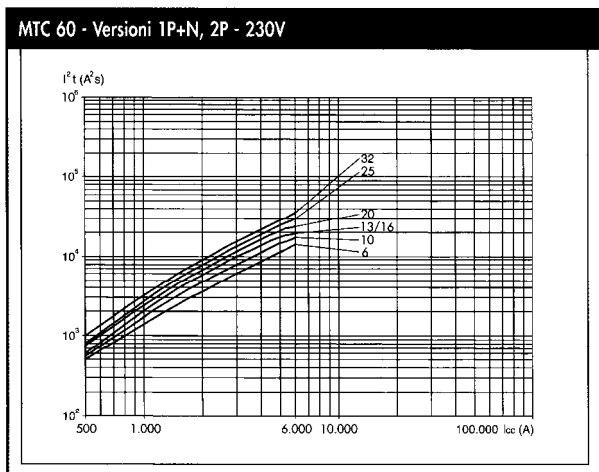
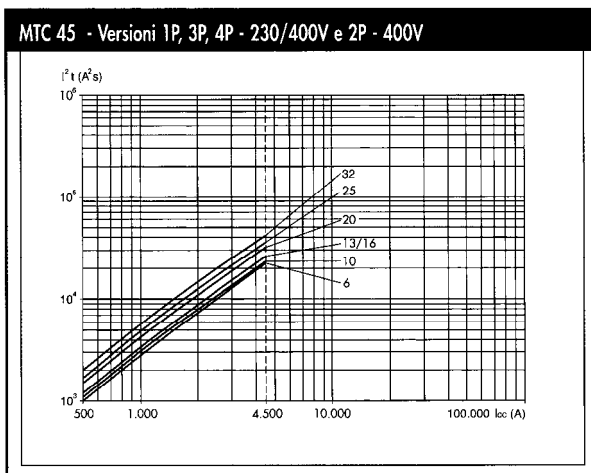
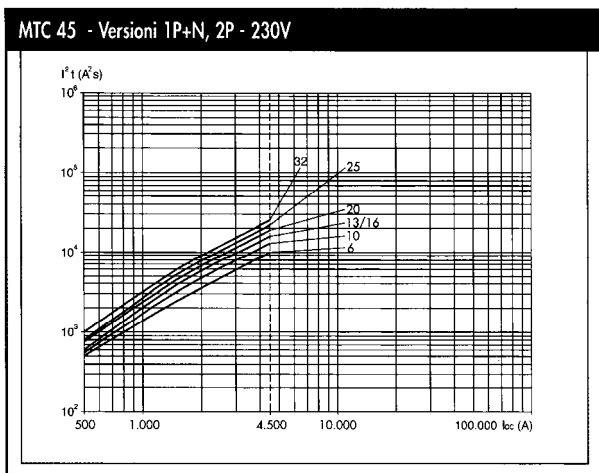
Tab. 4.38 - Protezione del cavo: lunghezza massima protetta in metri (Gewiss).

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. 4.39 - 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. 4.40 - Fattori di correzione da applicare alle lunghezze massime determinate mediante le tab. 4.38 e 4.39.



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.

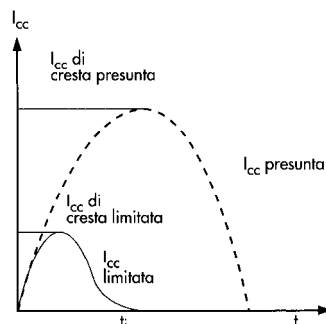


Fig. 4.53 - Curve dell'energia specifica passante I^2t degli interruttori modulari MTC serie 45, 60, 100, curva di intervento tempo-corrente tipo C (Gewiss).

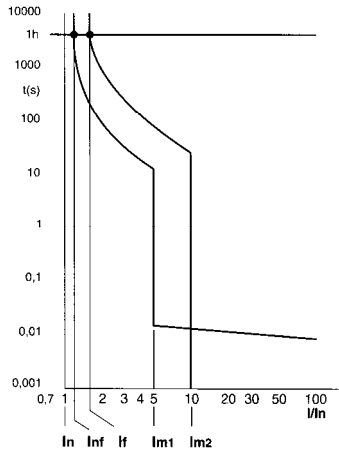
Le caratteristiche e le prestazioni degli interruttori automatici sono dettate dalla norma CEI EN 60898 (CEI 23-3) per gli apparecchi destinati ad impianti domestici e similari e dalla norma CEI EN 60947-2 per quelli destinati ad impianti industriali.

Per quanto riguarda la caratteristica di intervento e le differenze previste dalle norme per i due tipi di interrutto- re, vedere la tab. 4.41.

Sotto il profilo dell'intervento istantaneo, gli interruttori (per uso domestico e similare) sono classificabili in tre tipi, come indicato nella fig. 4.55, 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
	> 64 A	1,13	1,45	2 h
	ulteriore prova:			
	≤ 32 A	--	2,55	1÷60 s
	> 32 A	--	2,55	1÷120 s

Tab. 4.41 - 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. 4.54 - 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.

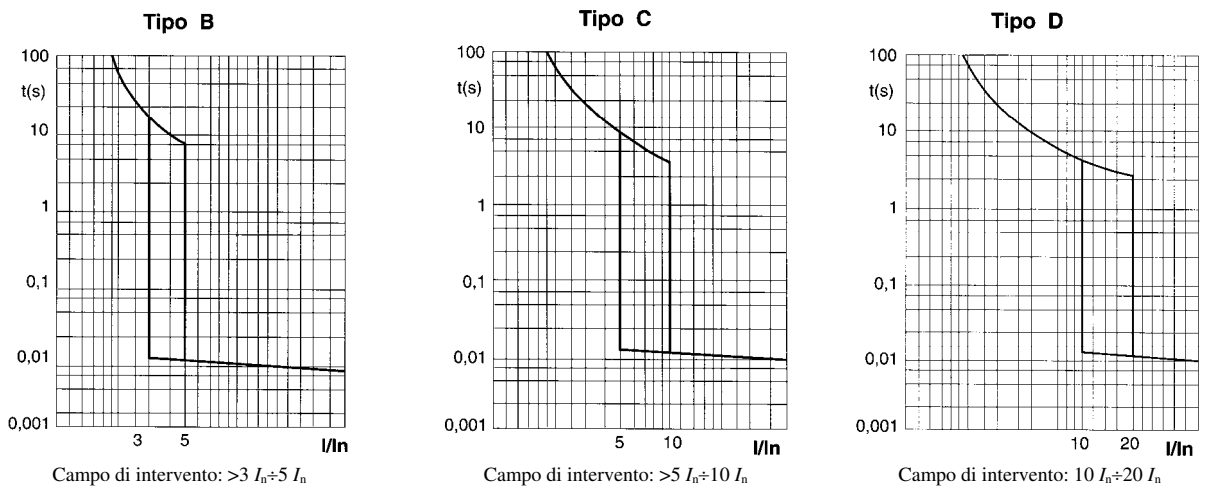


Fig. 4.55 - Confronto fra le caratteristiche di intervento dei tre differenti tipi di interruttore automatico magnetotermico per uso domestico e similare (norma CEI 23-3). I = corrente effettiva in linea, I_n = corrente nominale.

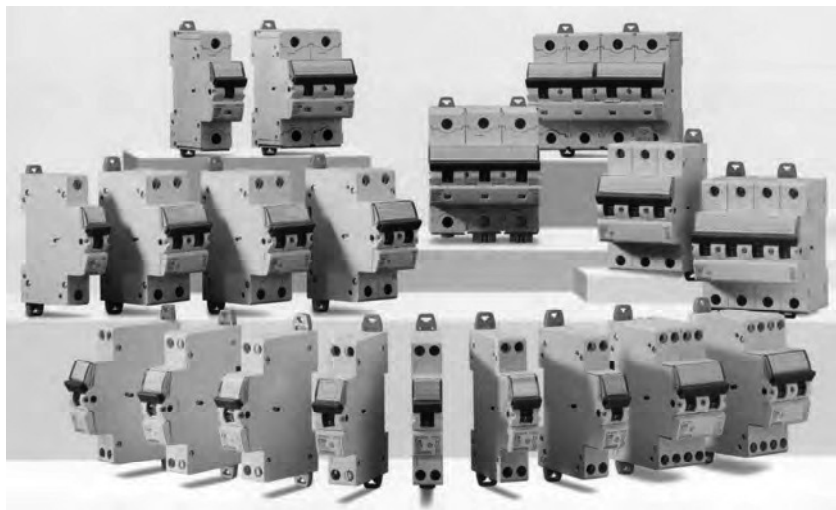
Il relè magnetico deve essere tarato a $(3\div 5) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo B, $(5\div 10) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo C e a $(10\div 20) \cdot I_n$ per le caratteristiche tipo D. Il relè termico dell'interruttore deve provocare, entro il tempo di un'ora, lo sgancio per correnti $\geq 1,45 \cdot I_n$ (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. 4.56 - Interruttori automatici magnetotermici modulari serie 90 (Gewiss).

Di seguito sono riepilogati i parametri principali, riportati nei grafici di fig. 4.54 e nella tab. 4.42:

- 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 h < 1 h	$3 I_n$	$5 I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
C	da 1 a 125 A	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	> 1 h < 1 h	$5 I_n$	$10 I_n$	> 0,1 s < 0,1 s
D	da 6 a 100 A da 6 a 100 A	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	> 1 h < 1 h	$10 I_n$	$20 I_n$	> 0,15 s < 0,15 s

Tab. 4.42 - Correnti di prova a seconda delle caratteristiche di intervento B, C, D (Gewiss).

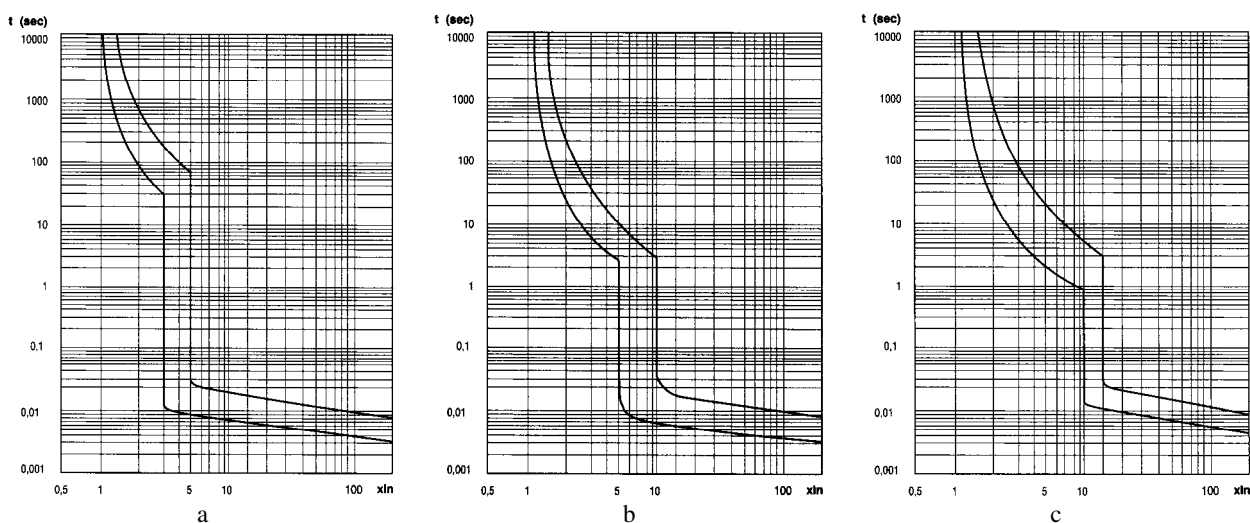


Fig. 4.57 - Curve di intervento tempo-corrente degli interruttori modulari serie 90: a) Caratteristica B - b) Caratteristica C - c) Caratteristica D (Gewiss). La zona di intervento è compresa tra le due curve. Multipli della corrente nominale dell'interruttore: x_{in} .

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. 4.43 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. 4.43 - Correnti di utilizzo degli interruttori automatici alle diverse temperature ambiente (Gewiss).

Gli interruttori scatolati di tipo tripolare o quadripolare (fig. 4.58a), 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. 4.58b: 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. 4.58 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.

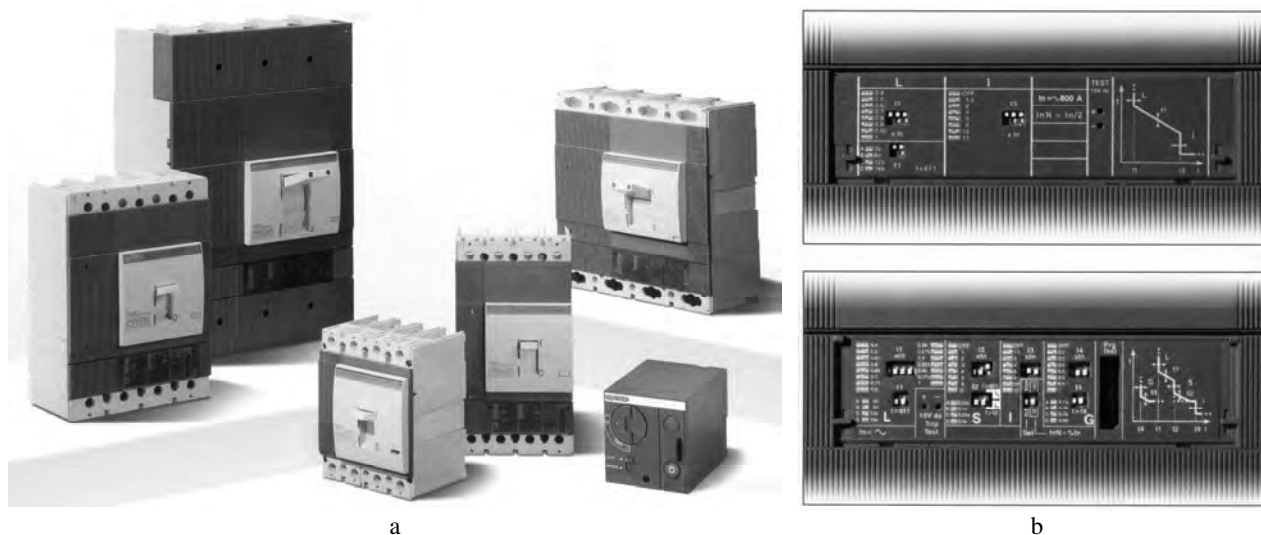


Fig. 4.58 - Interruttori scatolati per la distribuzione di potenza: a) Serie MTSE - b) Esempi di sganciatori elettronici. Nella figura sono presenti i microswitch per l'impostazione delle funzioni protettive L, S, I, G (Gewiss).

4.11 Rifasamento (nel CD-Rom allegato)

4.12 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. 4.71, viene mostrato lo schema logico da seguire per il dimensionamento del cavo e per la scelta delle protezioni.

Esempio. Si ipotizzi di dover alimentare alla tensione nominale $U_n = 400$ V un carico avente una potenza $P = 10$ kW ed un fattore di potenza $\cos \varphi = 0,8$. La corrente assorbita vale:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 18,06 \text{ A.}$$

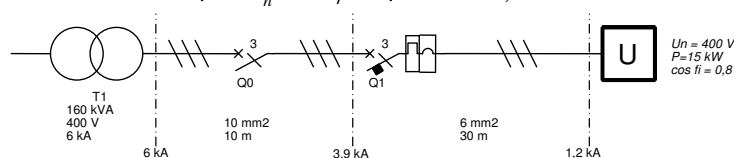


Fig. 4.70 - Schema elettrico.

Si sceglie di alimentare il carico, posto ad una distanza di 30 m, mediante un cavo unipolare in rame, avente una sezione di 6 mm² con isolante in PVC posto in tubo in aria (riferimento portata A2), temperatura ambiente 30 °C e con 3 conduttori caricati (circuito trifase) la portata è $I_z = 36$ A, secondo quanto riportato dalla tab. 4.9.

Si vuole ora verificare il valore della caduta di tensione, che deve essere inferiore al 5%. Secondo quanto riportato nella tab. 4.22, la caduta di tensione unitaria vale 5,28 mV/Am.

Quindi, $\Delta U = (u \cdot I \cdot L)/1000$, allora $\Delta U = (5,28 \cdot 30 \cdot 27,06)/1000 = 4,28$ 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. 4.70, che il carico sia alimentato mediante un trasformatore MT/BT della potenza di 160 kVA attraverso una linea avente una sezione di 10 mm² alla distanza di 10 m. La corrente di cortocircuito I_{cc} ai morsetti del trasformatore è pari a 6 kA (come risulta dalla tab. 4.34).

Per una linea di sezione 10 mm², 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 $I_{cc}^2 \cdot t \leq 476100$ A²s.

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. 4.53.

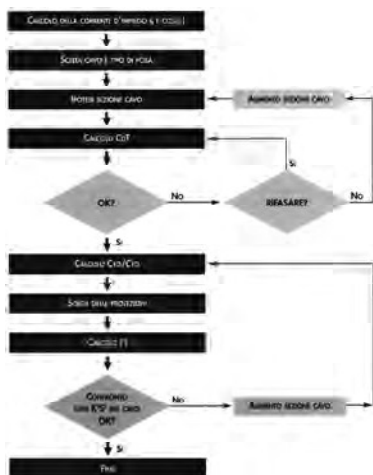
In particolare, all'inizio della linea, il valore di cortocircuito massimo è pari a $I_{cc/max} = 3,9$ kA, mentre alla fine della linea si ha una corrente di cortocircuito minima, calcolabile con la formula indicata dalle norme CEI riportata nella tab. 4.36 (cortocircuito fase-fase)

$$I_{cc/min} = \frac{0,8 \cdot U}{1,5 \cdot \rho \cdot \frac{2l}{S}} = \frac{0,8 \cdot 400}{1,5 \cdot 0,018 \cdot \frac{2 \cdot 30}{6}} = 1185 = 1,2 \text{ kA.}$$

Dai grafici riportati nella fig. 4.53 è possibile osservare, per il modello scelto, che nel punto considerato l'energia passante vale 35000 A²s per una corrente $I_{cc/max} = 3,9$ kA e 8000 A²s 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÷10 I_n), prevede una regolazione magnetica di 320 A.

Mediante la tab. 4.38, è possibile determinare la lunghezza massima di protezione di un cavo che in questo caso (6 mm²) vale 93 m, valore superiore a quello richiesto per l'esecuzione dell'impianto.



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 ΔU (C_{DT}), l'energia specifica passante I^2t , ecc.

Fig. 4.71 - Schema logico da seguire per il dimensionamento del cavo e per la scelta delle protezioni (Gewiss).

4.13 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.

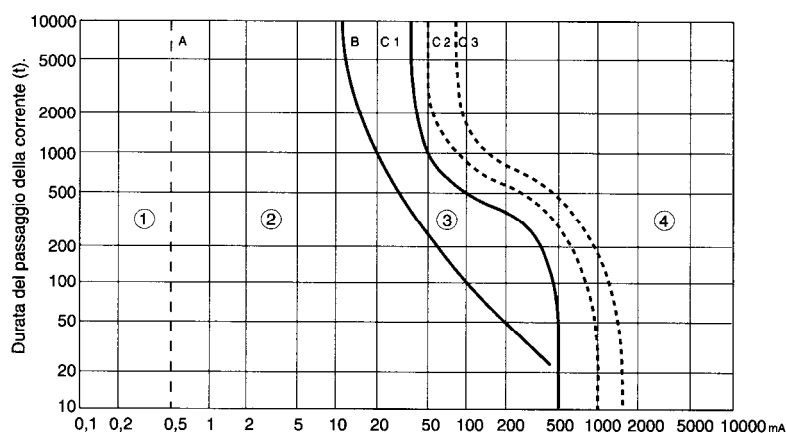
Con esso viene meno l'afflusso di ossigeno al cervello il quale va incontro rapidamente a forme di lesioni irreversibili.

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. 4.72 - 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, formati 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. 4.72), 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).

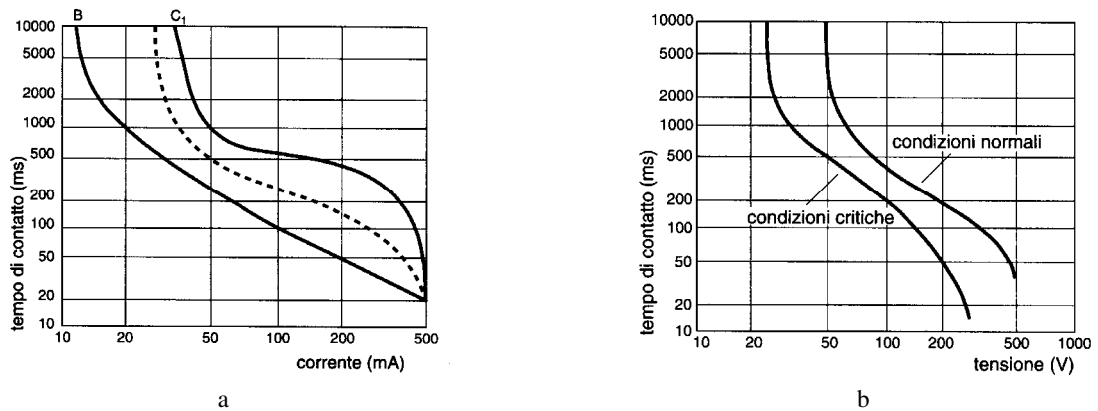
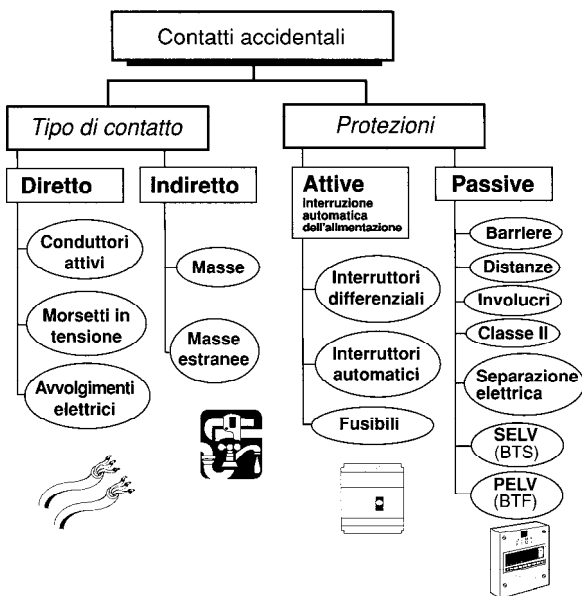


Fig. 4.73 - a) Curva di sicurezza corrente/tempo tracciata nella zona in cui gli effetti fisiologici prodotti dall'elettrocuzione si sono dimostrati reversibili. - b) Trasposizione in termini di tensione/corrente della curva di sicurezza. La curva più restrittiva va applicata per impianti particolari, 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. 4.73a).

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. 4.74 - 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. 4.73b) 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.

4.14 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. 4.75a e fig. 4.156), 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.

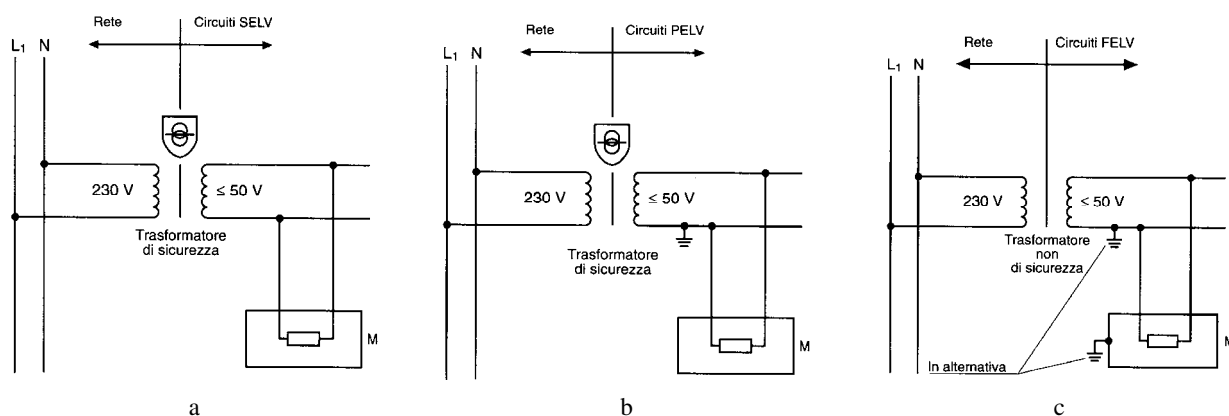


Fig. 4.75 - a) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione di sicurezza (SELV) - b) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione di protezione (PELV) - c) Alimentazione delle utenze in bassissima tensione funzionale (FELV).

La tecnica PELV (*Protective Extra-Low Voltage*) comporta anch'essa l'impiego di un trasformatore di sicurezza (fig. 4.75b), 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. 4.75c).

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. 4.76 sono riportati i simboli grafici che devono comparire sulla targhetta dell'apparecchio e che ne attestano le caratteristiche.

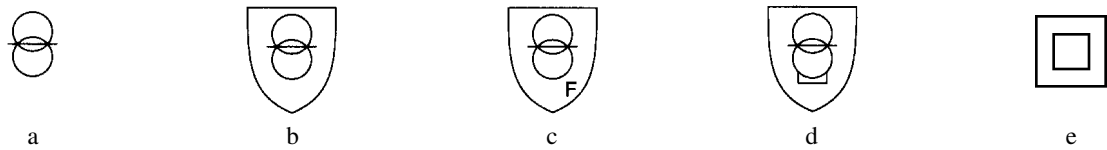


Fig. 4.76 - Simboli grafici che compaiono sulle targhette dei trasformatori per indicarne le caratteristiche e le prestazioni: a) Trasformatore d'isolamento - b) Trasformatore di sicurezza - c) Trasformatore di sicurezza a prova di guasto - d) Trasformatore di sicurezza resistente al cortocircuito - 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. 4.50).

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. 4.50 - 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.

4.15 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.

4.16 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.

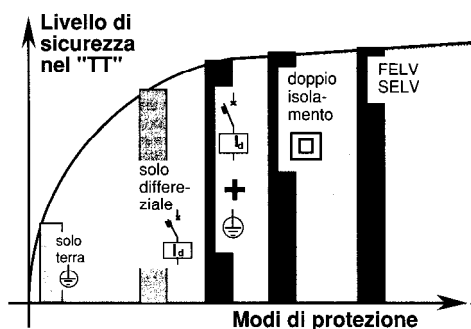
Un'operazione del genere non è necessaria per gli utilizzatori di Classe II, dotati cioè di doppio isolamento fra i circuiti interni e la carcassa metallica e, a maggior ragione, su quelli di classe II con la carcassa interamente costruita di materiale isolante (trapani elettrici portatili).

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. 4.77 - 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. 4.16b).

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. 4.51.

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. 4.51.

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. 4.51 - 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. 4.51.

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. 4.16c). In questo caso, quindi, è meglio sorvegliare con un idoneo apparecchio che controlla il livello di isolamento verso terra dei circuiti (fig. 4.78a).

Il dispositivo di sorveglianza, regolato solitamente ad una soglia di circa 0,5 MΩ, 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. 4.52 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. 4.52 - 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. 4.78b) che:

- segnala otticamente ed acusticamente quando la resistenza di isolamento scende al di sotto di un valore prefissato (comunque ≥ 50 k Ω);
- 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.

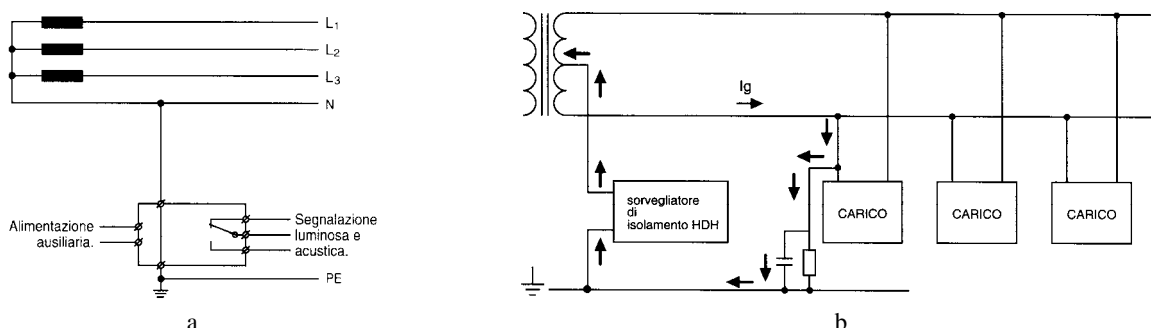


Fig. 4.78 - a) Inserimento del dispositivo di sorveglianza permanente del livello di isolamento su un sistema IT - b) Inserimento del dispositivo di sorveglianza permanente dell'isolamento sui circuiti di un ospedale, realizzati per separazione elettrica. Le frecce indicano il percorso seguito da un'eventuale corrente di guasto a massa.

4.17 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.

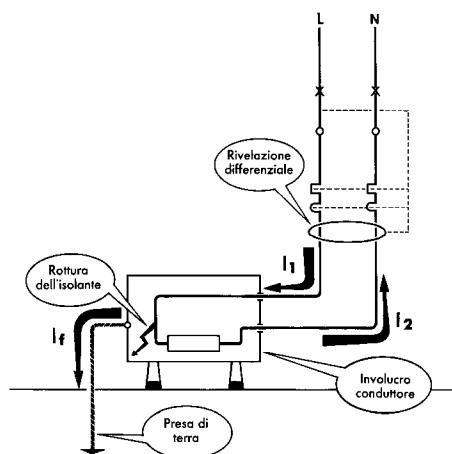
Come si è detto in precedenza, per un corretto funzionamento di questo interruttore è indispensabile che tutte le parti metalliche degli utilizzatori siano messe a terra.

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.

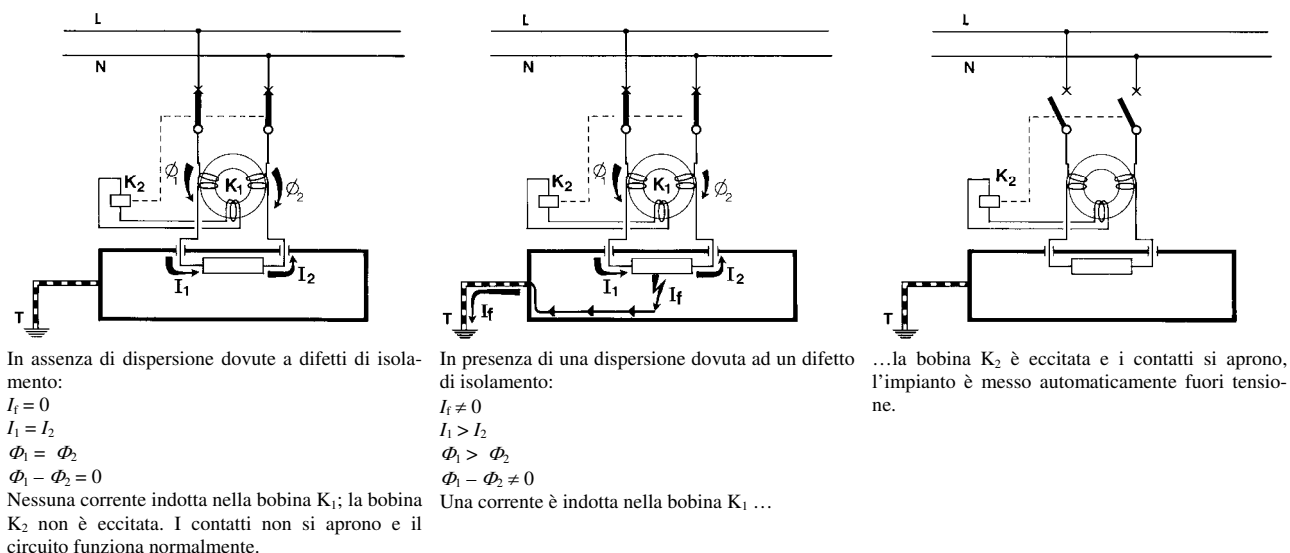
L'organo rilevatore è rappresentato da un trasformatore con un nucleo toroidale entro il quale vengono fatti passare tutti i conduttori di linea (compreso l'eventuale neutro), realizzando così il primo avvolgimento. Il secondo avvolgimento, invece, è costituito da un sottile conduttore, avvolto sul nucleo, 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. 4.79 - Principio di funzionamento di una protezione differenziale (Legrand).



In assenza di dispersione dovute a difetti di isolamento:
 $I_f = 0$
 $I_1 = I_2$
 $\Phi_1 = \Phi_2$
 $\Phi_1 - \Phi_2 = 0$
 Nessuna corrente indotta nella bobina K_1 ; la bobina K_2 non è eccitata. I contatti non si aprono e il circuito funziona normalmente.

In presenza di una dispersione dovuta ad un difetto di isolamento:
 $I_f \neq 0$
 $I_1 > I_2$
 $\Phi_1 > \Phi_2$
 $\Phi_1 - \Phi_2 \neq 0$
 Una corrente è indotta nella bobina K_1 ...

...la bobina K_2 è eccitata e i contatti si aprono, l'impianto è messo automaticamente fuori tensione.

Fig. 4.80 - 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.

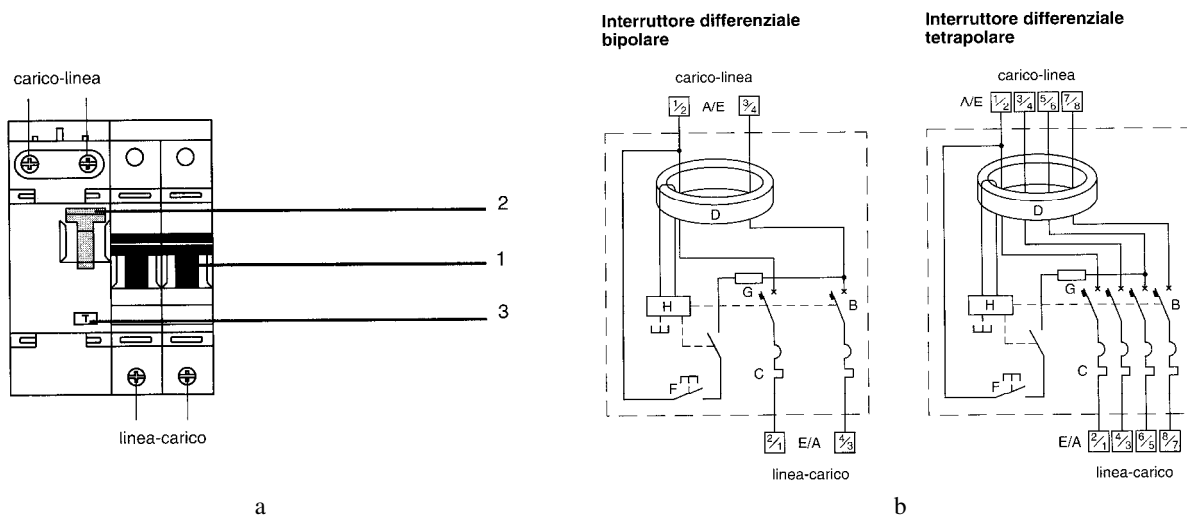


Fig. 4.81 - a) Esempio di interruttore magnetotermico differenziale modulare bipolare : 1) leva di azionamento - 2) leva di riarmo e segnalazione intervento differenziale - 3) tasto di prova - **b)** Esempi di schemi interni di interruttori magnetotermici differenziali bipolare, tetrapolare: A/E) morsetti - 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.

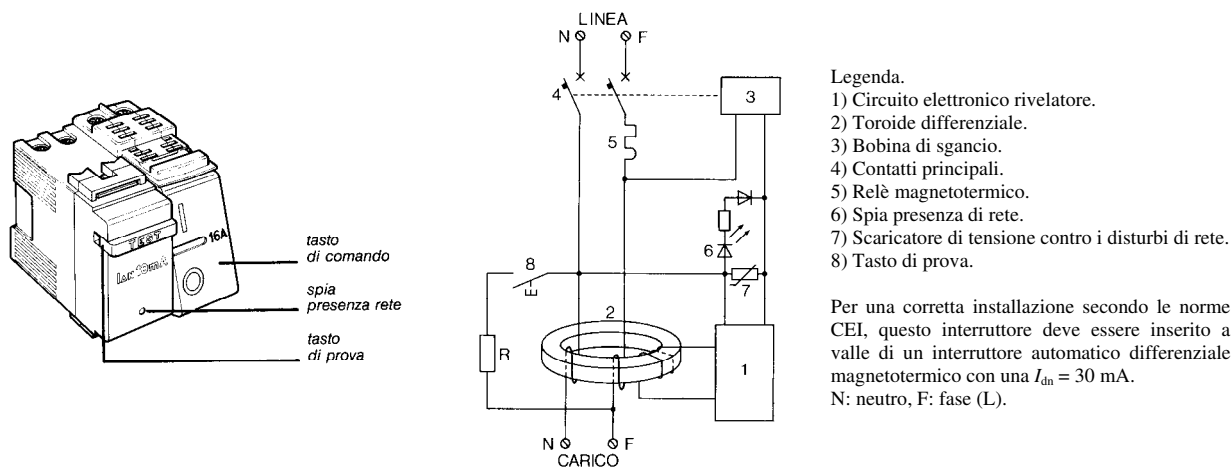


Fig. 4.82 - Esempio di interruttore di piccole dimensioni magnetotermico differenziale con una $I_{dn} = 10$ mA, correnti nominali da 6, 10, 16 A, tensione nominale di 230 V AC 50 Hz, potere di interruzione da 1,5 a 3 kA (bticino).

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.

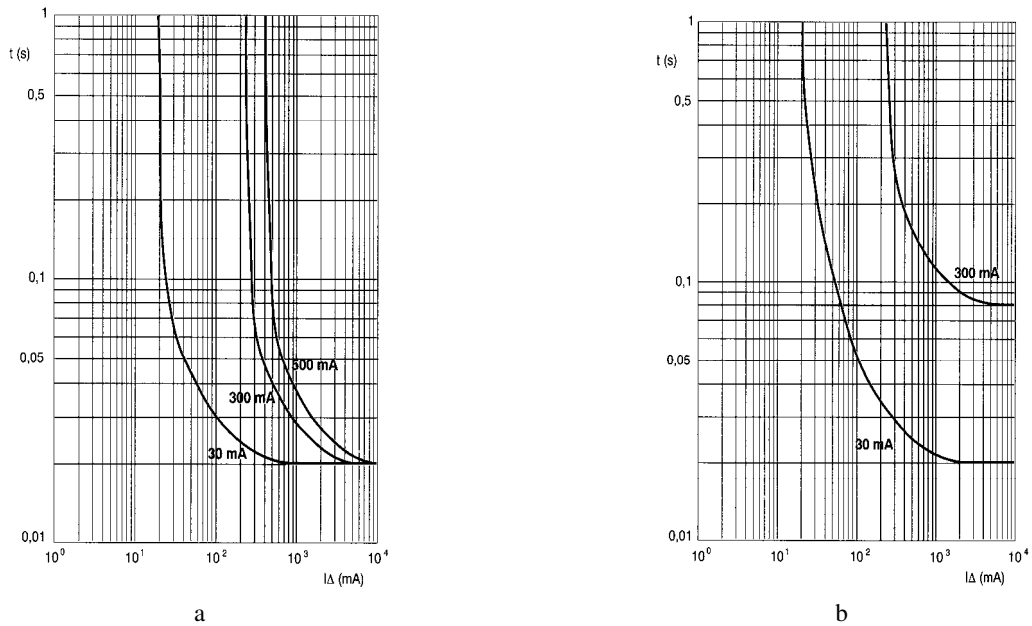


Fig. 4.83 - Caratteristiche di intervento: a) Differenziale degli interruttori magnetotermici differenziali Btdin 3. I_{dn} : 30 mA, 300 mA, 500 mA - b) Differenziali puri di tipo selettivo (S). I_{dn} : 30 mA, 300 mA.

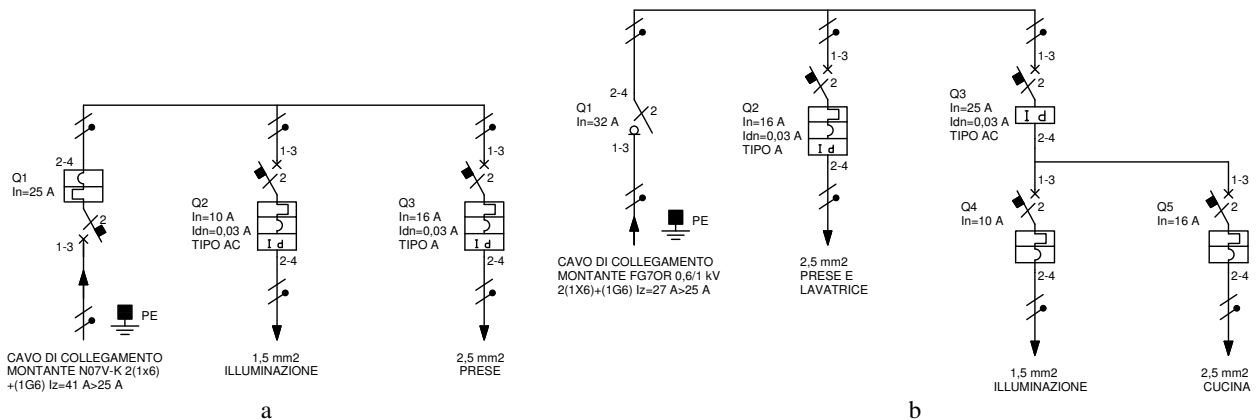


Fig. 4.84 - Esempi di applicazione di interruttori magnetotermici differenziali: a) Centralino residenziale per unità abitativa con una superficie $A \leq 50 \text{ m}^2$ livello 1, dotato di interruttore generale magnetotermico Q1 con una $I_n = 25 \text{ A}$ e due interruttori magnetotermici differenziali Q2 e Q3 con $I_{dn} = 0,03 \text{ A}$ e rispettivamente una $I_n = 10 \text{ A}$ per la linea illuminazione e una $I_n = 16 \text{ A}$ per la linea prese - b) Centralino residenziale per unità abitativa con una superficie $50 \text{ m}^2 < A \leq 75 \text{ m}^2$ livello 1, dotato di interruttore generale di manovra sezionatore Q1 non automatico, un interruttore magnetotermico differenziale Q2 con $I_{dn} = 0,03 \text{ A}$ e una $I_n = 16 \text{ A}$ per la linea prese e lavatrice, un interruttore differenziale puro Q3 con $I_{dn} = 0,03 \text{ A}$ e due interruttori magnetotermici Q4 e Q5 rispettivamente con una $I_n = 10 \text{ A}$ per la linea di illuminazione e una $I_n = 16 \text{ A}$ per la linea cucina.

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, regolatori 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 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.

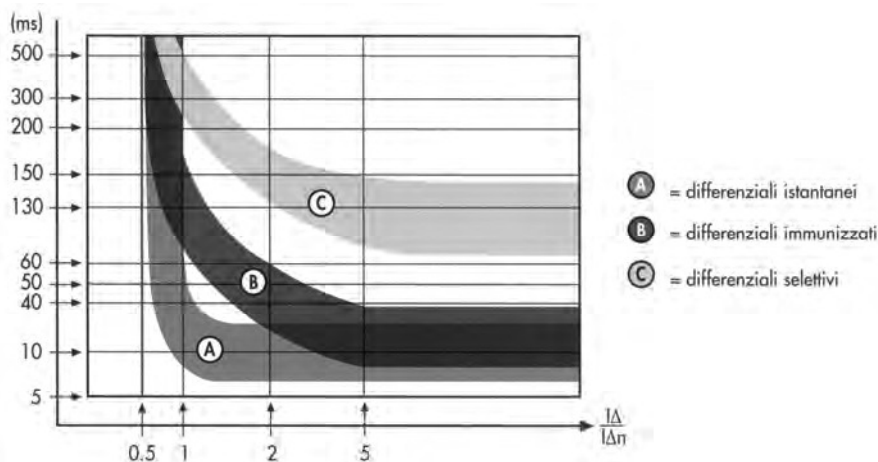


Fig. 4.85 - Caratteristica di intervento degli interruttori differenziali (Gewiss).

Nella tab. 4.53 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 massimo d'interruzione [s]	0,5	0,2	0,15	0,15
S	Tempo minimo di non funzionamento	0,13	0,06	0,05	0,04

Tab. 4.53 - 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).

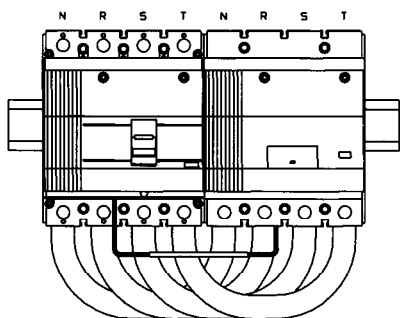
Per ciò che concerne gli interruttori differenziali per uso industriale, la norma di riferimento è la CEI EN 60947-2 A1 che contempla gli apparecchi differenziali con la funzione differenziale incorporata nell'interruttore.

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. 4.87a 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 $I_{dn} = 1 \text{ A}$ ed in un tempo limite di non intervento pari a 1 s.



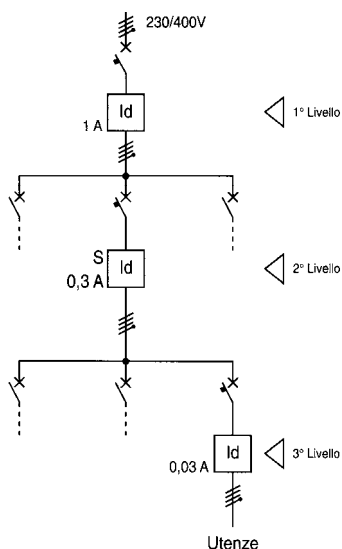
Per gli interruttori magnetotermici scatolati per impianti industriali sono disponibili appositi sganciatori per il montaggio affiancato all'interruttore o per il montaggio sottoposta. Questi sganciatori, realizzati con tecnologia elettronica, agiscono direttamente sull'interruttore mediante un solenoide 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.

Fig. 4.86 - Esempio di montaggio affiancato di uno sganciatore differenziale per interruttori scatolati per impianti industriali.

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. 4.87b), non sovrappondendosi 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, $I_{dn} = 1 \text{ A}$ e tempo limite di non intervento pari a 1 s.

2° livello.
Interruttore differenziale di tipo S, $I_{dn} = 0,3 \text{ A}$ e tempo limite di non intervento pari a 0,5 s.

3° livello.
Interruttore differenziale di uso generale, $I_{dn} = 0,03 \text{ A}$, senza ritardo intenzionale.

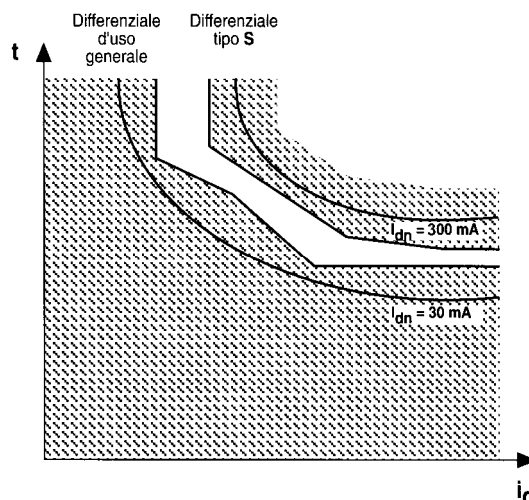


Fig. 4.87 - a) Selettività verticale realizzata con interruttori differenziali posti a tre differenti livelli circuitali - b) La non sovrapposizione in alcun punto delle curve di intervento differenziale garantisce la selettività tra il tipo S con $I_{dn} = 300 \text{ mA}$ posto al 2° livello e quello di uso generale $I_{dn} = 30 \text{ mA}$ 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 $0,5 \text{ A}$) è superiore alla soglia di intervento nominale dell'apparecchio a valle ($0,3 \text{ A}$).
- 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 ($0,5 \text{ s}$).

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 condizionata differenziale (I_{dc}).

4.18 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					
Inserzioni di lampade a scarica					
Inserzione di inverter					
Disinserzione di carichi induttivi					
Inserzione di linee con grandi capacità verso terra (linee lunghe o schermate)					
Inserzione di motori					
Inserzione di trasformatori					
Elevate correnti di inserzione					
CAUSE ESTERNE	DOMESTICO	TERZIARIO	INDUSTRIA	COMMERCIO	
Fulmini					
Manovre sulla rete					

Problema non presente

Problema poco frequente

Problema ricorrente

Fig. 4.88 - 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. 4.90b 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.

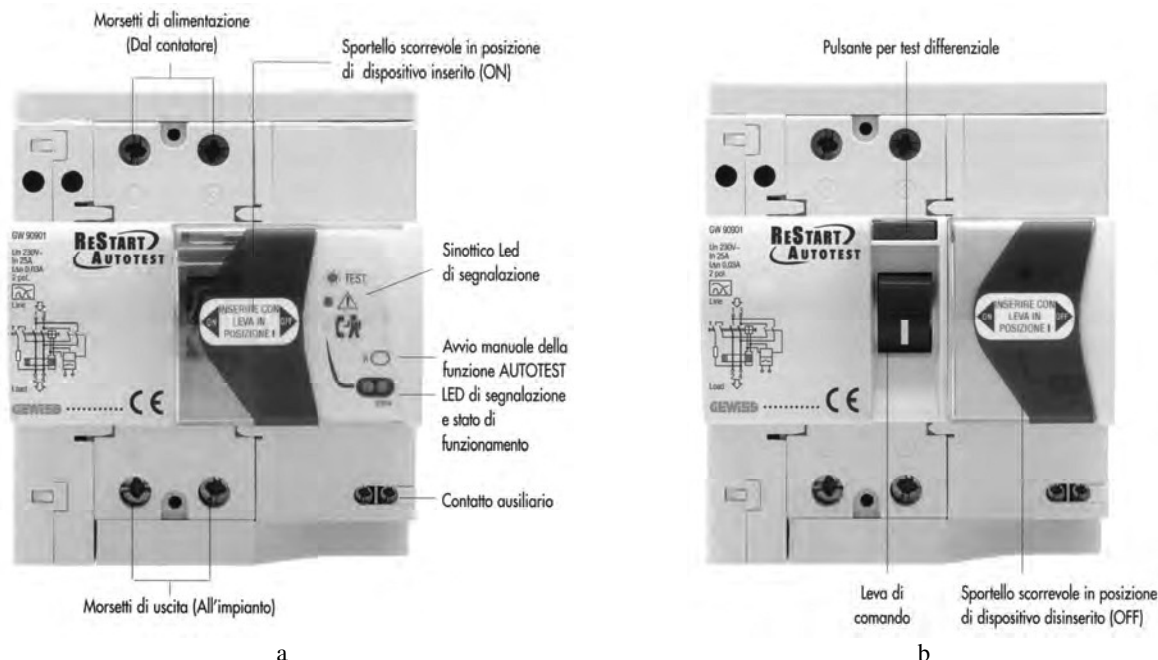


Fig. 4.89 - Interruttore differenziale della serie 90 ReStart e Autotest a 2 poli: a) Funzionamento automatico-autotest e ReStart attivi - b) Funzionamento manuale-autotest e ReStart non attivi (Gewiss).

L'autodiagnosi. L'interruttore mostrato nella fig. 4.89 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. 4.89.

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. 4.90.

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. 4.90c.

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.

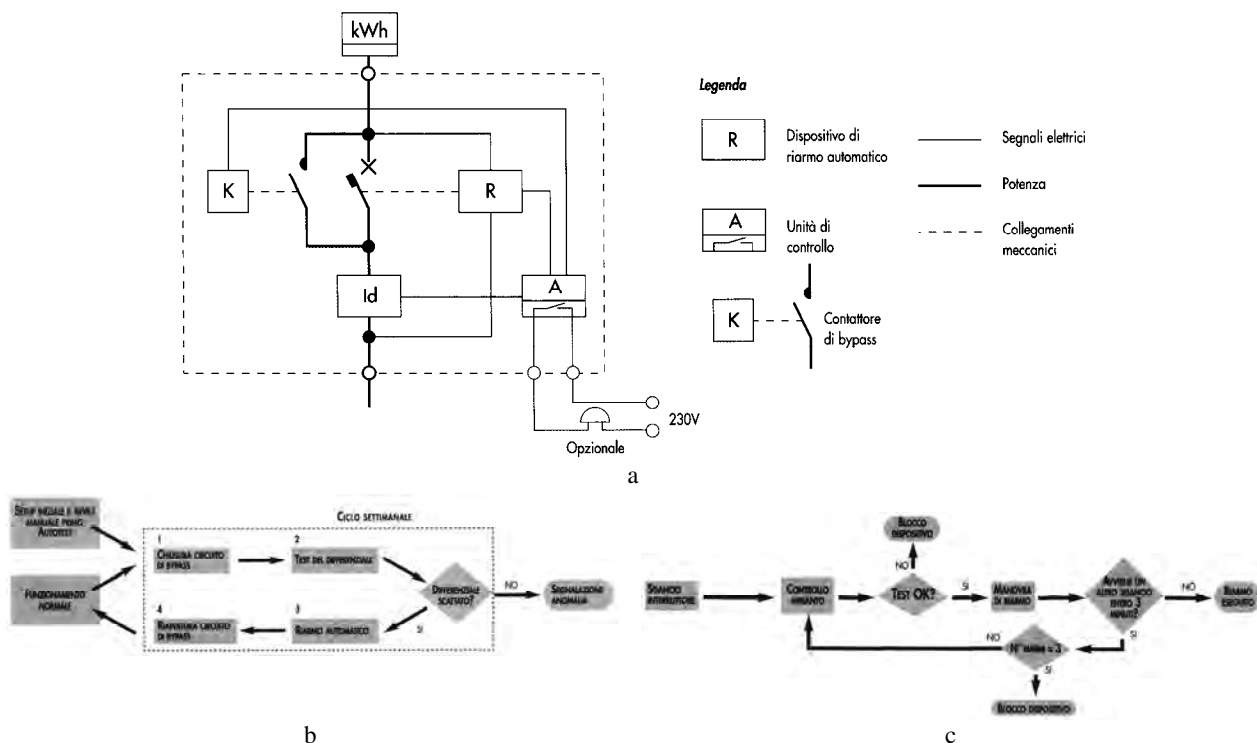


Fig. 4.90 - a) Schema elettrico interno di un differenziale a riarmo automatico - b) Ciclo di test settimanale - c) Ciclo di riarmo automatico (Gewiss).

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.

4.19 Interruttori a camme (nel CD-Rom allegato)

4.20 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.

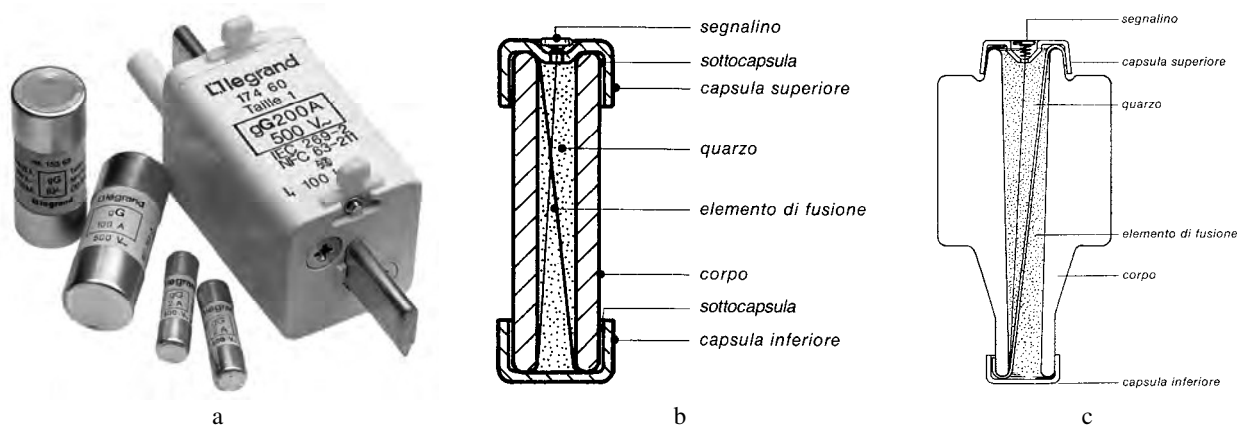


Fig. 4.95 - a) Esempio di fusibili cilindrici e di fusibile a coltello per uso industriale (Legrand) - b) Elementi caratteristici dei fusibili cilindrici - c) Elementi caratteristici dei fusibili tipo D (WEBER).

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:

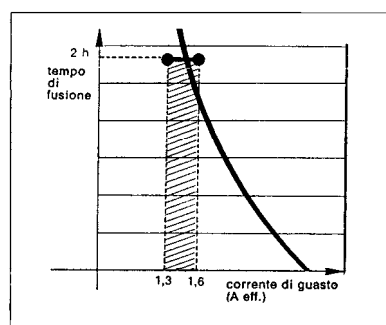
- la *tensione nominale* U_n - esprime la massima tensione di esercizio;
- la *corrente nominale* I_n - indica la massima corrente che il fusibile può sopportare in modo continuo senza deteriorarsi;
- la *corrente convenzionale di fusione* I_f - evidenzia il valore minimo della corrente che, per un prefissato 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	1,75 In	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 gl 100 si ha dal grafico qui sopra:
Inf = 1,3 In If = 1,6 In

Fig. 4.96 - Legame tra portata, corrente di non fusione, corrente di fusione e tempo convenzionale (WEBER).

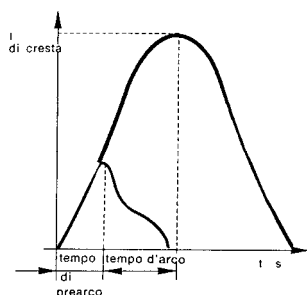


Fig. 4.97 - Grafico rappresentante gli impulsi termici di prearco e di arco (WEBER).

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;

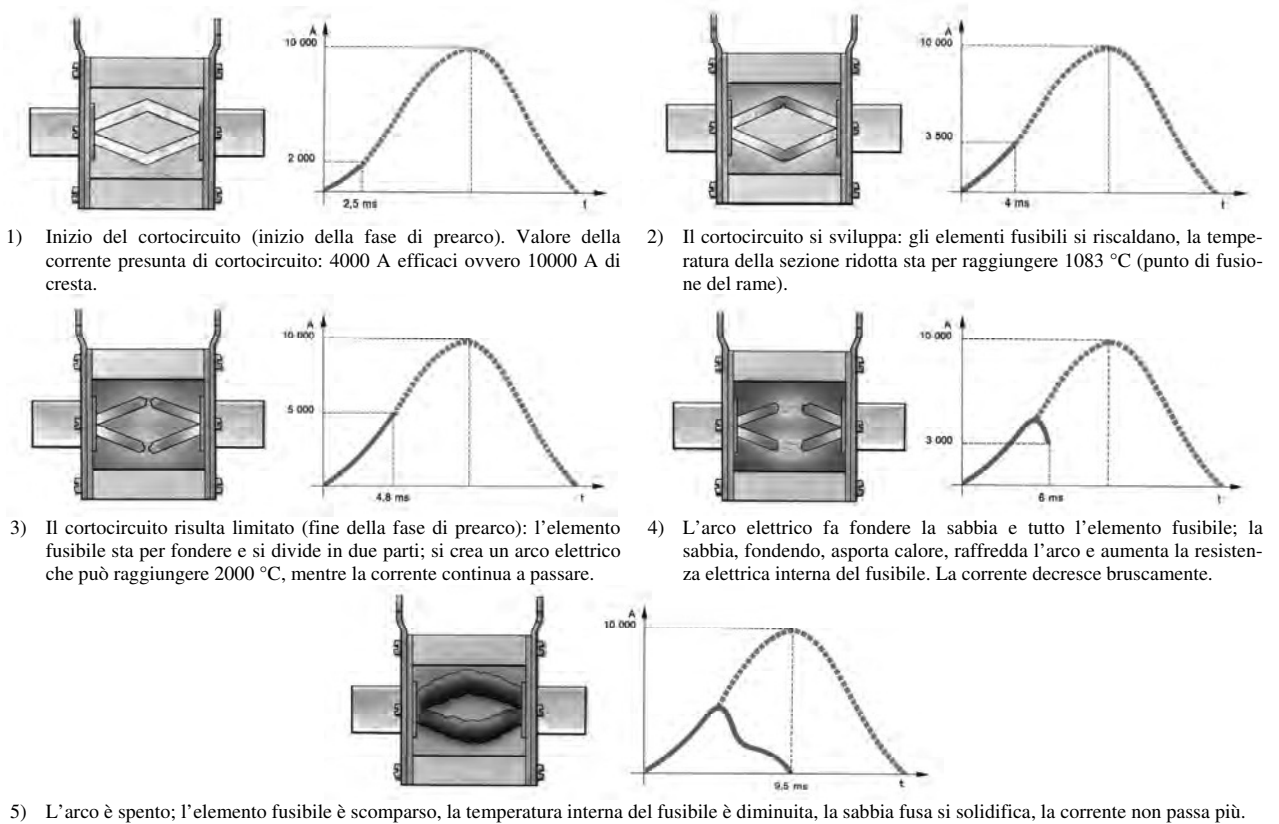
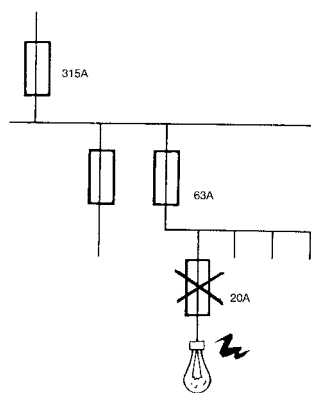


Fig. 4.98 - Comportamento di un fusibile durante il cortocircuito (Legrand).



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.

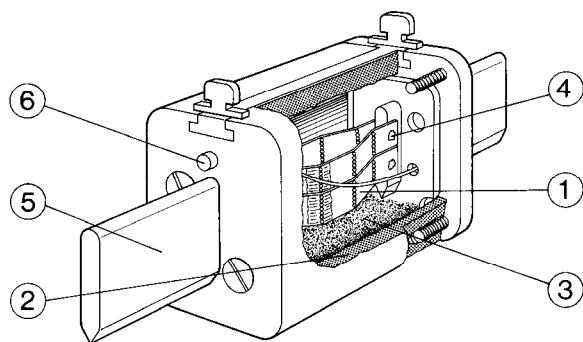
Fig. 4.99 - Selettività mediante l'uso dei fusibili.

- 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 sopporta 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.

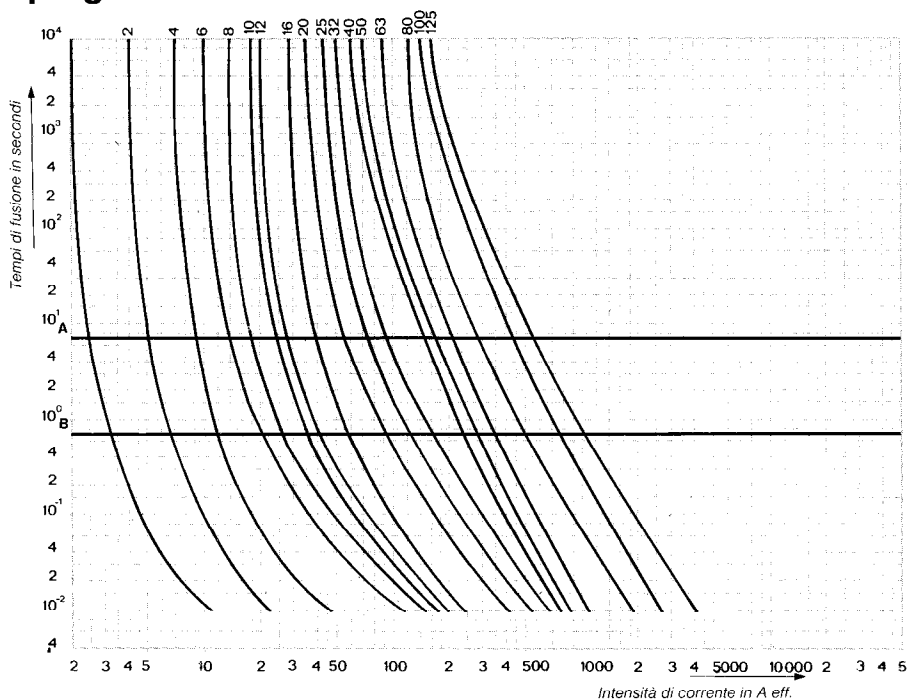
Fig. 4.100 - Elementi fondamentali di un fusibile a coltello tipo NH per uso industriale (Legrand).

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



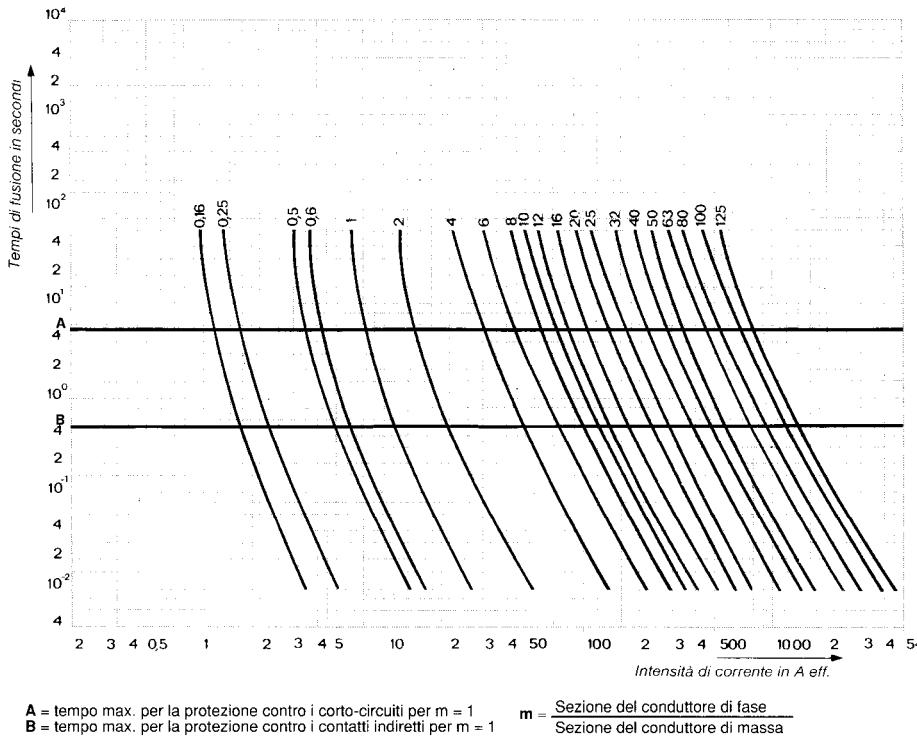
Valori massimi dell'energia specifica passante in A²s.

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

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 = Sezione del conduttore di fase / Sezione del conduttore di massa

Fig. 4.101 - Esempio di curve di fusione dei fusibili cilindrici tipo gG (Legrand).

tipo aM



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. 4.102 - 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.

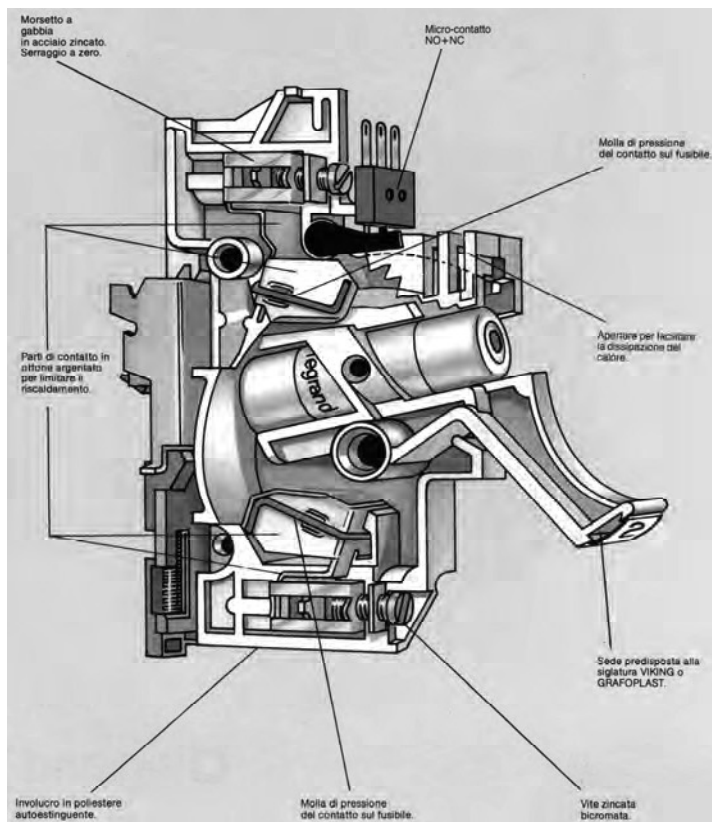
Questi tipi di portafusibili sono disponibili in svariate versioni:

- 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. 4.103a, 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.

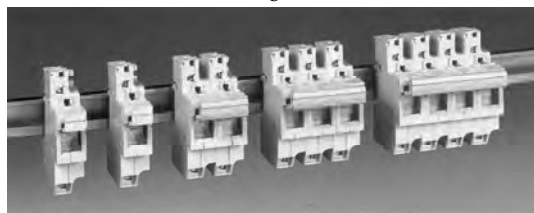
Per quanto riguarda la manutenzione, occorre ricordare che la sostituzione dei fusibili deve avvenire solo dopo aver aperto l'interruttore generale della macchina o dell'impianto e, per questo motivo, è necessario installarli sempre a valle di tale interruttore. Occorre fare attenzione, durante il cablaggio 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.



a



b



c



d



e

Fig. 4.103 - 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.

4.21 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.

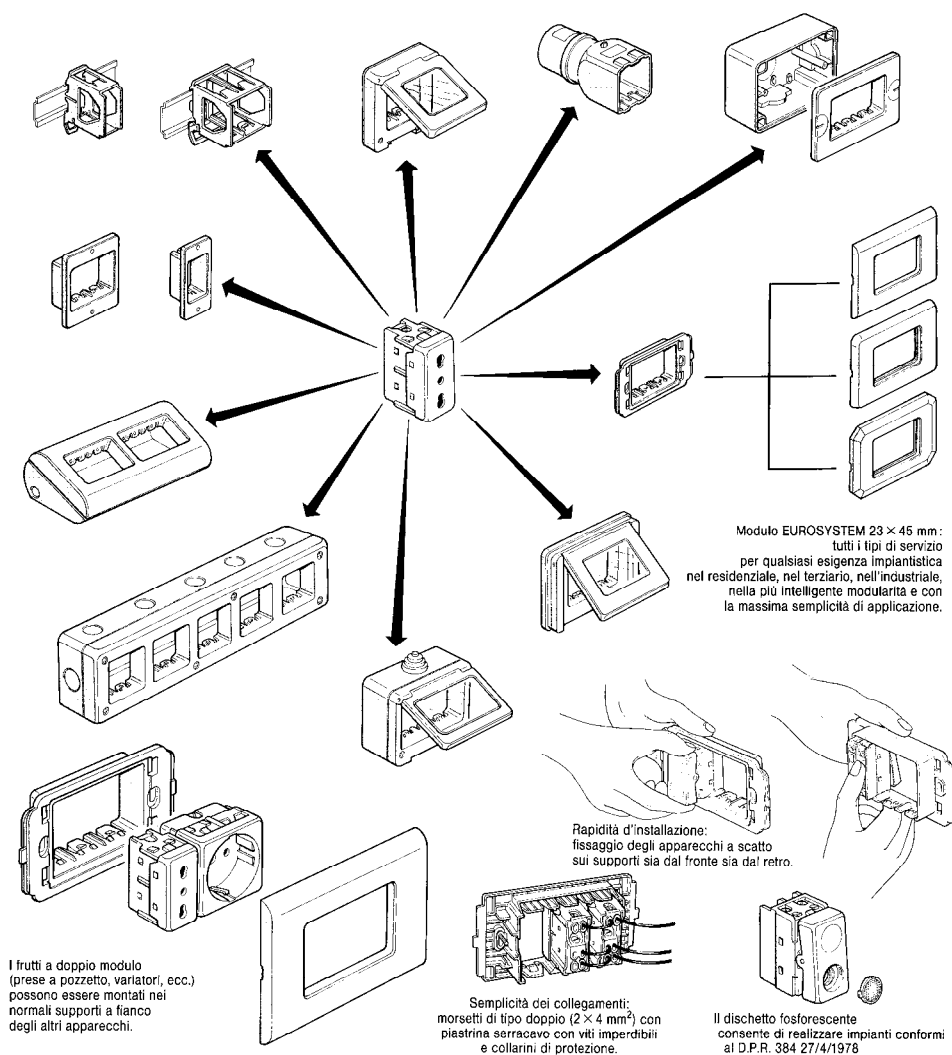


Fig. 4.104 - Esempio di installazioni ed applicazioni di apparecchi modulari (Gewiss).

4.22 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.

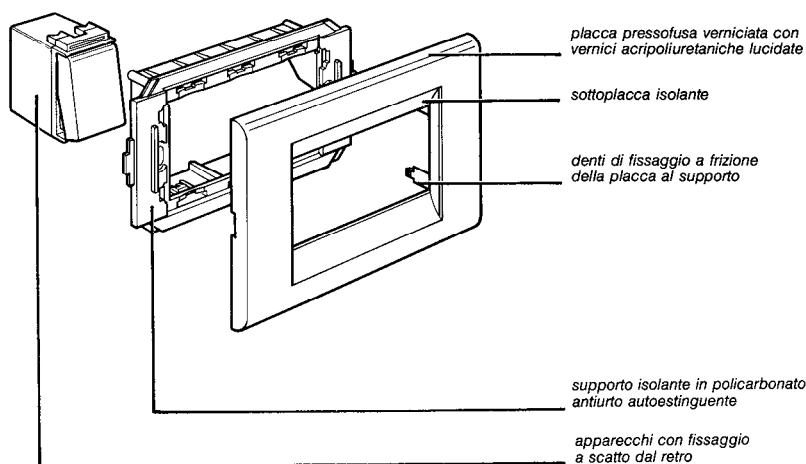


Fig. 4.105 - Esempio di fissaggio di apparecchiature modulari al supporto e alla placca (bticino).

4.23 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.

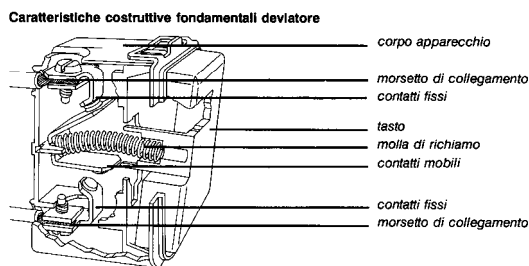
Un deviatore, se inserito in un impianto insieme ad un altro deviatore, consente di aprire e chiudere un circuito da due punti diversi. Si pensi, per esempio, al caso di un gruppo di lampade (una o più lampade) comandate da due punti: azionando indifferentemente uno dei due deviatori, è possibile accendere 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. 4.106 - Caratteristiche costruttive di un deviatore unipolare. Caratteristiche nominali e classificazione secondo le norme CEI degli apparecchi di comando per usi domestici e similari (bticino).

4.24 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.

4.25 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.

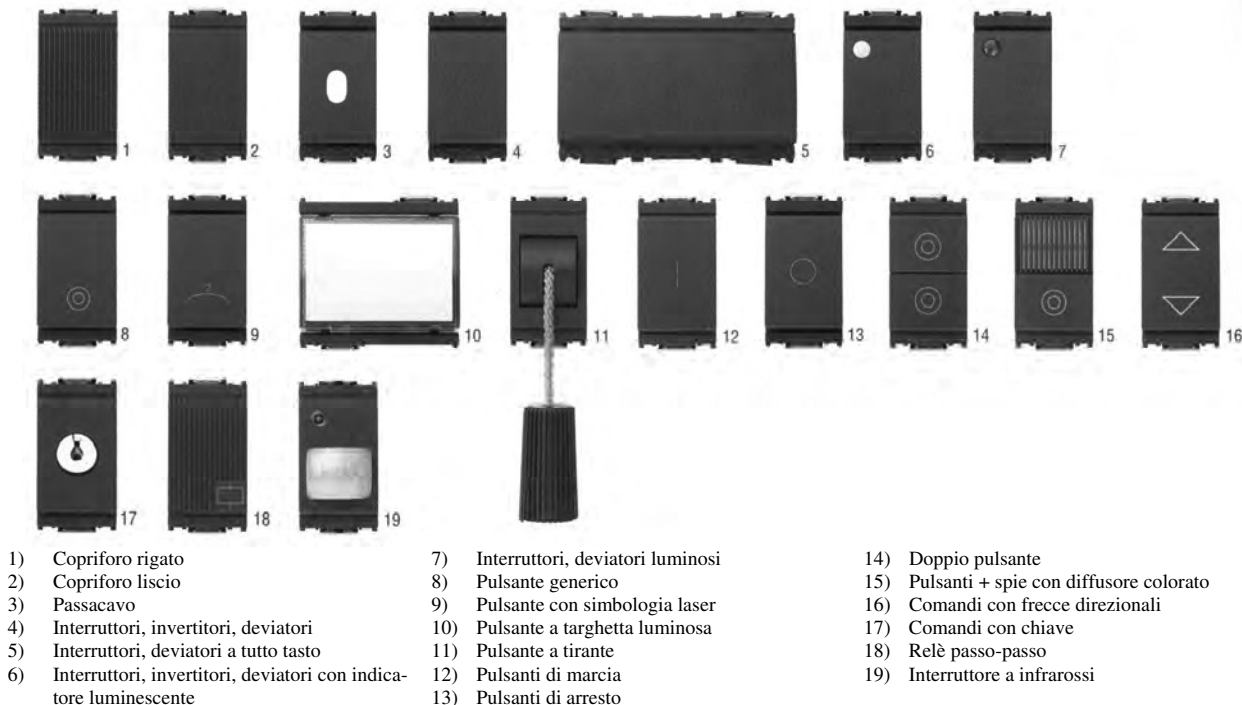


Fig. 4.107 - Panoramica degli apparecchi di comando modulari (VIMAR).

Interruttore	Commutatore	Deviatore	Invertitore

Fig. 4.108 - Simboli e schemi funzionali dei più comuni apparecchi di comando.

4.26 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 5, 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.

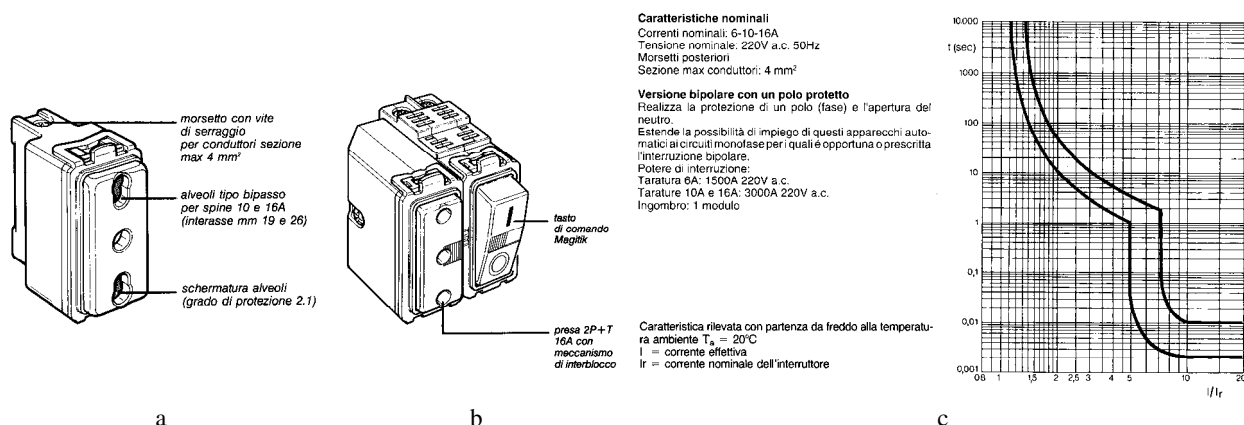


Fig. 4.109 - a) Presa a spina bypass ad alveoli schermati (1 modulo) - b) Presa interbloccata (Sicura) con un interruttore magnetotermico bipolare ad un polo protetto (2 moduli) - c) Caratteristica di intervento dell'interruttore magnetotermico inserito nella presa interbloccata (biticino).

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.

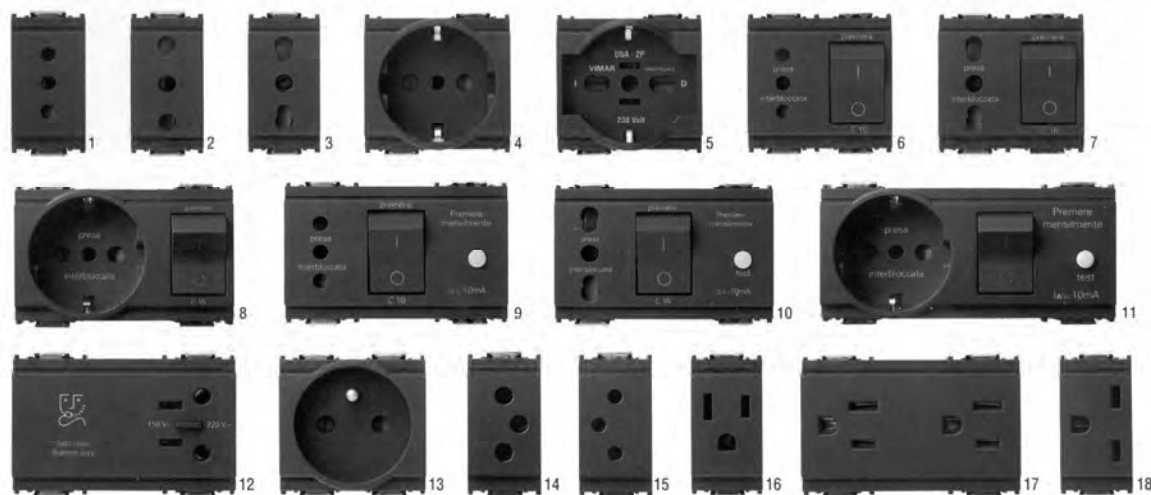
Attualmente sono sempre più utilizzate le prese bivalenti che consentono di effettuare il collegamento sia con spine da 10 A che con quelle da 16 A e adattatori sia con uscita semplice che con uscita bivalente, rispettivamente, da 10 A, 16 A, 10/16 A. Per quanto riguarda le abitazioni civili, è opportuno 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)
Pres a spina ad alveoli segregati	2P+PE	irreversibile	22	P13	10	AC	250	modulare	posteriore	4
Pres a spina ad alveoli segregati	2P+PE	irreversibile	22	P19	16	AC	250	modulare	posteriore	4
Pres a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P11	10	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Pres a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P17	16	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Pres a spina ad alveoli schermati	2P+PE	reversibile	21	P11/17	10 e 16	AC	250	modulare	posteriore	2x4
Pres 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. 4.110 - 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. 4.111 - 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 inserimento 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).

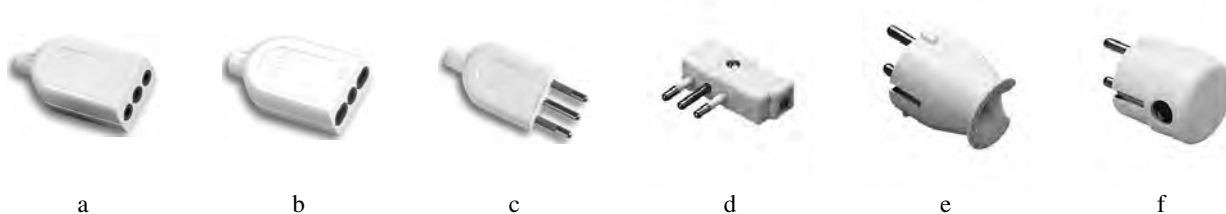


Fig. 4.112 - Esempi di prese mobili: a) Presa mobile, standard italiano 10 A, 250 V - b) Presa mobile bivalente, standard italiano 10/16 A, 250 V - Esempi di spine: c) Spina diritta standard italiano 10 A, 250 V - d) Spina a 90° standard italiano - e) Spina diritta standard tedesco/UNEL/francese con 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.

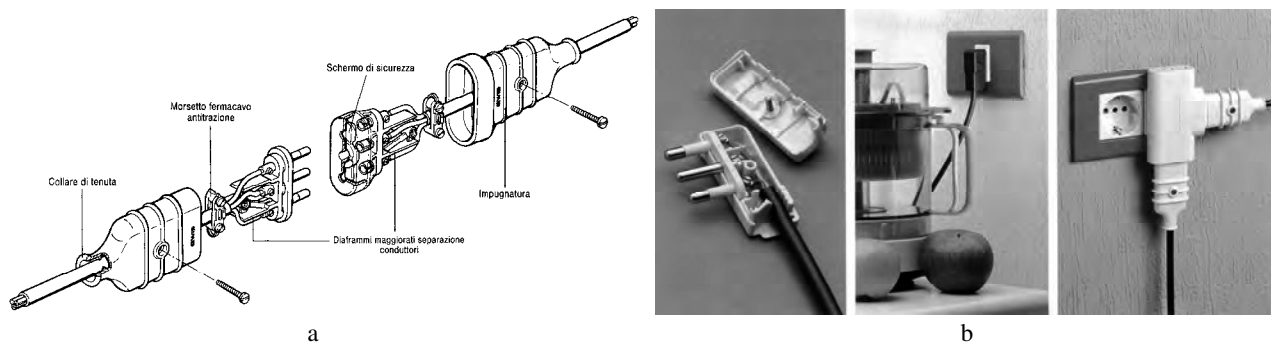


Fig. 4.113 - a) Esempio di presa mobile e spina diritta da 10 A e 16 A con schermo di sicurezza, 250 V AC, standard italiano - b) Esempi di applicazione di prese a spina a 90° (10 A e 16 A) e di un adattatore extrapiatto a tre uscite (10/16 A, max. 1500 W) per usi civili e similari, standard italiano (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. 4.114a) oppure con standard UNEL/bivalente, con terra laterale e centrale (fig. 4.114b).

Alcuni tipi sono provvisti di interruttore generale dotato di lampada spia che segnala quando le prese sono alimentate, come mostrato nella fig. 4.114b.

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.

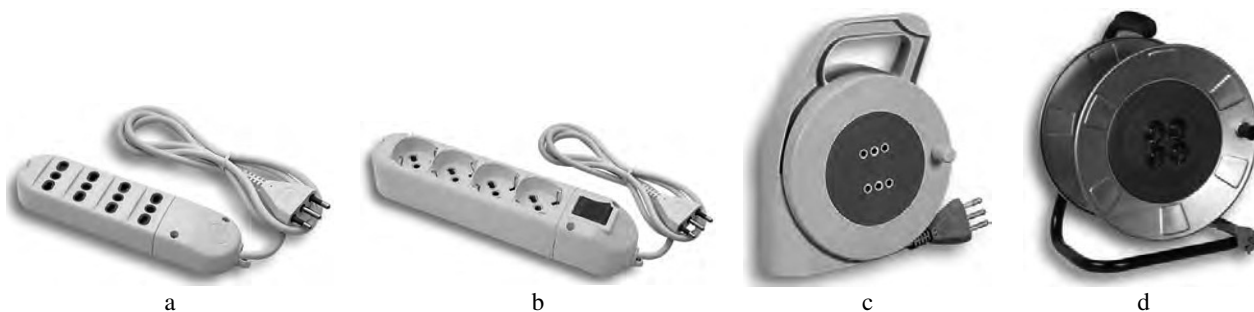


Fig. 4.114 - a) Prese mobili multiple, con 4 uscite bivalenti standard italiano 10/16 A, 250 V AC, 2P+PE - b) Prese mobili multiple, dotata di interruttore con spia, con 4 uscite standard UNEL/bivalenti con terra laterale e centrale 10/16 A, 250 V AC, 2P+PE - c) Prese mobili multiple con avvolgicavo, 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. 4.115b e 4.115e.

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. 4.115 - 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).

4.28 Pulsanti

Il pulsante (v. fig. 4.107) 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.

4.29 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.

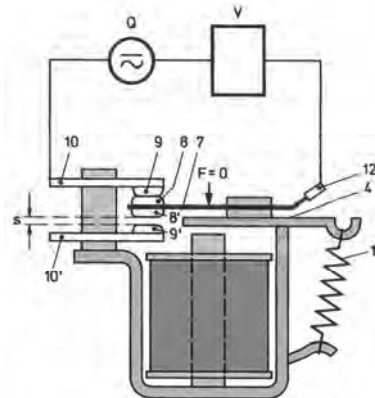
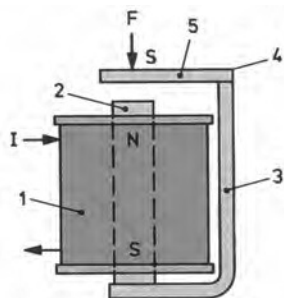
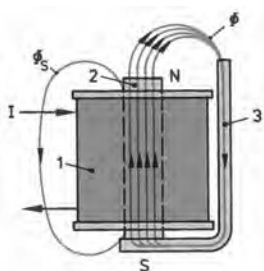
Il primo tipo preso in esame, mostrato nella fig. 4.121 e fig. 4.122, è il **relè monostabile o a rilascio**, nel quale trova posto una bobina con un nucleo ferromagnetico. Se la bobina viene percorsa da una corrente elettrica, si crea una forza che attrae un'ancora mobile.

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. 4.124.

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. 4.123.



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 = 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. 4.121 - Principio di funzionamento dei relè elettromeccanici monostabili.

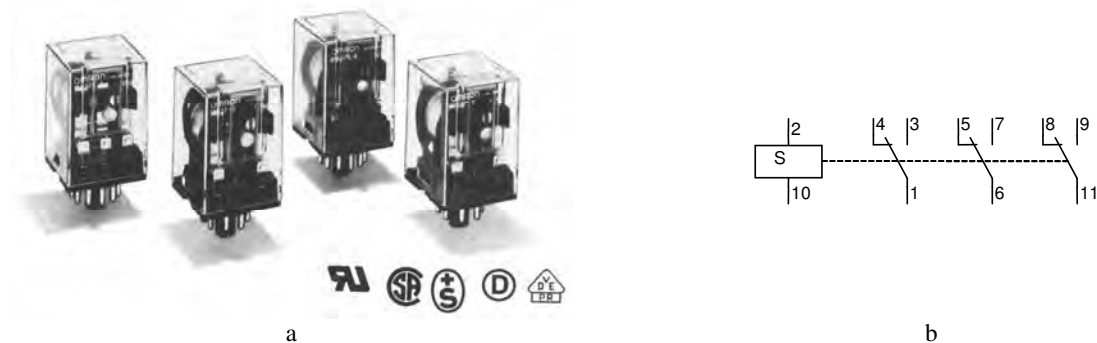


Fig. 4.122 - Esempio di relè monostabile tipo MK3P: a) Alcuni modelli disponibili - b) Collegamenti. Questi relè sono reperibili in commercio con i terminali ad innesto, con 2 o 3 contatti in deviazione, indicatore meccanico o a diodo LED e pulsante di prova. Sono disponibili modelli con bobina funzionante 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. 4.123 - 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. 4.124.

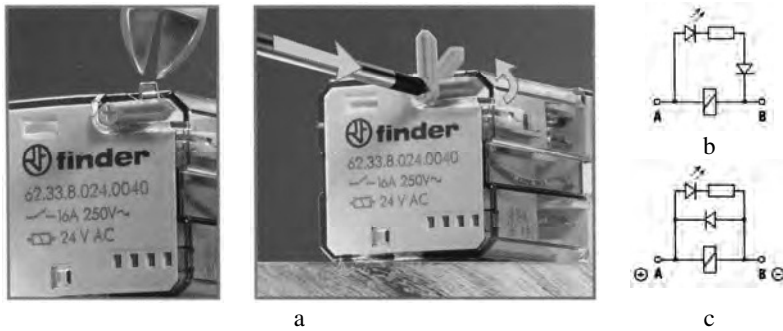


Fig. 4.124 - Varianti dei relè: a) Pulsante di prova bloccabile - b) Indicatore LED funzionante in AC - c) Indicatore LED funzionante in DC (Finder).

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. 4.126. 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°
<p>MORSETTI RELE</p>				

Fig. 4.125 - 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).

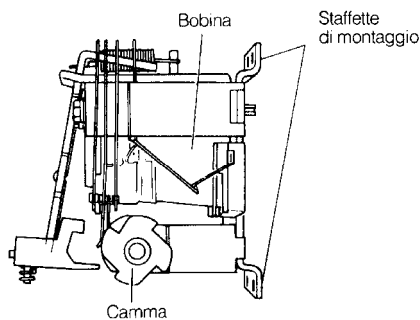


Fig. 4.126 - Meccanismo interno di un relè passo-passo elettromeccanico (Omron).

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.

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.

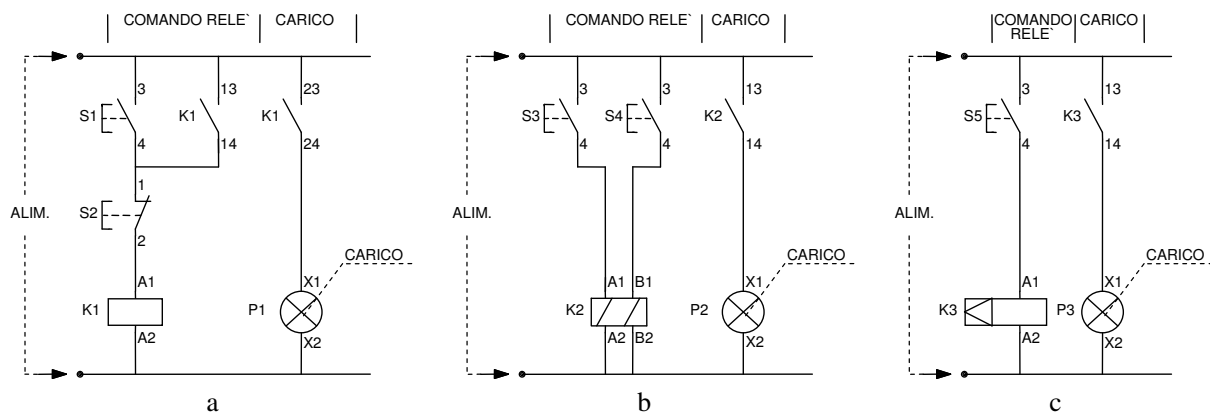


Fig. 4.127 - Tipi di comando di un relè: a) Monostabile - b) Bistabile - c) Passo-passo (interruttore).

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. 4.56 - 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.

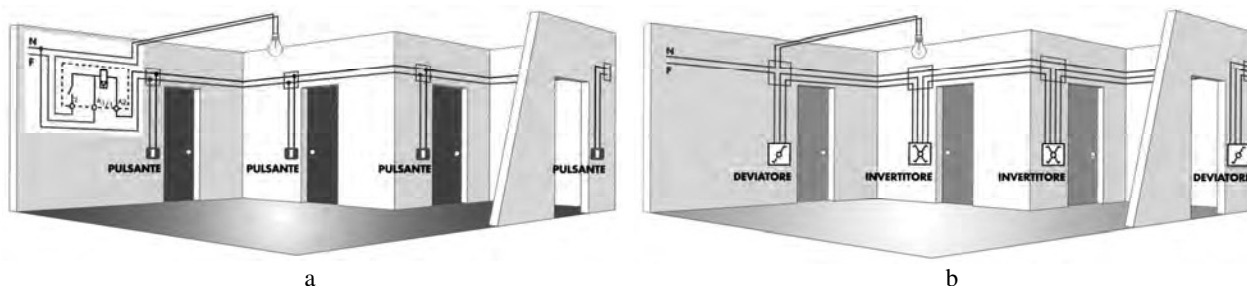


Fig. 4.128 - Confronto tra impianto relè interruttore (a) e impianto tradizionale (b) per il comando di un gruppo di lampade da quattro punti. Raffrontando le due soluzioni impiantistiche, si può constatare che, anche per la funzione di interruttore, l'impianto a relè risulta vantaggioso. Infatti per 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.

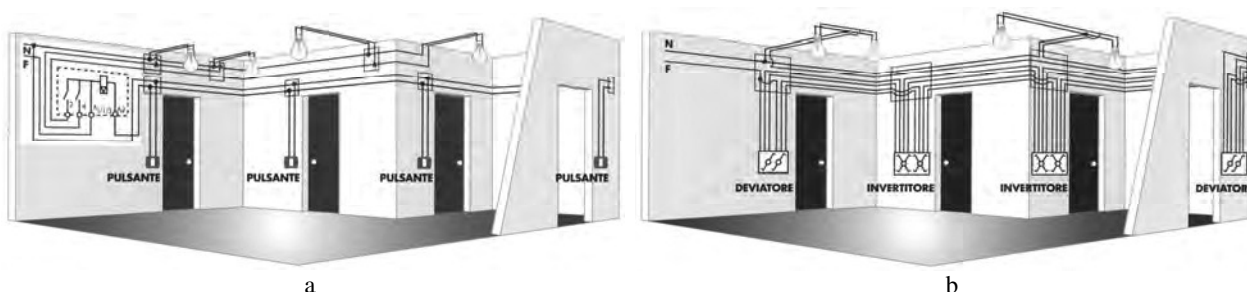


Fig. 4.129 - Confronto tra impianto relè commutatore (a) e impianto tradizionale (b) per il comando di due gruppi di lampade da quattro punti.

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.

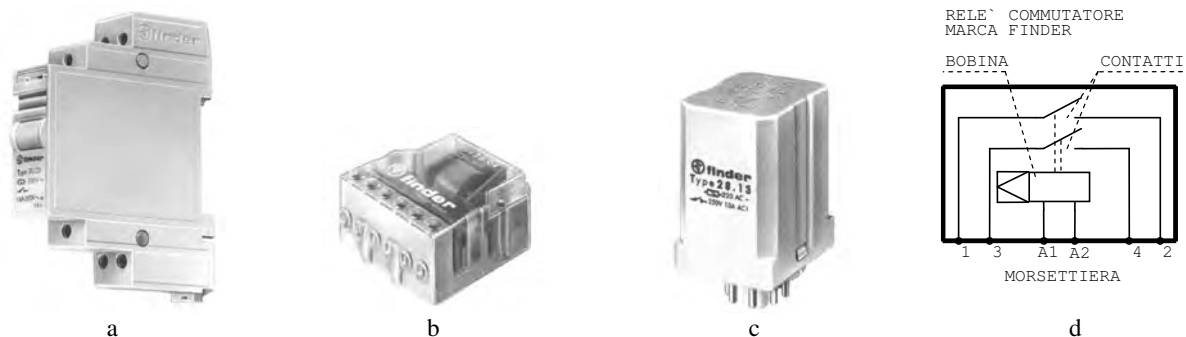


Fig. 4.130 - Esempi di relè passo-passo: a) Relè di potenza modulare (17,5 mm) - b) Relè con fissaggio a vite e morsettiera - c) Relè con connessioni mediante zoccolo octal - d) Morsettiera relè con fissaggio a vite e morsettiera, per le sequenze di lavoro vedere la tab. 4.56 (Finder).

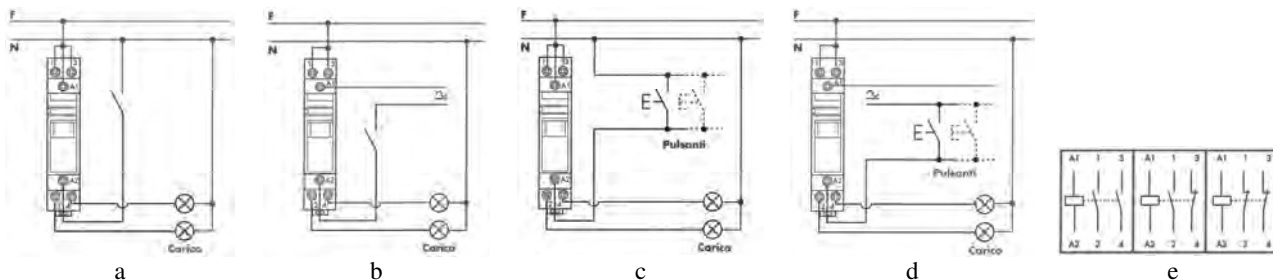


Fig. 4.131 - Schema di collegamento dei relè modulari: a) Tipo monostabile con alimentazione coincidente con la rete - b) Tipo monostabile con alimentazione del comando a bassa tensione - c) Tipo passo-passo con alimentazione coincidente con la rete - d) Tipo passo-passo con alimentazione del comando 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.

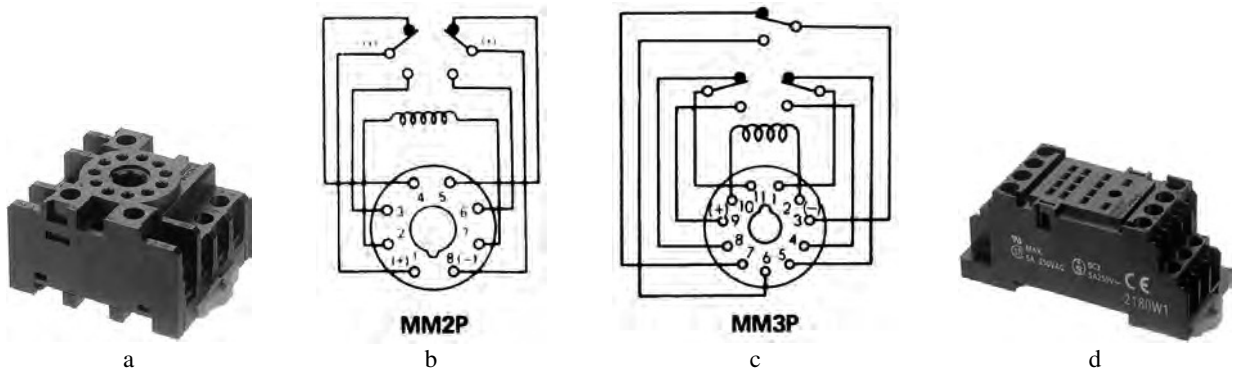


Fig. 4.132 - Zoccoli per relè elettromeccanici: a) Tipo circolare undecal - b) Collegamenti tipo circolare octal - c) Collegamenti tipo circolare undecal - d) Tipo rettangolare (Omron).

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.

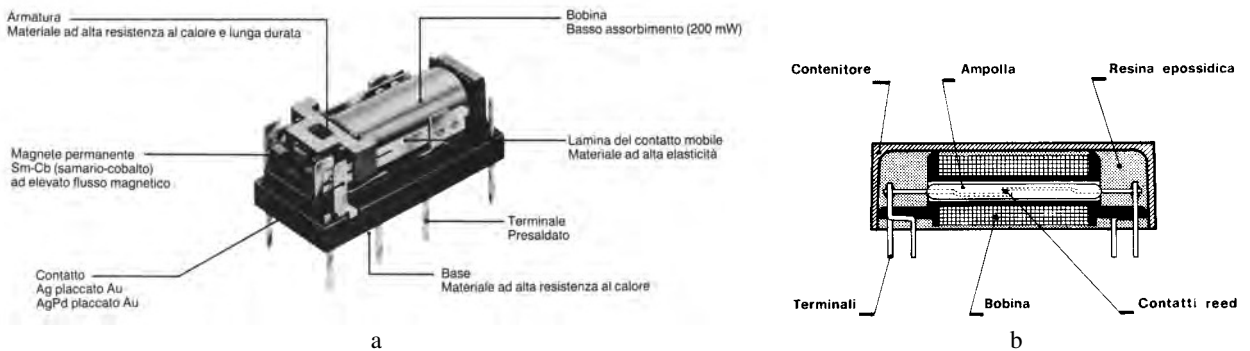


Fig. 4.133 - a) Esempio di relè miniaturizzato per circuiti stampati (Omron) - b) Relè reed: sezione interna.

La parte più delicata dei relè sono i contatti. La fig. 4.134 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.

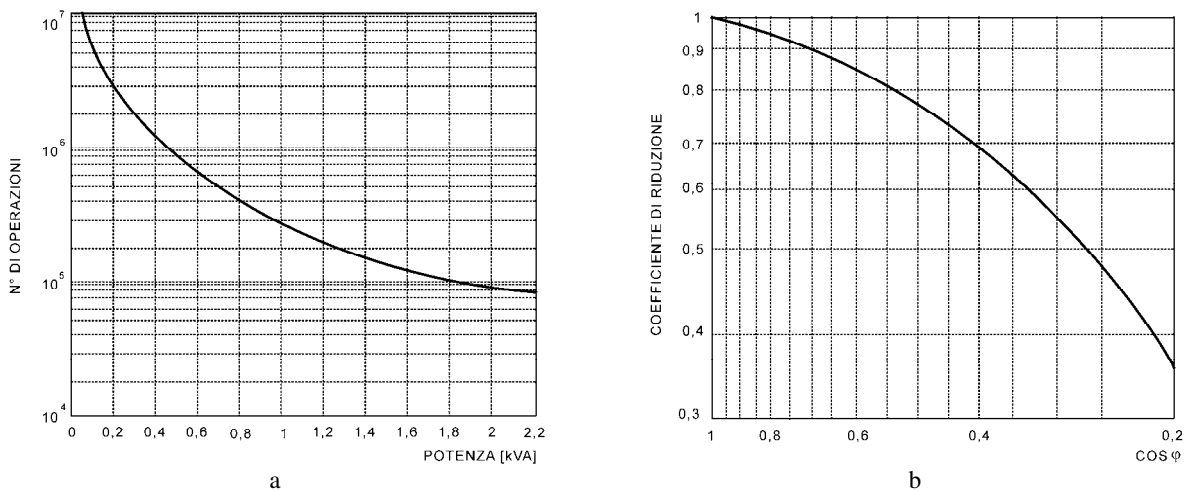


Fig. 4.134 - Curve caratteristiche dei relè elettromeccanici: a) Vita elettrica: numero delle operazioni in funzione della potenza commutata - b) Determinazione del coefficiente di riduzione da applicare alla vita elettrica di un relè in base al fattore di potenza del carico.

4.30 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.

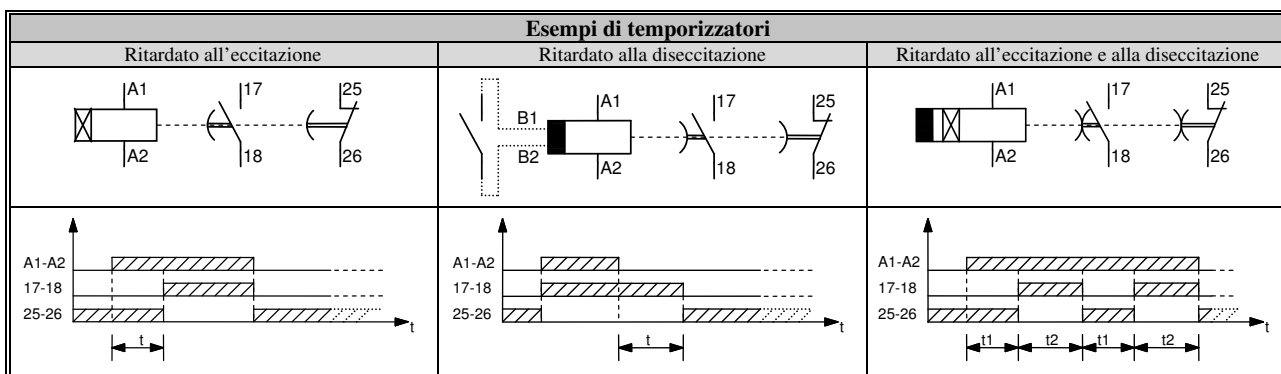


Fig. 4.135 - Schema di collegamento e diagramma di lavoro di temporizzatori elettronici: ritardato all'eccitazione, ritardato alla diseccitazione, ritardato all'eccitazione e alla diseccitazione. Il tipo ritardato alla diseccitazione può presentare in alcuni modelli i morsetti B1 e B2; in questo caso 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 °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.

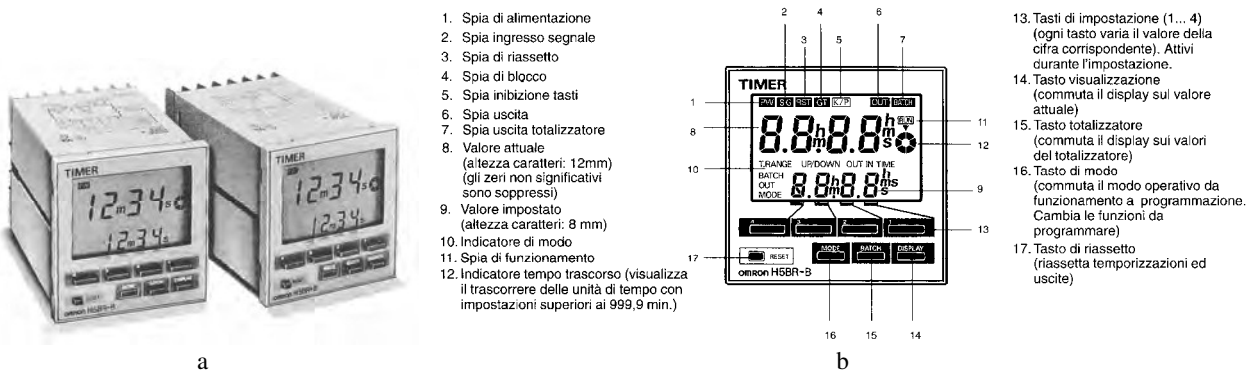
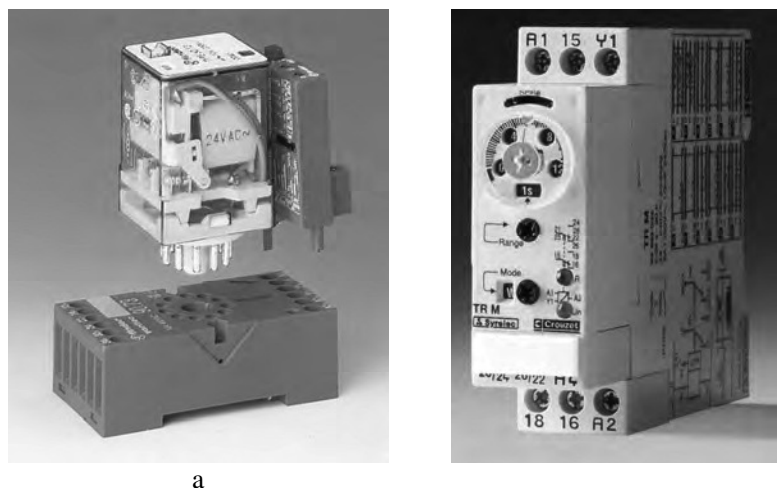


Fig. 4.136 - Esempio di temporizzatore elettronico digitale: a) Modello con dimensioni standard DIN 72x72 mm tipo H5BR - b) Descrizione del pannello frontale (Omron).

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. 4.137a. Mediante lo spostamento di appositi microselettori, è possibile commutare la gamma di taratura del tempo di ritardo.



a

b

Fig. 4.137 - 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 impostata 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'INSERIZIONE</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 DISINSERIZIONE CON TENSIONE AUSILIARIA</p>	<p> SCHEMA DI COLLEGAMENTO </p>

Fig. 4.138 - 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.

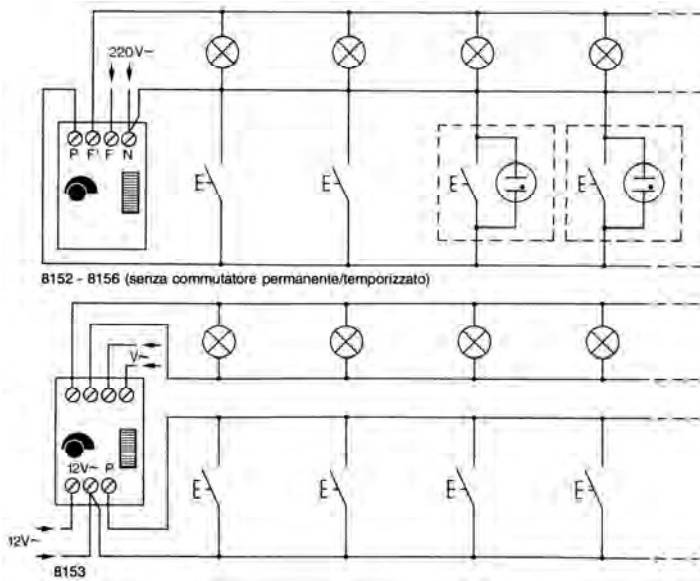
Questi temporizzatori possono essere inoltre utilizzati per l'illuminazione di cantine, aree di accesso all'edificio, impianti di aspirazione per cucine e bagni ciechi.

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. 4.139 - 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.

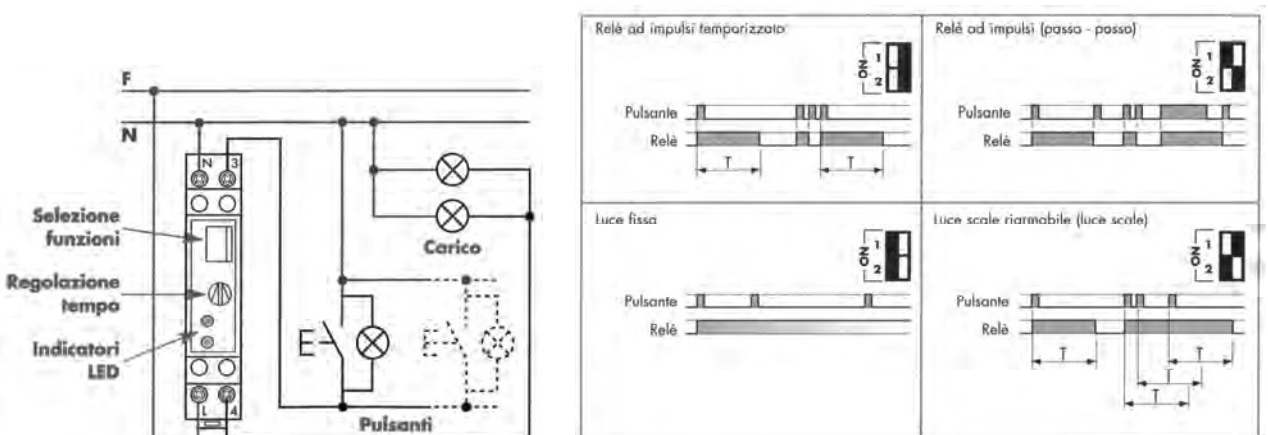


Fig. 4.140 - Schema di collegamento di un relè temporizzatore luce scale a 4 fili e a 4 funzioni. La funzione svolta deve essere impostata mediante dip-switch posti nel pannello frontale, ad ogni impostazione corrisponde un diagramma di lavoro. N: neutro, F: fase (L) (Finder).

4.31 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. 4.141a.

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.

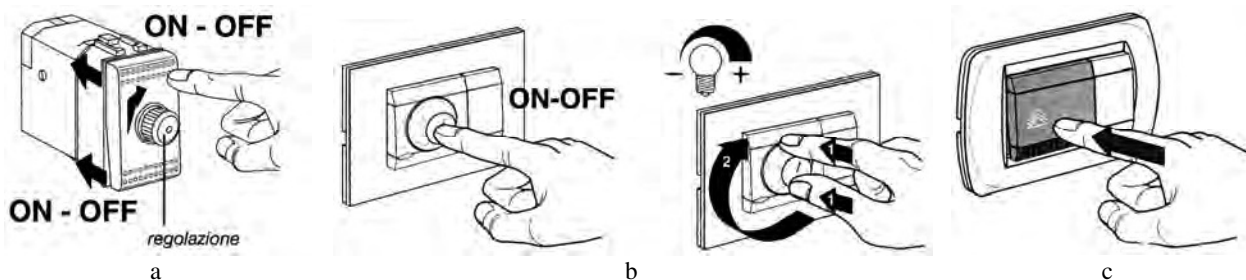


Fig. 4.141 - Variatori di luminosità, accensione/spengimento e regolazione: a) Modelli con manopola e deviatore incorporato (L/N/NT4402) - b) Modelli con manopola e pulsante (L/N/NT4403) - c) Modelli con pulsante (L/N/NT4413) (bticino).

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. 4.143b. 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.

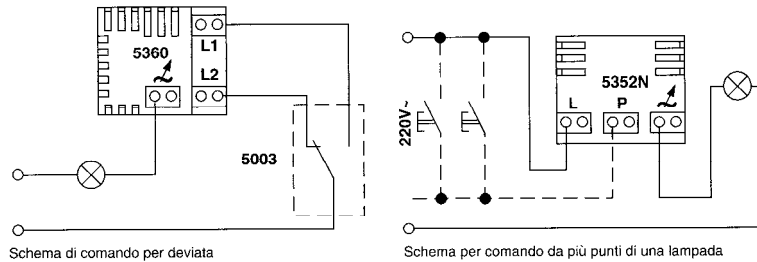
Per un corretto funzionamento di tutti i variatori, è opportuno tenere presente le seguenti raccomandazioni: non abbinare due o più variatori nella stessa scatola e non installare i variatori in scatole ove sono presenti termostati che possono venire influenzati dal calore prodotto dai variatori durante 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



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.

Fig. 4.142 - 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.

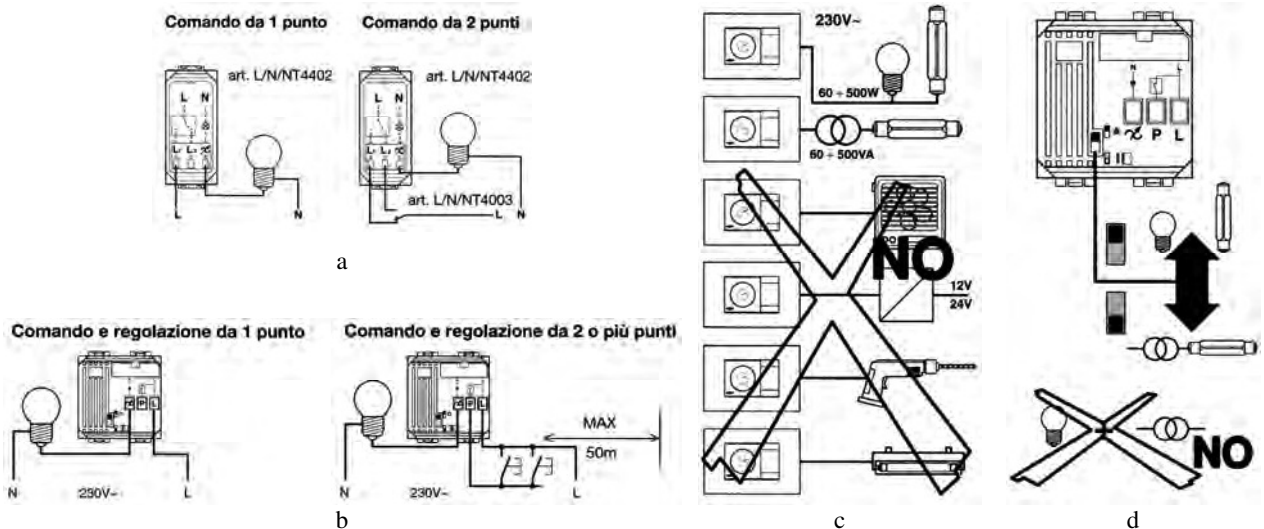


Fig. 4.143 - Variatori di luminosità: a) Schema di collegamento dei modelli con manopola e pulsante - b) Schema di collegamento dei modelli a manopola e pulsante oppure a pulsante - c) Modalità di utilizzo dei variatori con manopola e pulsante oppure solo pulsante - d) Predisposizione dei variatori per 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.

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. 4.156) 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. 4.145, il principio di funzionamento è schematizzato in fig. 4.144 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. 4.145b, 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.

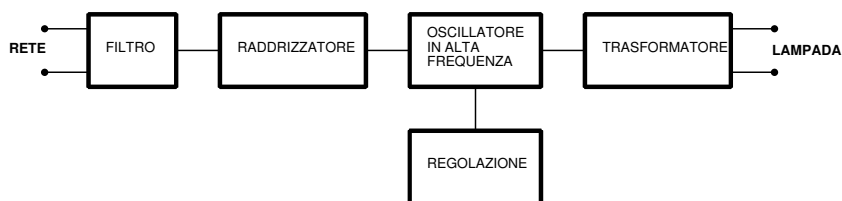


Fig. 4.144 - Schema a blocchi di un trasformatore elettronico.

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.

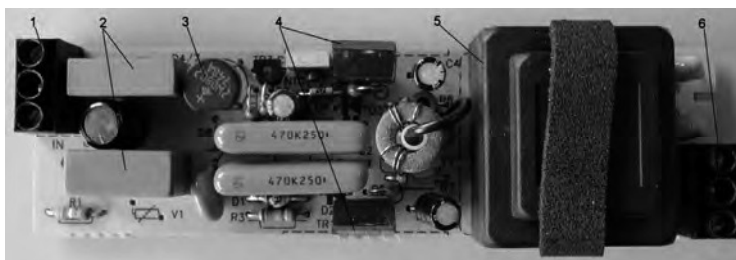


Caratteristiche tecniche.
Trasformatore elettronico per lampade alogene a bassissima tensione, dotato delle seguenti protezioni: contro i cortocircuiti e i sovraccarichi elettrici nonché contro le sovratemperature ambientali. Primario: $U_{in} = 230\text{ V AC}$, $I_{in} = 0,23\text{ A}$, $50\div 60\text{ Hz}$ e secondario $U_{out} = 12\text{ V AC}$, $P = 10\div 60\text{ W}$, temperatura ambiente $t_a = 0\div 40\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura massima rilevabile sulla custodia nel punto $t_c = 93\text{ }^\circ\text{C}$, equivalente ad un’alimentazione in bassissima tensione di sicurezza SELV.

a

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.



b

Fig. 4.145 - 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. 4.57 - 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 interno al trasformatore elettronico. La sezione del cavo deve essere scelta in conformità della tab. 4.58.

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. 4.58 - Tabella per la scelta della sezione del cavo della linea a 12 V in funzione della potenza P e della lunghezza l (Relco).



Fig. 4.146 - 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.

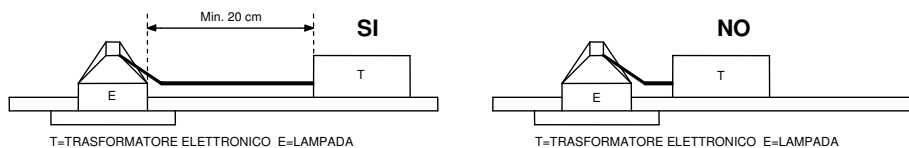


Fig. 4.147 - Posizionare il trasformatore (T) lontano da fonti di calore (per esempio, apparecchi illuminanti E) ad una distanza minima di 20 cm (Relco).

- 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).

4.32 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.

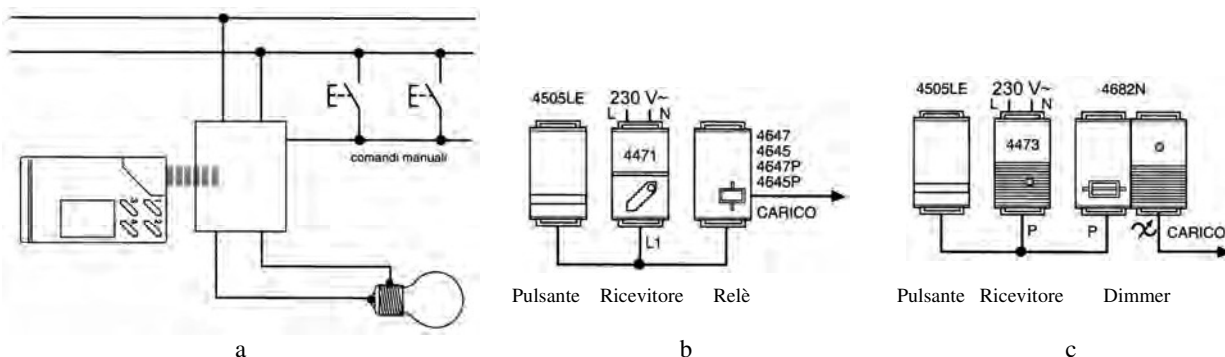
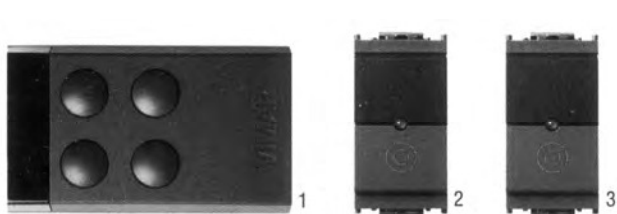


Fig. 4.148 - a) Schema di principio del telecomando a raggi infrarossi - b) Telecomando da più punti mediante relè - c) Telecomando da più punti di un dimmer (biticino).

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. 4.149 - Telecomandi a raggi infrarossi (VIMAR).

4.33 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.

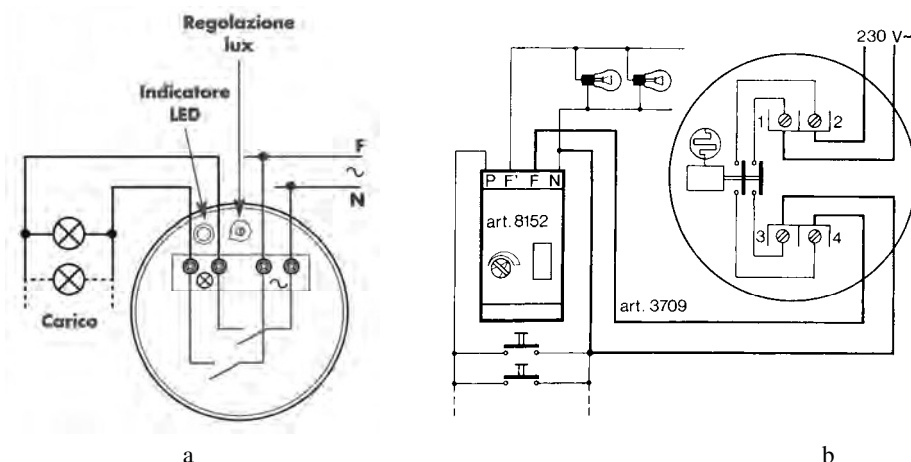
Il principio di funzionamento è basato su di un segnale, rilevato da un elemento fotosensibile, il quale, opportunamente amplificato, consente la chiusura dei contatti di un relè in uscita qualora il livello di illuminazione scenda al di sotto del valore impostato; la chiusura di un contatto consente 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. 4.150 - 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.

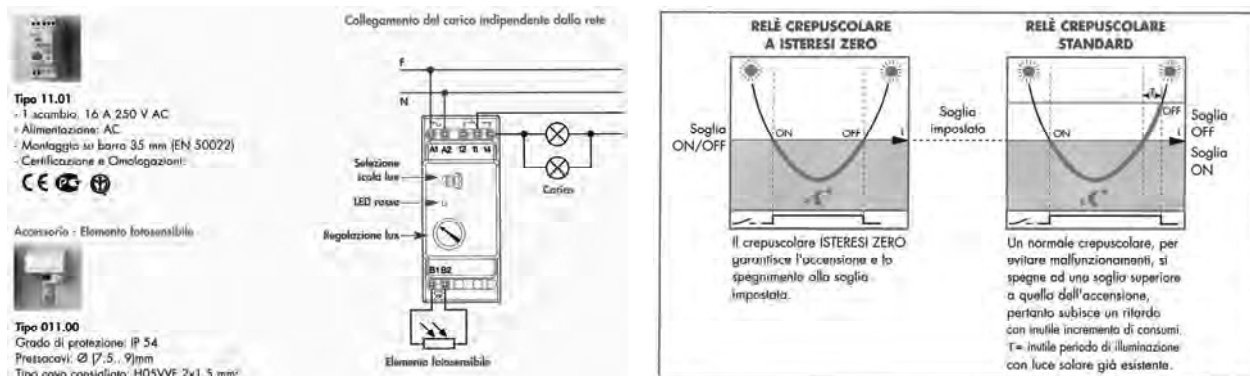


Fig. 4.151 - Interruttore crepuscolare da installare direttamente a muro o su palo del tipo modulare funzionante a 230 V AC con isteresi zero e carico indipendente dalla rete di alimentazione (Finder).

4.34 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. 4.152b. Esistono modelli con circuito elettronico con quadrante e cavalieri, come, per esempio, quello mostrato in fig. 4.152a.



a



b

Fig. 4.152 - 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. 4.152b) 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. 4.152b 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.

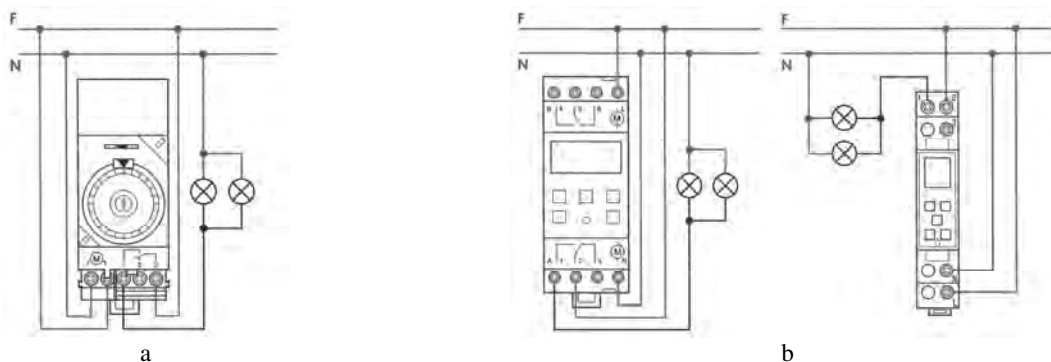


Fig. 4.153 - Schemi di collegamento degli interruttori orari: a) Modello con quadrante analogico e cavalieri - b) Modelli digitali con display a cristalli liquidi LCD (Finder).

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.

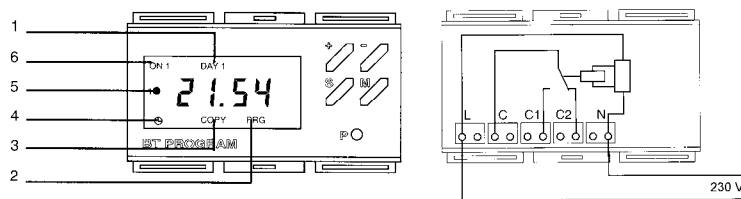


Fig. 4.154 - Esempio di interruttore orario elettronico e relativo schema di collegamento da inserire in una scatola porta frutto (bticino).

4.35 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, la quale 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.

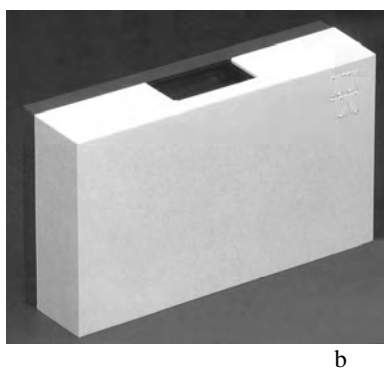


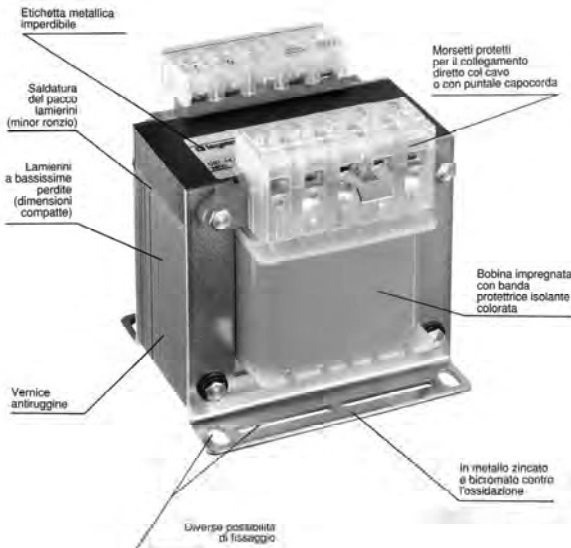
Fig. 4.155 - Esempio di suonerie: a) Suoneria a timpano - b) Suoneria a note melodiose Duton (bticino).

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.

4.36 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.

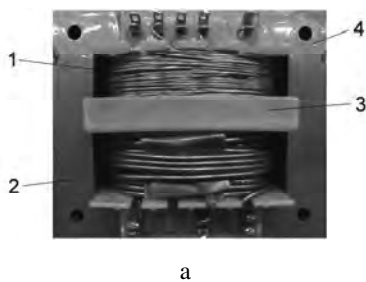
In base a quanto precisato precedentemente, si vogliono citare alcune delle principali grandezze che caratterizzano un trasformatore:



- 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.



a

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%

b

Fig. 4.156 - 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.

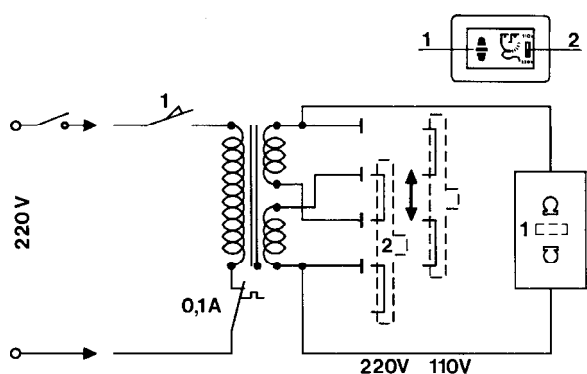
In simili condizioni non è necessario collegare a terra le masse degli utilizzatori e degli impianti. Se ci si trova in un ambiente normale (ovvero non bagnato), le parti attive dei circuiti possono non venire protette contro il contatto diretto, purché la tensione nominale non superi 25 V.

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. 4.157 - 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.

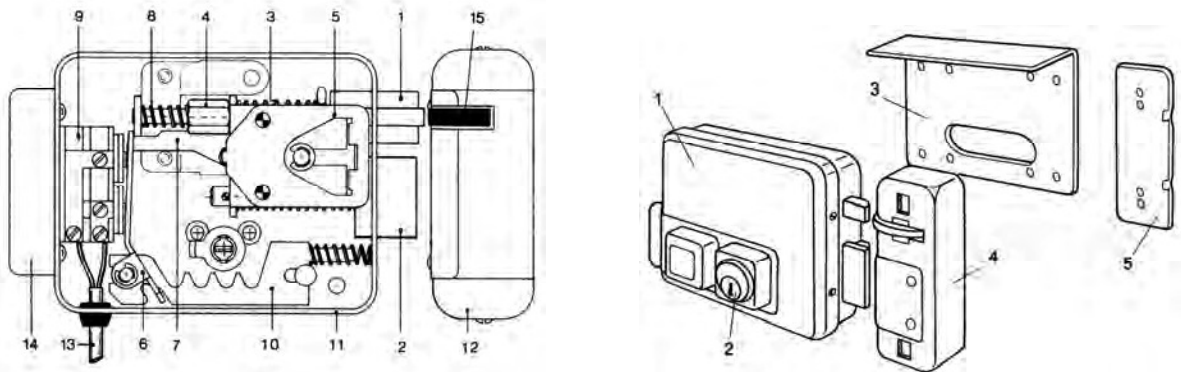
Un'ulteriore versione del trasformatore monofase per impianti civili è rappresentato dal trasformatore per apparecchi di illuminazione di Classe III classificato come trasformatore di sicurezza. È caratterizzato da una tensione secondaria nominale di 6, 12, 24 V AC, mentre la tensione a vuoto non deve essere superiore a 50 V.

4.37 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. | 9) Doppio elettromagnete di apertura. |
| 2) Scrocco di tenuta. | 10) Leva di apertura dall'esterno. |
| 3) Molla di carica. | 11) Cassa metallica. |
| 4) Dado di registrazione molla di carica | 12) Bocchetta. |
| 5) Gruppo di auto bloccaggio scrocco. | 13) Cavo di alimentazione. |
| 6) Leva di sgancio. | 14) Maniglia. |
| 7) Leva di bloccaggio gruppo di carica. | 15) Rotella di carica in 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. 4.158 - 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. 4.159 - 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.

4.38 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.

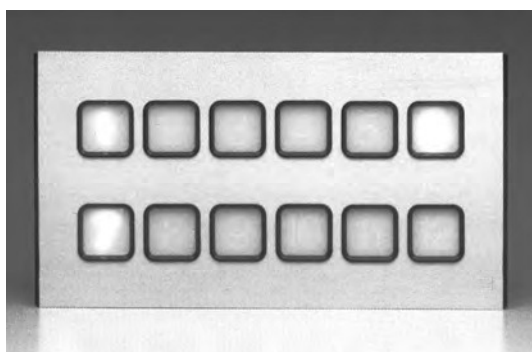
Il personale di servizio, una volta recepita la segnalazione, può riportare il quadro indicatore nello stato di riposo premendo il pulsante di annullamento. Si alimenta in tal modo un elettromagnete che, attraendo un'ancorina, provoca la caduta del cartellino.

Allo stesso scopo vengono installati i quadri indicatori luminosi. La chiamata determina l'accensione di lampade all'interno del quadro che illuminano i numeri sovrainpressi nelle varie caselle.

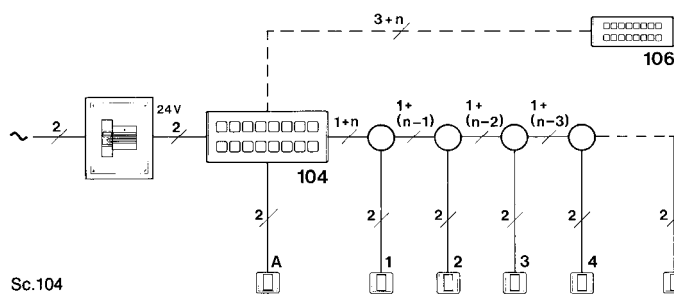
L'interno di questi quadri è elettricamente più complesso, in quanto trovano posto dei relè bistabili, delle lampadine e un ronzatore, inoltre è possibile collegare altre apparecchiature che consentono di ripetere la segnalazione anche su altri quadri luminosi oppure su delle semplici lampade di segnalazione.

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.



a



b

Fig. 4.160 - 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.

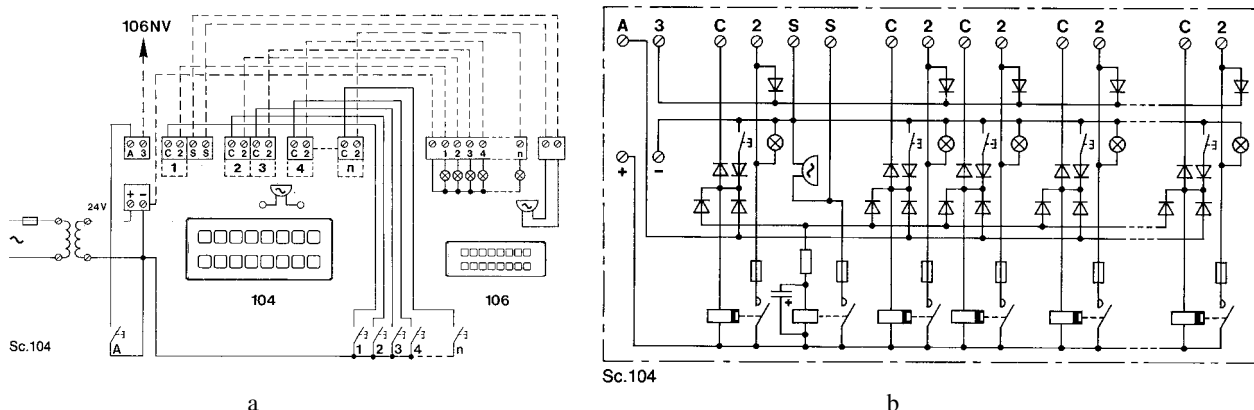


Fig. 4.161 - Quadro indicatore luminoso (art. 104): a) Schema di collegamento multifilare - b) Schema elettrico interno (LT Terraneo).

4.39 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.

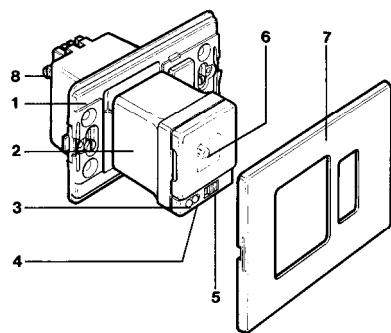


Fig. 4.162 - Esempio di torcia autonoma con dispositivo automatico di accensione (bticino).

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 tampone 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 (acceso = non predisposta) - 4) diodo luminoso LED verde (acceso = 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 4.

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.

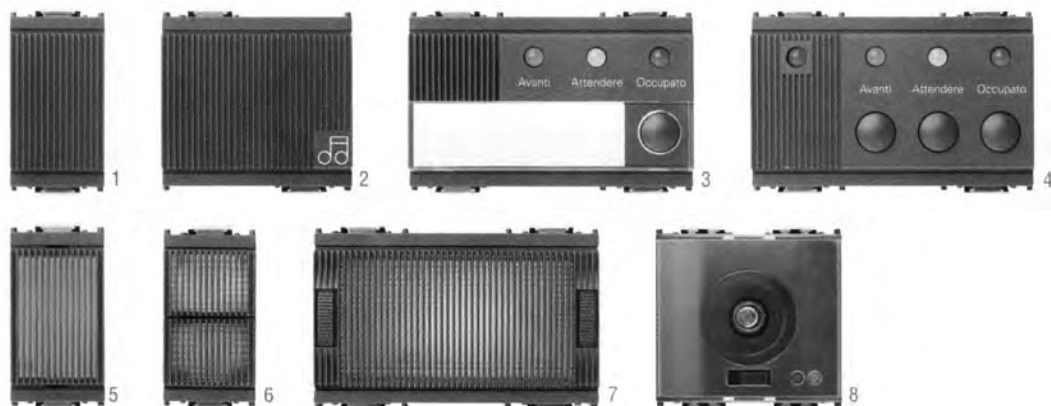
A titolo di esempio, il tempo di ricarica della batteria si aggira intorno alle 25÷50 ore a seconda dei modelli, mentre la durata della carica risulta in genere di circa una o due ore.

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. 4.163 - Panoramica degli apparecchi per segnalazioni ottiche e acustiche modulari (VIMAR).

4.40 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 5 per l'illuminazione ordinaria, come mostrato, per esempio, nella fig. 4.164a. Le lampade riguardanti l'impianto di illuminazione di sicurezza sono in genere montate in prossimità delle uscite di emergenza come mostrato nella fig. 4.164b.



Fig. 4.164 - 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 5).

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. 4.165.

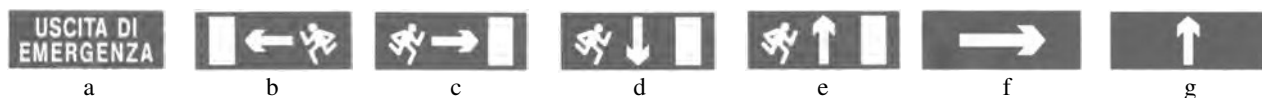


Fig. 4.165 - Esempi di segnalazioni di sicurezza: a) Uscita di emergenza - b) Uscita sinistra - c) Uscita destra - d) Uscita basso - e) Uscita alto - f) Freccia destra/sinistra - g) Freccia alto/basso (Gewiss).

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.

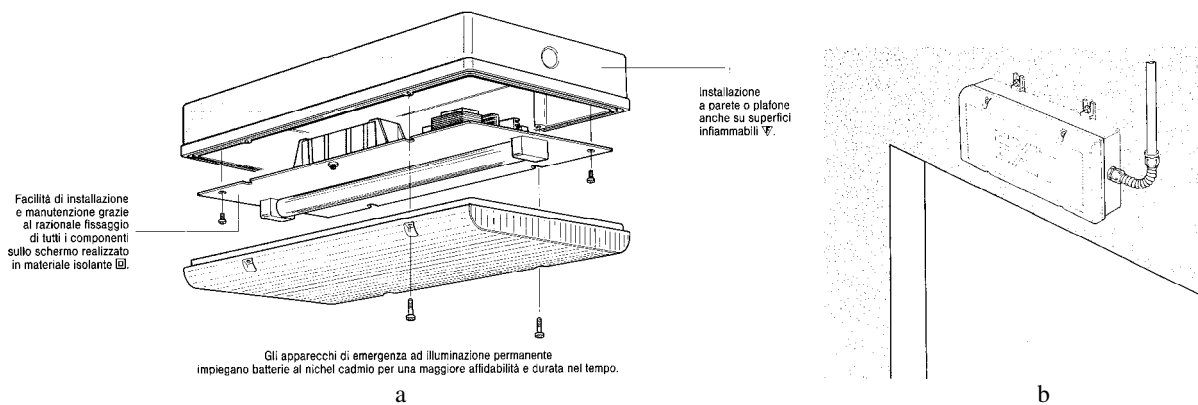
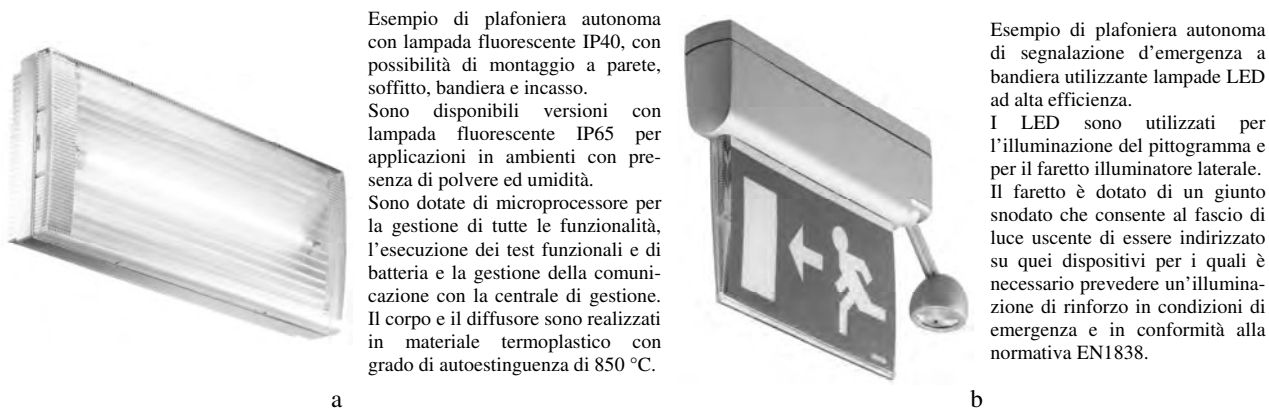


Fig. 4.166 - Illuminazione di emergenza: a) Esempio di apparecchio di emergenza ad illuminazione permanente - b) Esempio di fissaggio a parete (Gewiss).

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.



Esempio di plafoniera autonoma con lampada fluorescente IP40, con possibilità di montaggio a parete, soffitto, bandiera e incasso. Sono disponibili versioni con lampada fluorescente IP65 per applicazioni in ambienti con presenza di polvere ed umidità. Sono dotate di microprocessore per la gestione di tutte le funzionalità, l'esecuzione dei test funzionali e di batteria e la gestione della comunicazione con la centrale di gestione. Il corpo e il diffusore sono realizzati in materiale termoplastico con grado di autoestinguenza di 850 °C.

Esempio di plafoniera autonoma di segnalazione d'emergenza a bandiera utilizzando lampade LED ad alta efficienza. I LED sono utilizzati per l'illuminazione del pittogramma e per il faretto illuminatore laterale. Il faretto è dotato di un giunto snodato che consente al fascio di luce uscente di essere indirizzato su quei dispositivi per i quali è necessario prevedere un'illuminazione di rinforzo in condizioni di emergenza e in conformità alla normativa EN1838.

Fig. 4.167 - 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.

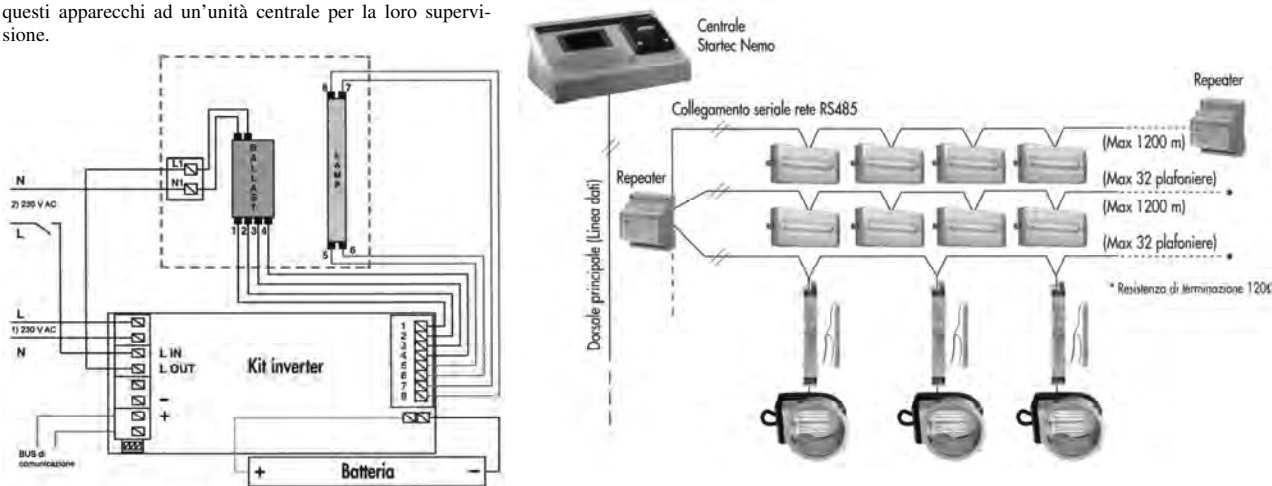


Fig. 4.168 - Schema elettrico di un kit per illuminazione di emergenza. Lo schema, (simile a quello inserito anche nelle plafoniere autonome con lampade fluorescente tipo fig. 4.167a), consente l'alimentazione di una plafoniera dotata di lampada fluorescente alimentata mediante trasformatore elettronico (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. 4.169 - 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.

4.41 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. 4.170 - 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÷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 CH₄ 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.

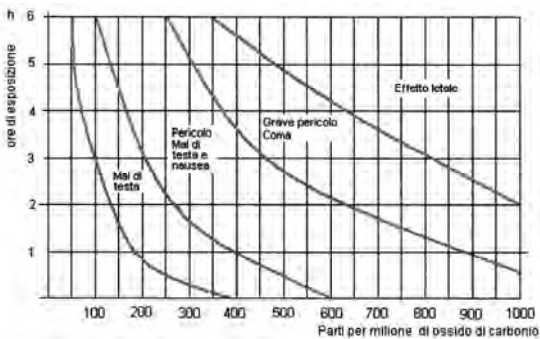


Fig. 4.171 - Effetto del monossido di carbonio sul corpo umano.

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.

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÷40 °C), la percentuale di umidità (umidità relativa massima dell'80%).

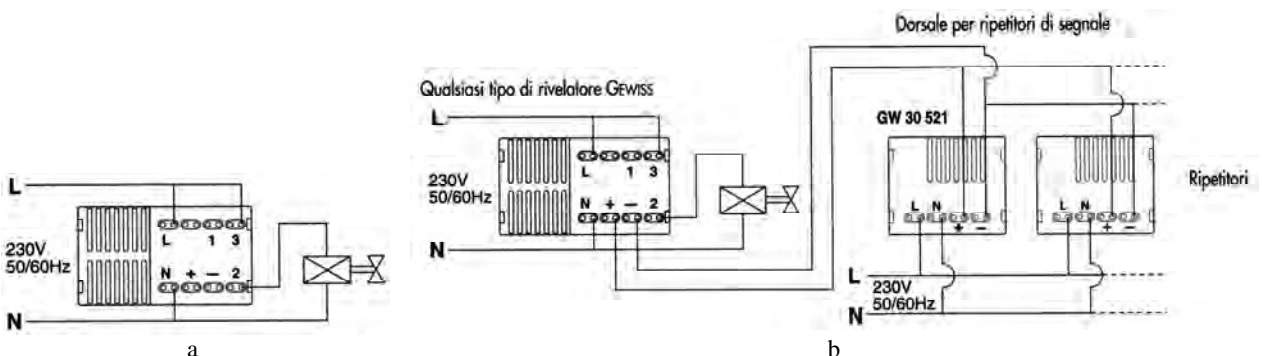


Fig. 4.172 - Schemi di collegamento: a) Dei rivelatori di gas, fumo e CO con l'azionamento dell'attuatore. Il contatto in scambio del rivelatore consente l'impiego di elettrovalvole a riarmo manuale sia di tipo NA che di tipo NC - b) Collegamento tra qualsiasi rivelatore e i ripetitori di segnale (Gewiss).

Per quanto riguarda l'installazione di queste apparecchiature, occorre considerare il tipo di gas che si vuole rilevare: se si tratta di gas metano (CH₄), 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.

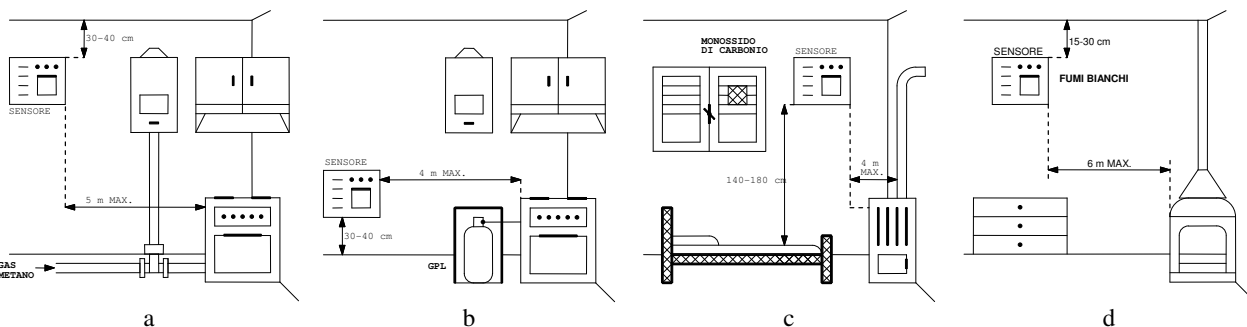
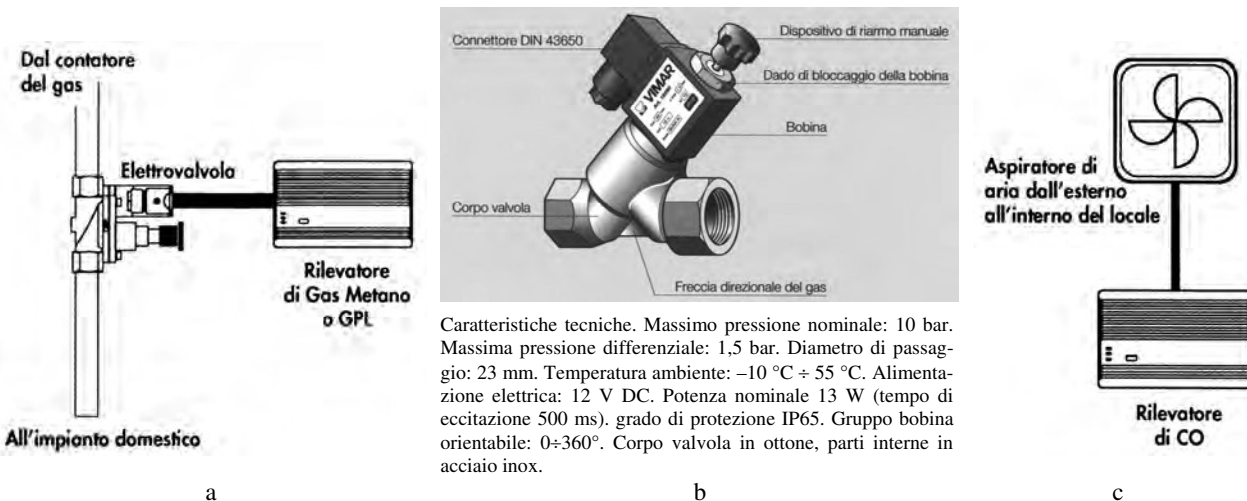


Fig. 4.173 - Corretto posizionamento (altezza dal soffitto e distanza dalla fonte del pericolo) dei sensori in funzione del gas da rilevare: a) Rilevazione di gas metano - b) Rilevazione del GPL - c) Rilevazione del monossido di carbonio - d) Rilevazione fumi bianchi.

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. 4.174 - 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.

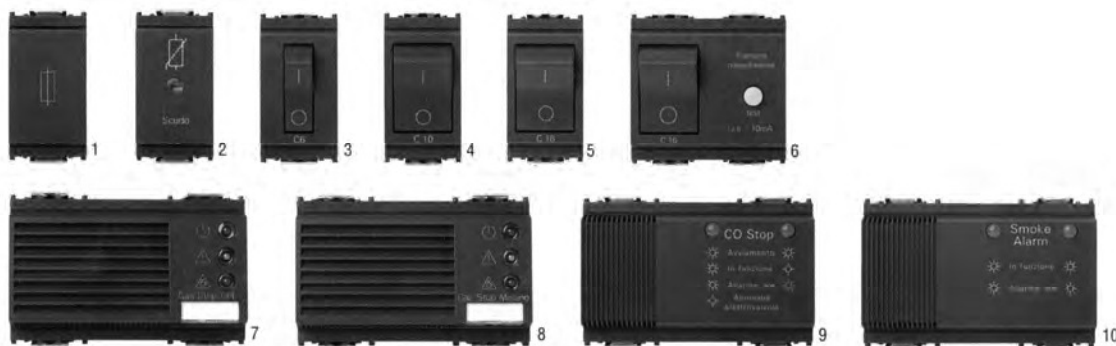
È bene ricordare che i rivelatori di gas in ambito domestico, anche se rispondenti alla normativa e correttamente installati, non possono in alcun modo sostituire o attenuare le vigenti norme UNI-CIG e il D.P.R. n. 218/1998 riguardanti la sicurezza degli impianti a gas.

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 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 = $5,5 \text{ kW}$, cucine con forno $11,5\div 37,5 \text{ kW}$, scaldabagni istantanei = $18,5\div 37,4 \text{ kW}$, stufe o radiatori = $4,5\div 11,5 \text{ kW}$, caldaie per riscaldamento autonomo = $11,5\div 60 \text{ kW}$), 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. 4.174c 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).



- | | | |
|---------------------------------------|--|--|
| 1) Portafusibile | 6) Interruttori magnetotermici differenziali IP+N | 9) CO Stop, rivelatore di presenza di ossido di carbonio |
| 2) SCUDO, limitatore di sovratensione | 7) Gas Stop GPL, rivelatore di presenza di GPL | 10) Smoke Alarm, rivelatore di fumo |
| 3) Interruttori magnetotermici 1P | 8) Gas Stop Metano, rivelatore di presenza di metano | |
| 4) Interruttori magnetotermici IP+N | | |
| 5) Interruttori magnetotermici 2P | | |

Fig. 4.175 - 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. 4.176a, vengono normalmente alimentate a 230 V AC , hanno un grado di protezione IP40 e un contatto di uscita normalmente aperto $250 \text{ V AC} - 4 \text{ A}$ in grado di comandare una elettrovalvola o una pompa (vedere fig. 4.176b). 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 ($30\div 40 \text{ m}$) 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. 4.176c, 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.

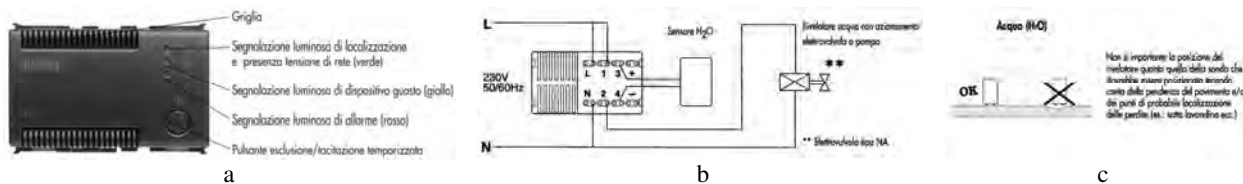


Fig. 4.176 - a) Esempio di rivelatore di presenza acqua (H₂O) - b) Esempio di schema di collegamento - c) Corretto posizionamento dei rivelatori (Gewiss).

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. 4.177 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. 4.178 il relè prevede l'uso di due sonde ed è attivata la funzione di svuotamento.

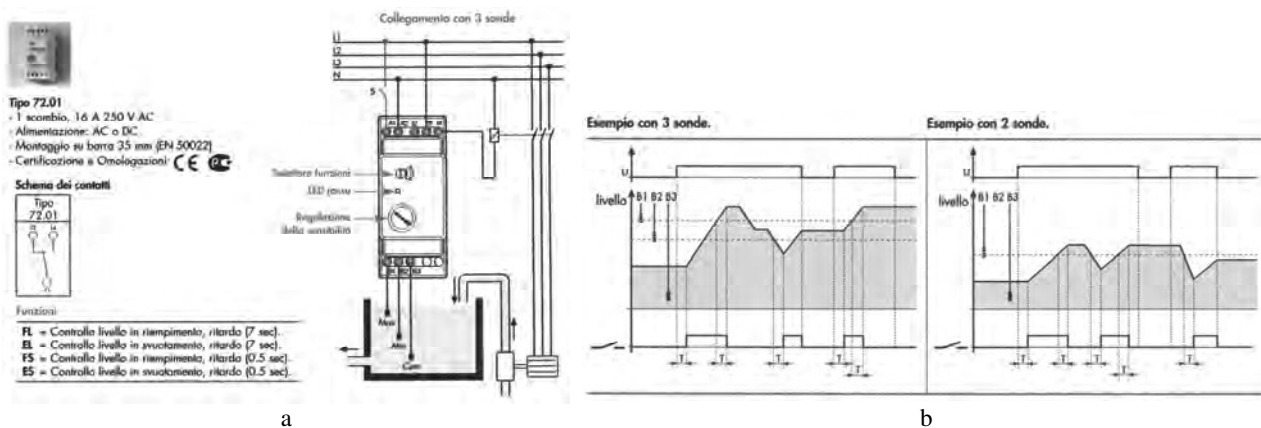


Fig. 4.177 - a) Esempio di relè di controllo di livello per liquidi conduttivi. Collegamento con 3 sonde. Il relè viene alimentato quando il contatto S viene chiuso ovvero quando è presente la tensione U come riportato nel diagramma di funzionamento - b) Esempio di diagramma di funzionamento con la funzione di riempimento attivata per i modelli a 3 e 2 sonde (Finder).

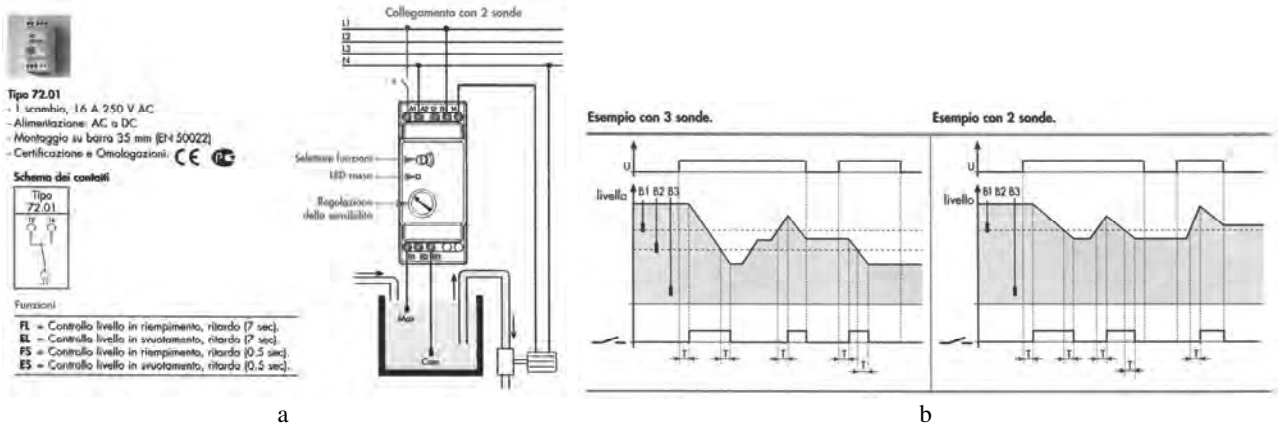


Fig. 4.178 - a) Esempio di relè di controllo di livello per liquidi conduttivi. Collegamento con 2 sonde. Il relè viene alimentato quando il contatto S viene chiuso ovvero quando è presente la tensione U come riportato nel diagramma di funzionamento - **b)** Esempio di diagramma di funzionamento con la funzione di svuotamento attivata per i modelli a 2 e 3 sonde (Finder).

4.42 Termostati e cronotermostati elettronici

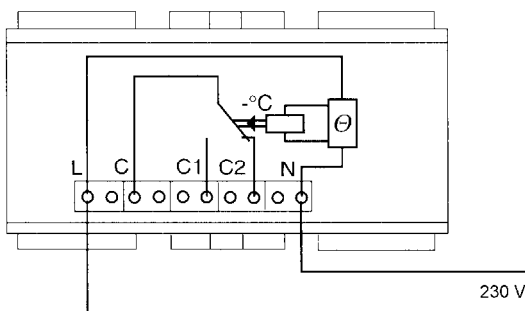
I termostati sono apparecchiature in grado di controllare la temperatura ambiente sfruttando le caratteristiche di un sensore; inoltre, sono dotate di un relè di uscita in grado di comandare direttamente caldaie, pompe di circolazione.

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.



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.

Fig. 4.179 - Esempio di collegamento interno di un termostato ambientale (bticino).

- 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;

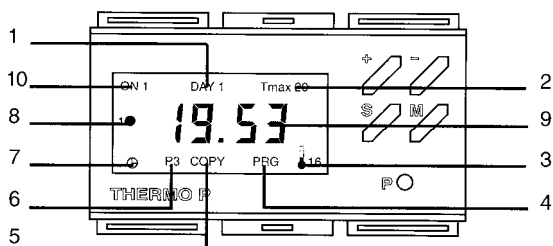
- evitare di ostacolare la regolare circolazione di aria verso la sonda contenuta nel termostato, per esempio con mobili e tendaggi;
- è buona norma, per un corretto funzionamento, installare il termostato ad un'altezza pari a circa 1,5 m dal pavimento.

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.

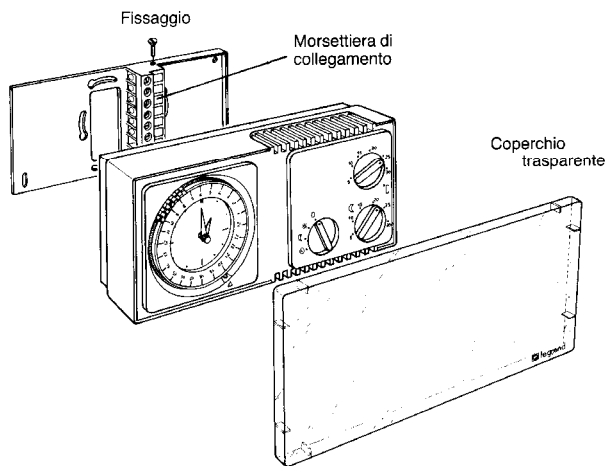


Tasti: + avanzamento (pressione continua = avanzamento veloce), - arretramento (pressione continua = arretramento veloce), **M** memorizzazione, **P** predisposizione alla programmazione, **S** scelta dei programmi, **P+M** azzeramento.

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. 4.179 relativo ad un termostato.

Fig. 4.180 - 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 predispose la temperatura nell'ambiente durante certi periodi del giorno o della settimana programmati mediante l'orologio programmatore.

Fig. 4.181 - 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>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>6) Orologio sveglia elettronico</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. 4.182 - Panoramica degli apparecchi di regolazione e controllo modulari (VIMAR).

4.43 Rivelatore di movimento a raggi infrarossi

L'apparecchio mostrato in fig. 4.183 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.

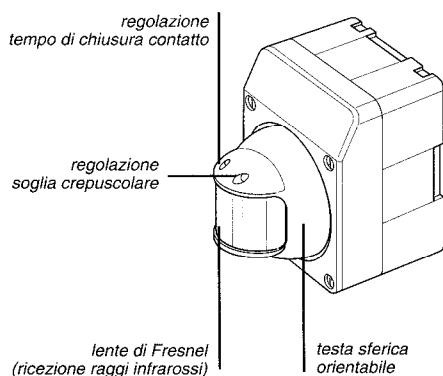
Infatti, è in grado di rilevare i raggi termici invisibili (infrarossi) emessi da un corpo durante lo spostamento.

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. 4.183 - 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. 4.184; 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.

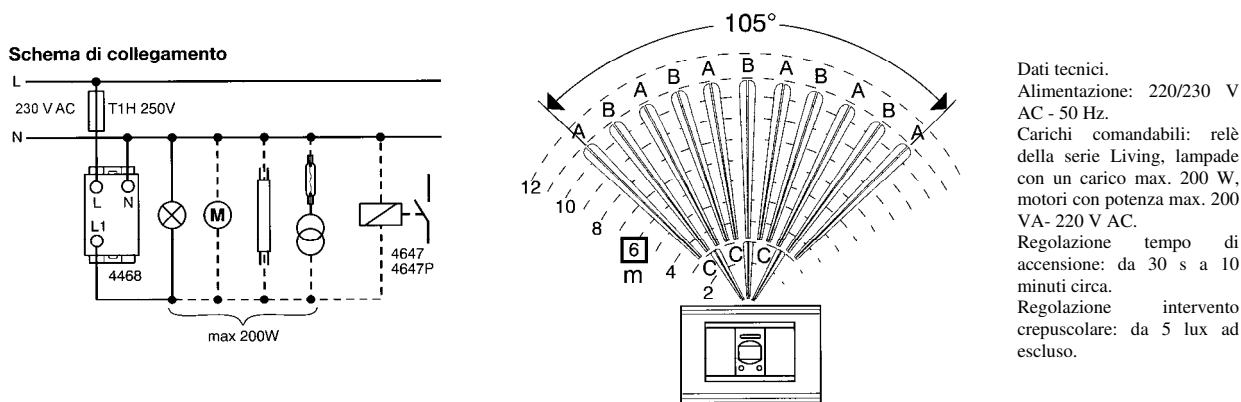


Fig. 4.184 - Esempio di rivelatore di raggi infrarossi modulare serie Living con relativo schema di collegamento e caratteristica di intervento (bicino).

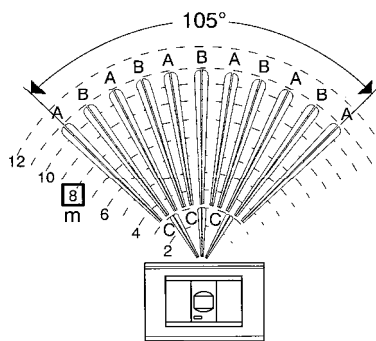
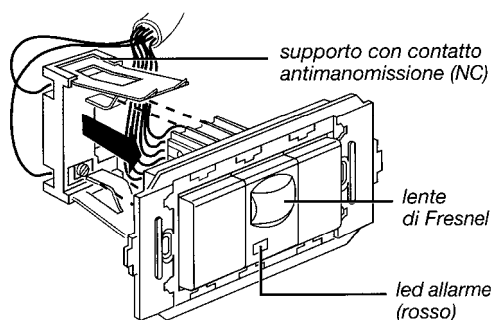


Fig. 4.185 - Esempi di applicazione dei rivelatori di movimento a raggi infrarossi (Gewiss).

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. 4.186 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. 4.186 - 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.

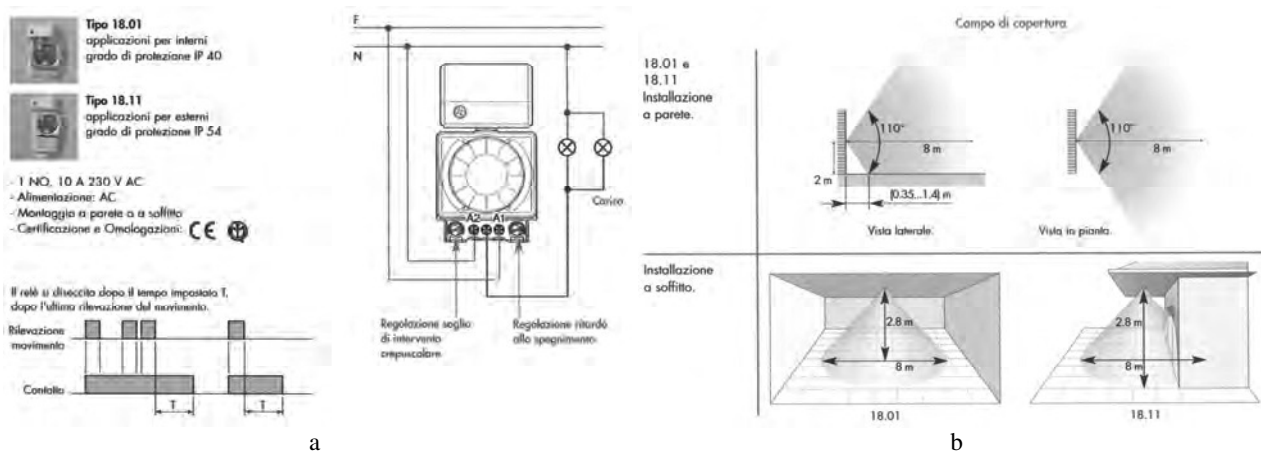


Fig. 4.187 - Rilevatore di movimento: a) Caratteristiche tecniche, schema di collegamento, diagramma di lavoro. Da notare la disponibilità di modelli per interni (IP40) e per esterni (IP54), la possibilità di regolare la soglia di intervento crepuscolare e del ritardo allo spegnimento - b) Campo di copertura per installazioni a parete e a soffitto (Finder).

4.44 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

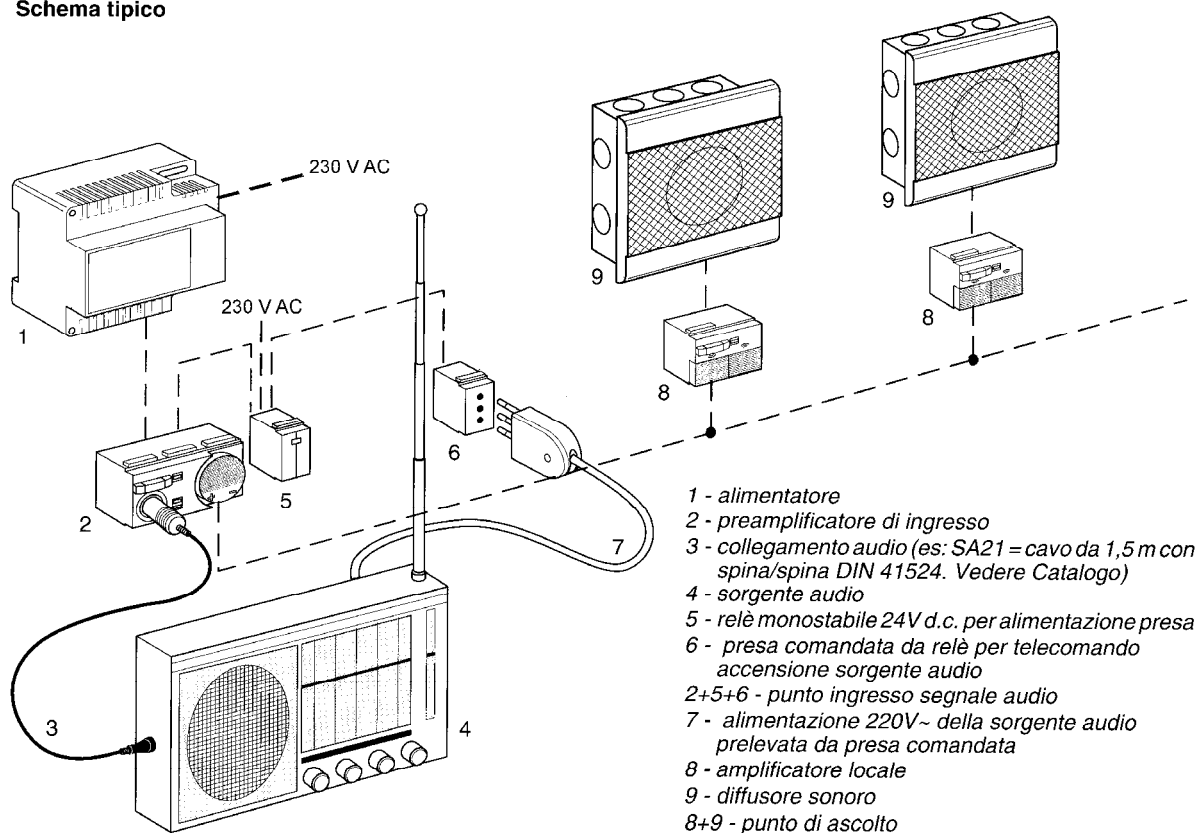


Fig. 4.188 - Sistema di diffusione sonora (bticino).

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.

La moderna tecnologia domotica, descritta in un capitolo successivo, consente di realizzare sistemi di diffusione sonora particolarmente sofisticati e integrati con gli impianti per la gestione automatica dell'energia, dell'impianto di riscaldamento, del sistema antintrusione, ecc. come mostrato nella fig. 4.189a.

Un esempio è il sistema di diffusione sonora By-me proposto dalla ditta Vimar che consente di realizzare impianti in grado di diffondere, con l'alta qualità del segnale digitale (qualità CD), fino a 4 sorgenti sonore contemporaneamente in più ambienti.

Consente, inoltre, un ascolto differenziato per ogni stanza: musica classica in salotto, l'ultimo successo pop in cucina o in camera da letto; ogni ambiente ha la sua musica anche tramite iPhone o Ipod collegabili mediante un'apposita docking station.

Grazie ai vari dispositivi del sistema, all'integrazione con tutti i comandi disponibili con la domotica By-me esistenti e alla gamma di diffusori coordinati, è possibile realizzare sistemi mono o multicanale completamente integrati nell'impianto.

La possibilità di distribuzione libera dei nodi trasmettitori e ricevitori e dei comandi, mantiene semplice il cablaggio, permettendo una perfetta integrazione con i comandi e gli attuatori del sistema domotico.

Di particolare interesse la funzione *baby control*, che permette di tenere sotto controllo i bambini.

Quando il microfono percepisce un volume ambientale superiore alla soglia preimpostata, per esempio il pianto di un bambino, il sistema diffonde automaticamente, attraverso i diffusori acustici, il suono percepito interrompendo momentaneamente la riproduzione sonora in atto e attivando le zone audio eventualmente spente.

Le prestazioni, le numerose funzioni, la flessibilità installativa offerta dalla domotica, e soprattutto la qualità del suono, consentono l'utilizzo del sistema sia nel residenziale (dall'appartamento alla villa) che nel piccolo terziario (studi medici, negozi, bar, ristoranti, supermercati).



a



b



c



d



e

Fig. 4.189 - a) Impianti presenti nelle abitazioni e negli edifici adibiti al terziario gestibili mediante la domotica - Sistema domotico di diffusione By-me: b) Centrale di controllo e comando a 4+4 moduli - c) Apparecchio trasmettitore a 3 moduli con ingressi RCA - d) Apparecchio di comando a 3 moduli (accensione e spegnimento della diffusione sonora, regolazione del volume, passaggio alla sorgente sonora/canale e alla traccia successiva/precedente) e amplificatore su 8Ω 1+1 W - e) Diffusore acustico a 4+4 moduli con potenza massima di 30 W con un'impedenza di 8Ω (Vimar).

Le caratteristiche principali, di questo sistema, si possono riassumere nei seguenti punti:

- 1) sistema a 2 fili con cablaggio lineare di tipo entra-esci che permette la perfetta integrazione con i dispositivi By-me di automazione domotica Vimar;
- 2) possibilità di utilizzare i comandi By-me (tasti, touch screen e anche quelli collegati alla linea di automazione) per il controllo del sistema di tutti gli ambienti dell'abitazione (accensione/spengimento, regolazione volume, selezione sorgente, selezione brano o stazione radio, ecc.) (v. fig. 4.189b);
- 3) topologia libera (quindi senza un nodo centrale che implica a un cablaggio a stella) che permette l'installazione dei trasmettitori e dei ricevitori in qualsiasi punto dell'impianto;
- 4) canali stereofonici contemporanei, con qualità audio digitale CD;
- 5) fino a 30 zone di ascolto indipendenti;
- 6) possibilità di utilizzare il cavo BUS come antenna FM (in questo caso non è necessaria l'antenna esterna ausiliaria);
- 7) possibilità di programmazione dei livelli sonori massimi per ogni zona;
- 8) possibilità di effettuare chiamate microfoniche (tre zone diverse: chiamate generali o selettive);
- 9) funzione di ascolto ambientale;
- 10) funzione di baby control (a una soglia desiderata si ha la trasmissione automatica del segnale);
- 11) funzionalità sveglia: questa funzionalità, attivando uno degli scenari creati dall'utente, permette di accedere a una zona sonora per un determinato periodo di tempo (configurabile);
- 12) funzionalità spegnimento temporizzato (Sleep): attivando questa funzionalità una zona sonora viene spenta dopo un determinato intervallo di tempo (configurabile). Alla ricezione di un messaggio di OFF il ricevitore si spegne anche se si trova nel periodo di spegnimento temporizzato;
- 13) funzionalità tacitazione: in corrispondenza di un determinato evento, il volume di una zona viene limitato automaticamente a un valore di bassa intensità (configurabile). Tale funzione viene utilizzata durante una chiamata videocitofonica;
- 14) integrazione con gli scenari e programmi eventi del sistema By-me (per esempio con funzione di radiosveglia).

Il sistema di diffusione sonora è composto dalle seguenti categorie di dispositivi.

- **Dispositivi trasmettitori**, collegabili a una qualsiasi sorgente sonora attraverso i connettori RCA (v. fig. 4.189c): permettono di tramettere il suono proveniente da una sorgente sonora (es. impianto Hi-Fi, lettore CD, lettore mp3 portatile, iPod, iPhone, microfono, ecc.) verso i ricevitori del sistema. Ogni trasmettitore configurato nel sistema occupa uno dei 4 canali disponibili e può essere collegato in un punto qualsiasi dell'impianto. Il modulo trasmettitore sintonizzatore FM diffonde il segnale radiofonico. Il modulo microfonico di chiamata consente di effettuare comunicazioni vocali half duplex.
- **Dispositivi ricevitori**: che permettono di ascoltare, fino a una distanza massima di circa 300 m dal trasmettitore, il suono trasportato in uno dei canali presenti sul sistema. Tali dispositivi, infatti, sono dotati anche di un amplificatore audio di alta qualità che ne permette il collegamento diretto ai diffusori acustici (v. fig. 4.189e). Questi moduli consentono la diffusione della sorgente sonora con la regolazione della potenza in base al contesto e all'ambiente (v. fig. 4.189d).
- **Moduli accessori**: sono dispositivi che, pur non avendo un utilizzo diretto da parte dell'utente, sono utilizzati nel sistema per il suo funzionamento o per la realizzazione delle varie possibilità di cablaggio/realizzazione, come il disaccoppiatore di linea per alimentatore By-me per guida DIN che si utilizza in uscita all'alimentatore, il derivatore di ramo per dispositivi di automazione By-me, il derivatore di ramo per dispositivi di diffusione sonora, l'alimentatore 110-230 V AC, 50/60 Hz, uscita 32 V DC (SELV), l'interfaccia IR per il controllo delle sorgenti stereo tramite cavetto con il trasmettitore IR (raggi infrarossi), il telecomando IR e il connettore stereo per il collegamento del diffusore sonoro.

4.45 Protezione dalle sovratensioni (nel CD-Rom allegato)

4.46 Gruppi di continuità UPS (nel CD-Rom allegato)

4.47 Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 5

SORGENTI LUMINOSE ED ELEMENTI DI ILLUMINOTECNICA

5.1 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.

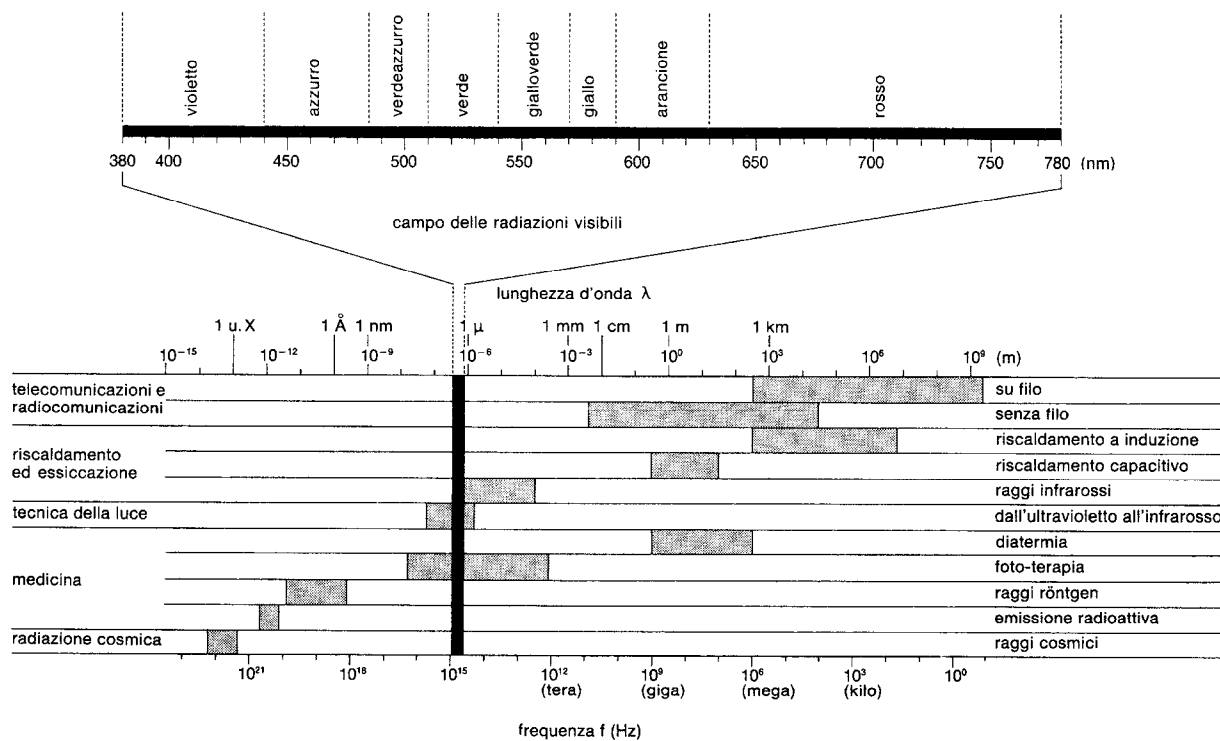


Fig. 5.1 - Campo delle radiazioni elettromagnetiche: colori, effetti e impieghi (Osram).

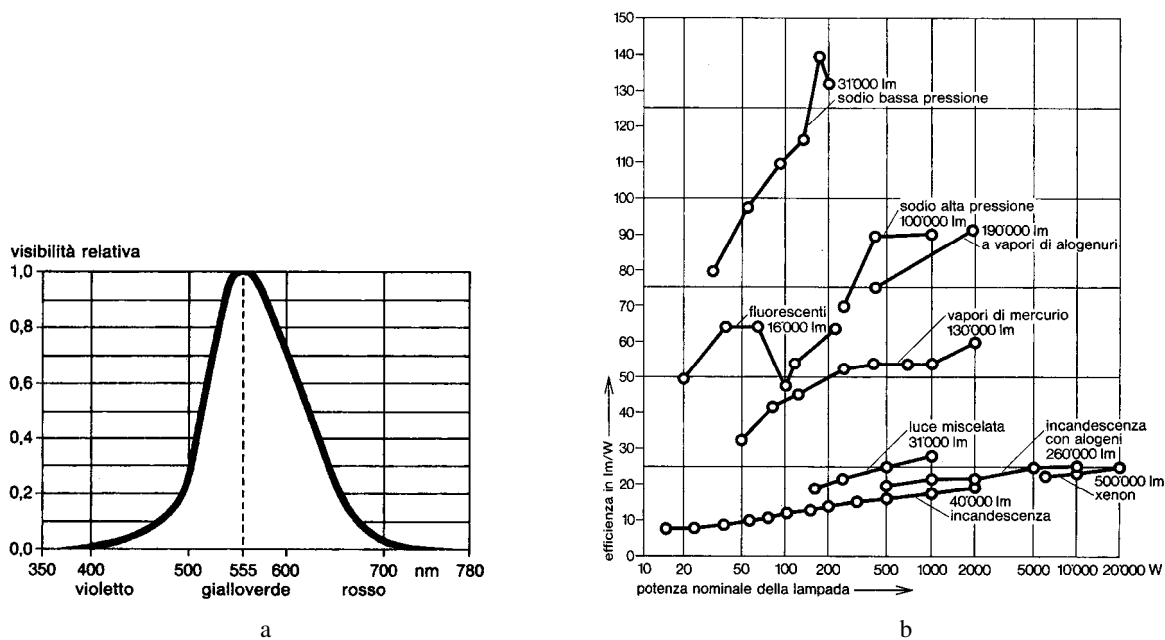


Fig. 5.2 - a) Curva di sensibilità dell'occhio in funzione della lunghezza d'onda. La sensibilità dell'occhio umano non è la stessa per tutte le lunghezze d'onda della luce, ma varia a seconda dei colori. Raggiunge il valore massimo per il colore giallo-verde (555 nm) e si annulla in corrispondenza dell'ultravioletto e dell'infrarosso. b) Efficienza luminosa e potenza disponibili in vari tipi di lampade per illuminazione generale (Osram).

Di seguito viene presentata la tab. 5.1 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. 5.1 - Principali grandezze fotometriche.

Di seguito vengono riportate alcune considerazioni sulle grandezze fotometriche presentate nella tab. 5.1.

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. 5.2 - 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. 5.20 e la tab. 5.21 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.

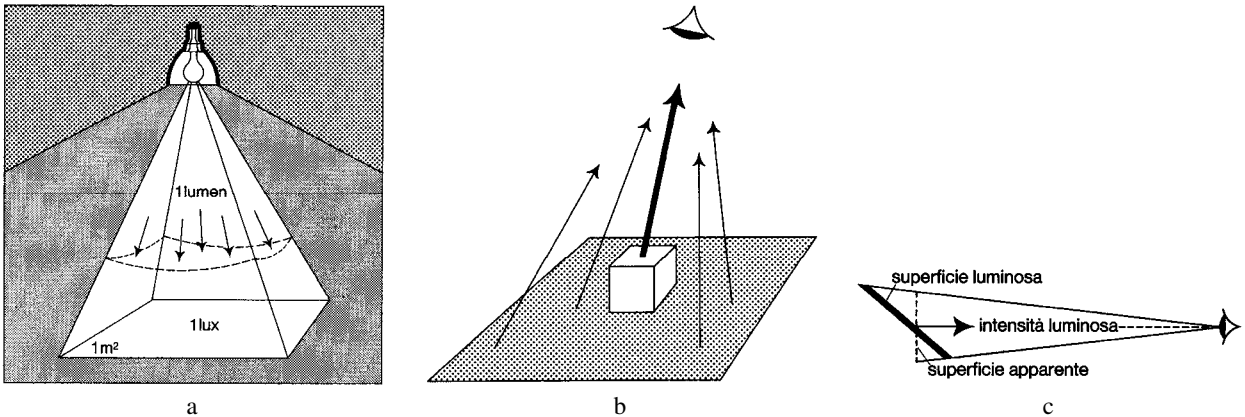
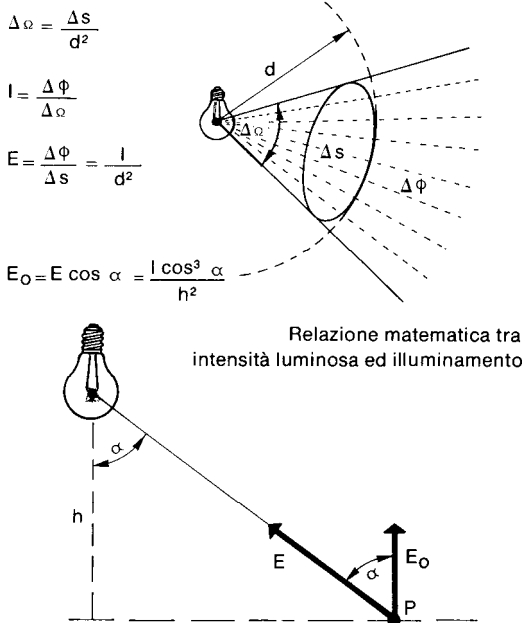


Fig. 5.3 - a) L'illuminamento di un lux è dato dal flusso luminoso di un lumen che cade sull'area di un metro quadrato - b) La luminanza esprime l'effetto di luminosità che una certa superficie produce sull'occhio - c) La luminanza dipende dall'estensione della superficie apparente e dalla sua intensità 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. 5.4 - Definizione di intensità luminosa (Osram).

5.2 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 ($60 \div 100$ 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 ($0,2 \div 0,5$).

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.

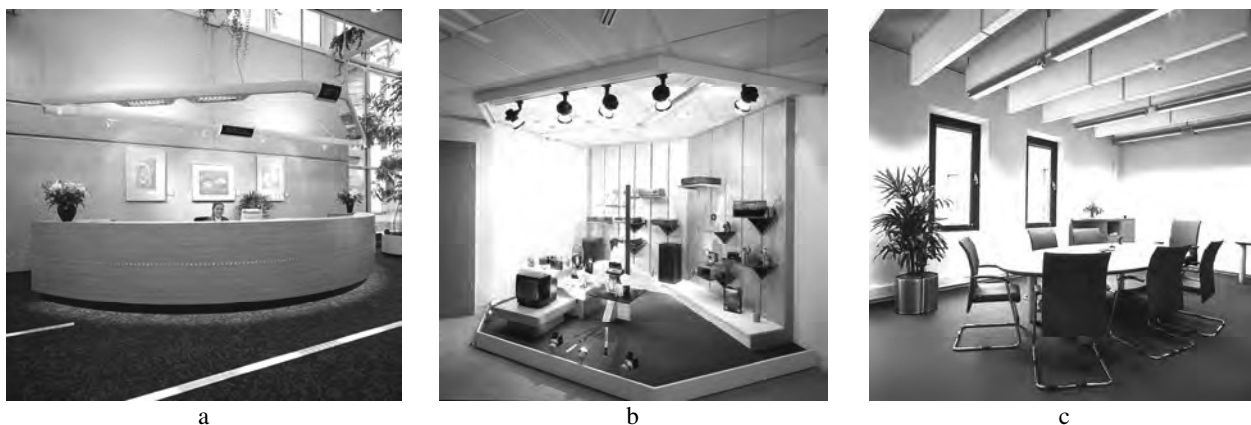


Fig. 5.5 - Esempi di illuminazione di interni: a) Reception di un hotel - b) Punto vendita elettronica di consumo - c) Sala riunioni (Philips).

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.

5.3 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.

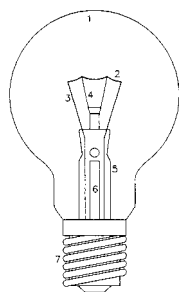
Quando il filo metallico (in genere tungsteno) viene percorso da una corrente elettrica, diventa incandescente e irradia energia sotto forma di radiazioni luminose, infrarosse e, in minima parte, ultraviolette.

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. 5.6 - 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. 5.7 - Principali forme di lampade ad incandescenza (Osram).


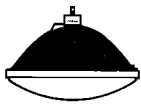
Lampade per impieghi particolari con riflettore incorporato: per uso decorativo e di arredamento. Attacco E14, E27.		
	Lampada Vegalux . Parte superiore argentata, cupola satinata, angolo di apertura di 80°. Al posto della lampada ad incandescenza normale, consente, fornendo la stessa luce nella zona 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 "faretto" per l'illuminazione localizzata in abitazioni, alberghi, locali commerciali.	
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 portalampe 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. 5.8 - 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.

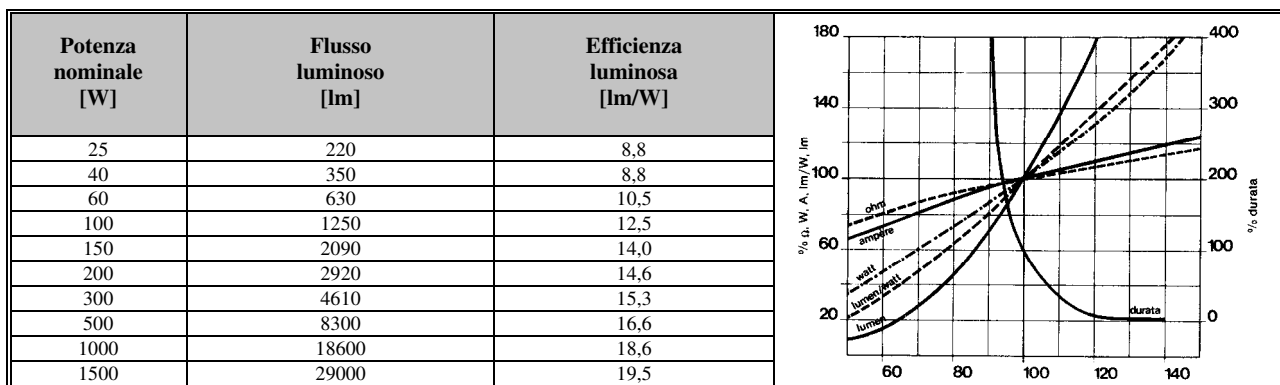
L'alimentazione viene in genere fatta in corrente alternata, alla tensione nominale di 220/240 V, e non richiede l'uso di apparecchiature ausiliarie come reattori, starter, ecc.; hanno, inoltre, un fattore di potenza praticamente uguale a 1.

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. 5.3 - 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. 5.4. 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. 5.5.

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. 5.4 - Indicatore per attacchi che specificano il tipo di costruzione (norme CEI UNEL 61671).

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. 5.5 - Indicatori del valore approssimativo della dimensione principale dell'attacco.

In **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).

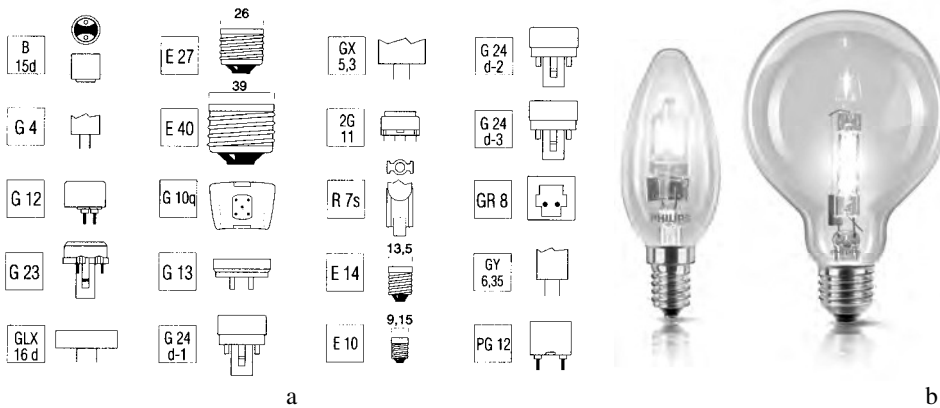
Il **settimo** indicatore caratterizzato da un numero preceduto dal segno x, fornisce il valore approssimativo espresso in millimetri del diametro dell'estremità aperta della calotta verso il bulbo (per esempio, E14/23 x 15).

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).

Al fine di garantire la sostituzione delle lampade ad incandescenza tradizionali, messe al bando graduale dal 1° settembre 2009, i costruttori propongono le lampade denominate EcoClassic (v. fig. 5.9b).

Queste lampade sono in pratica lampade alogene, il cui principio verrà descritto successivamente, hanno la stessa forma delle lampade tradizionali ed assicurano una luce bianca e brillante tipica della tecnologia alogena.

Sono attualmente disponibili in forma a goccia (A69), oliva (B35) e a riflettore (NR63), con attacco E14 e E27, potenza da 28 W a 105 W e con vetro chiaro e smerigliato.



Lampade EcoClassic. Garantiscono un risparmio energetico del 30% rispetto ad una tradizionale lampada ad incandescenza. Hanno una vita media di 2000 ore, il doppio rispetto alle sorgenti tradizionali. Hanno una luce bianca e brillante tipica della tecnologia alogena. Perfettamente adattabili al posto delle tradizionali lampade ad incandescenza. Possibilità di regolarne facilmente l'intensità luminosa.

Fig. 5.9 - a) Esempi di attacchi per lampade (Targetti) - b) Lampade ad incandescenza EcoClassic (Philips).

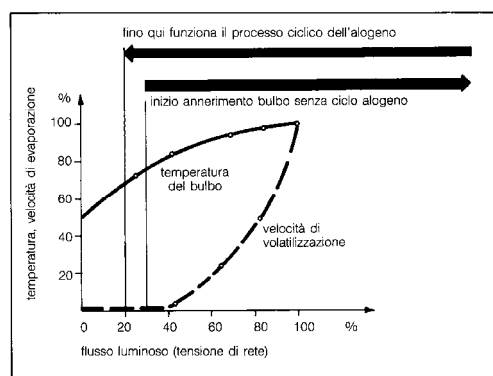
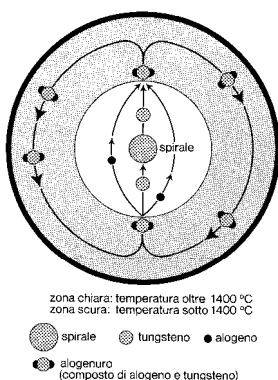
5.4 Lampade ad incandescenza a ciclo di alogeni

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 °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 °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÷95 % di quella nominale.

Fig. 5.10 - 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 °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.

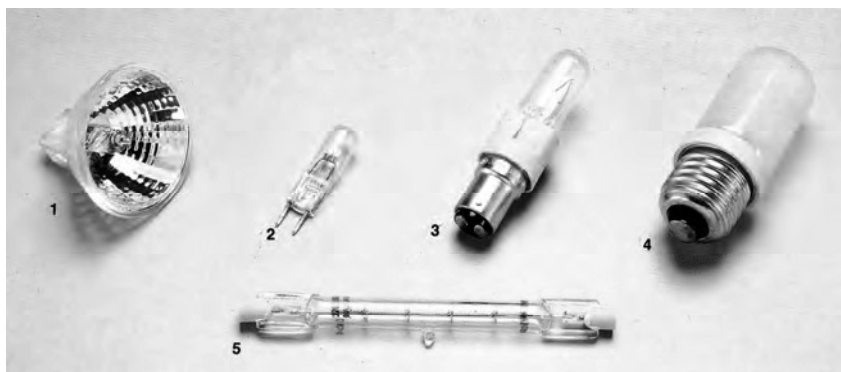
In relazione a quanto detto sopra, nell'impiego di queste lampade è opportuno attenersi ai seguenti criteri.

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. 5.11 - 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. 5.11-5). 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. 5.6 - Caratteristiche principali delle lampade alogene per impieghi generali con durata media di 2000 ore (Osram).

Lampade a doppio involucro a tensione di rete (fig. 5.11-4/3). 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. 5.11-2). 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. 5.11-1). 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.

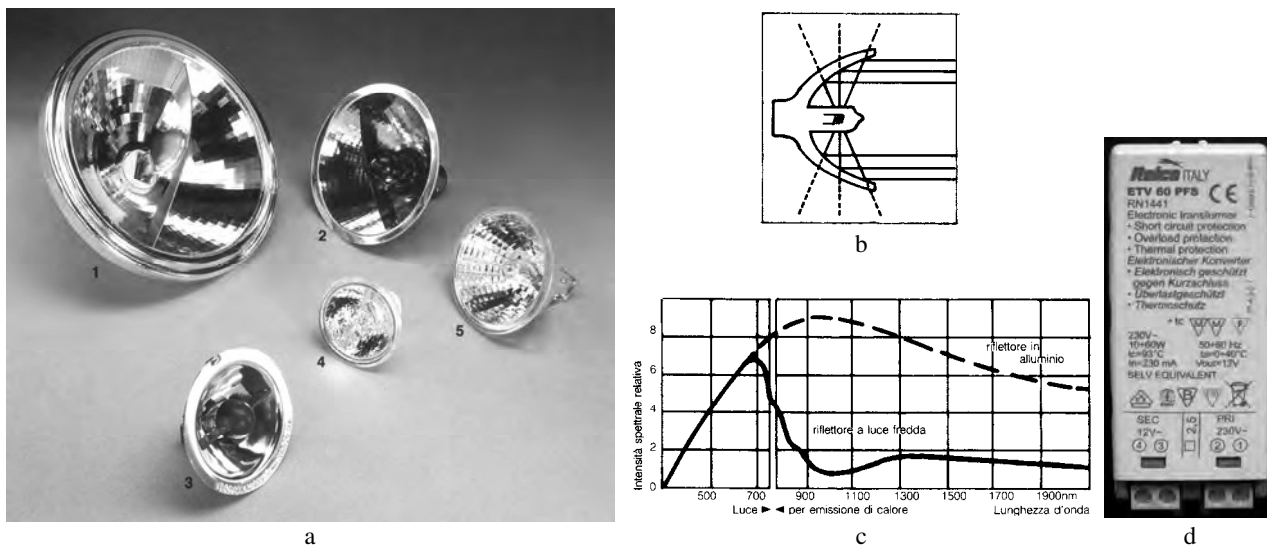


Fig. 5.12 - a) Lampade alogene a bassissima tensione con riflettore incorporato colore argento, oro e a specchio freddo (dicroico): 1) Super spot, 2) Maxi Spot, 3) Mini Spot, 4) KLR35, 5) KLR51 - **b)** Funzionamento del riflettore a luce fredda (riflettore dicroico), il calore viene disperso nella parte 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: $U_{in} = 230 \text{ V AC}$, $I_m = 0,23 \text{ A}$, $50\text{-}60 \text{ Hz}$ e secondario $U_{out} = 12 \text{ V AC}$, $P = 10\text{-}60 \text{ W}$, temperatura ambiente $t_a = 0\text{-}40 \text{ }^\circ\text{C}$, 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. 5.12c. 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. 5.7 - Principali anomalie delle lampade ad incandescenza normali e alogene.

5.5 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).

5.6 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. 5.13, 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.

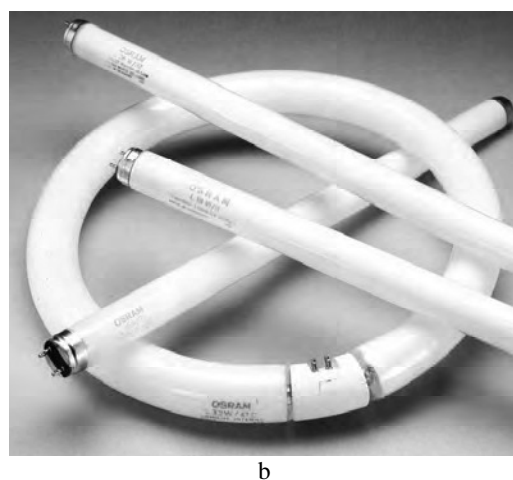
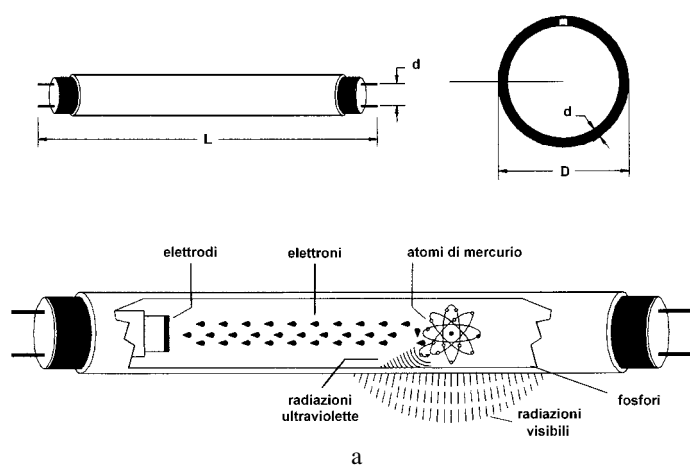


Fig. 5.13 - a) Funzionamento delle lampade fluorescenti tubolari - b) Esempi di lampade fluorescenti tubolari.

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.

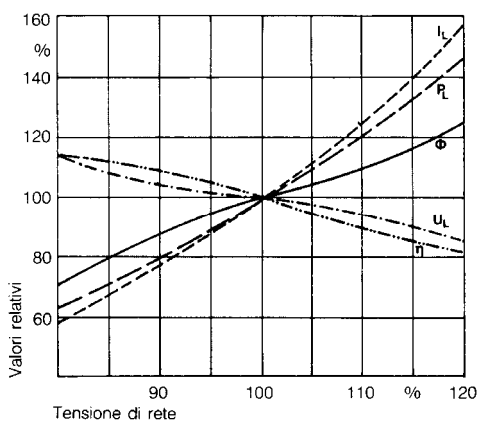
Gli attacchi nelle lampade a catodo caldo, come è possibile osservare nella fig. 5.13b, sono due, in corrispondenza di ciascuna delle due estremità, ed ognuno è munito di due contatti. Un caso particolare è quello delle lampade circolari che hanno un attacco singolo munito di 4 contatti.

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.

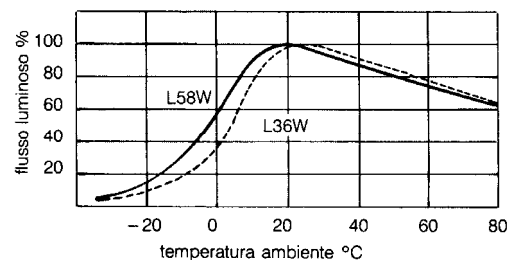
Ad una temperatura inferiore, l'emissione decresce rapidamente, mentre ad una temperatura superiore l'emissione di flusso luminoso decresce progressivamente, ma in modo meno rapido, come mostrato nella fig. 5.14b.

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.



Legenda:

ϕ = flusso luminoso.
 U_L = tensione di lampada.
 η = efficienza luminosa.
 I_L = corrente di lampada.
 P_L = potenza di lampada.



I tipi più comuni di lampade fluorescenti hanno la massima efficienza luminosa alla normale temperatura ambiente (20 °C), cui corrisponde una temperatura sulla superficie del tubo di circa 40 °C.

Fig. 5.14 - 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 bi-metallica.

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 °C a 8 °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.

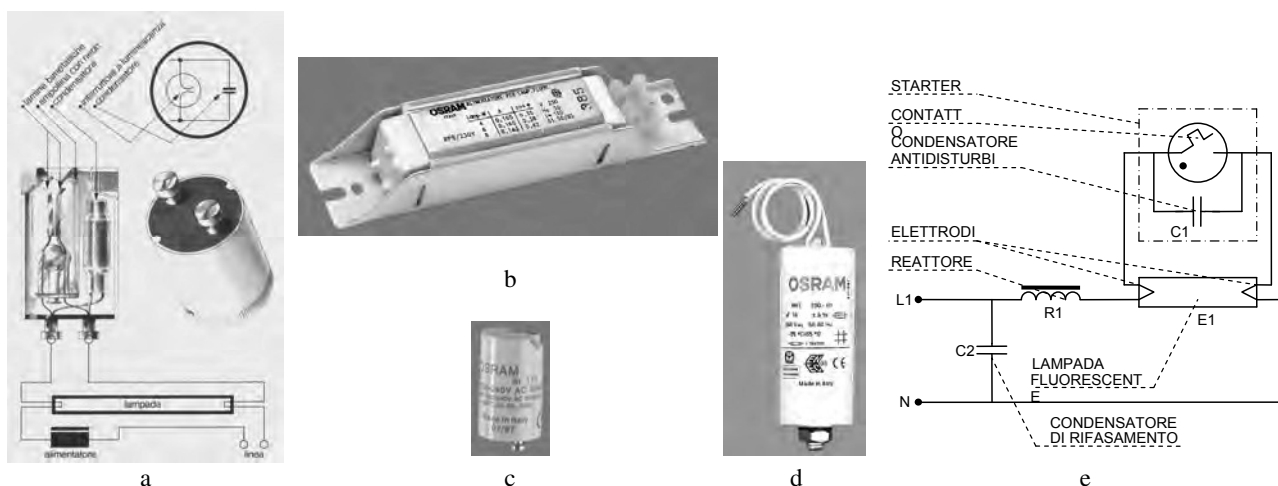


Fig. 5.15 - a) Schema elettrica interno, spaccato e inserimento dello starter a luminescenza nel circuito di alimentazione. Da notare che lo starter consuma potenza solo durante l'operazione di accensione (Osram) - b) Esempio di reattore per lampade fluorescenti - c) Esempio di starter elettronico. Si 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. 5.15e), 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. 5.15e e fig. 5.16 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.

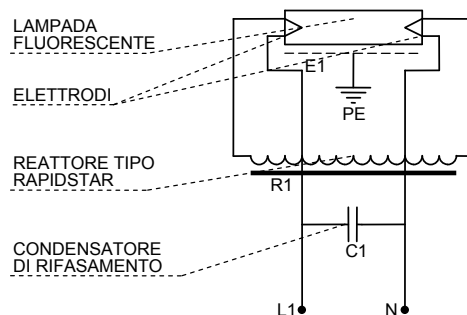


Fig. 5.16 - Schema di principio di una lampada fluorescente a catodo preriscaldato tipo rapidstar. Si noti la presenza del condensatore di rifasamento C1 e della striscia metallizzata fissata sul tubo.

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. 5.8 - 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. 5.9 - 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. 5.10 - 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.

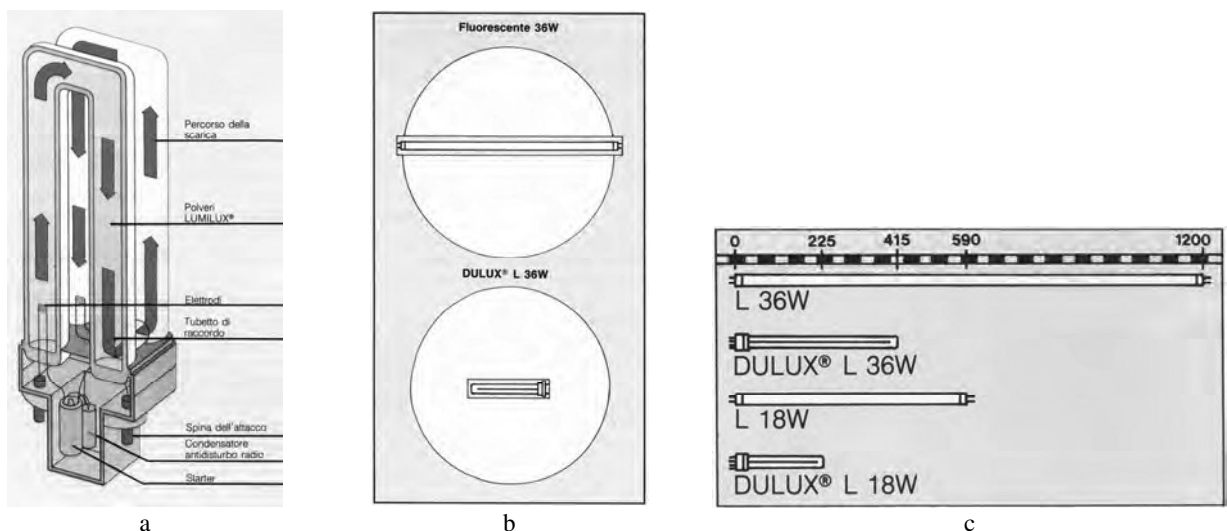


Fig. 5.17 - a) Schema di funzionamento di una lampada fluorescente compatta DULUX D - b) Confronto tra la superficie illuminante di una lampada tradizionale fluorescente lineare da 36 W e una lampada fluorescente compatta DULUX L 36 W - c) Confronto tra le lunghezze, a parità di potenza, tra alcuni tipi 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. 5.18-1, 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. 5.18-4, 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. 5.18a. 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.

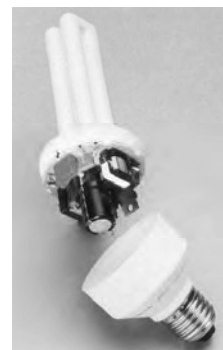
Negli ultimi anni sono stati compiuti notevoli progressi nella costruzione di questi tipi di lampade.

- 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

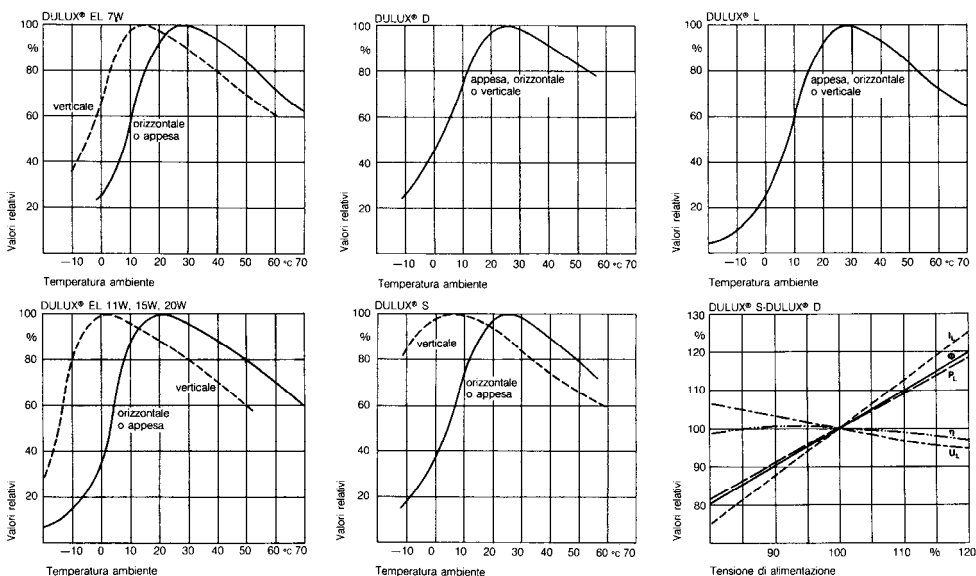
Fig. 5.18 - a) Esempi di lampade fluorescenti compatte: 1) DULUX EL REFLECTOR, 2) CIRCOLUX EL, 3) DULUX EL GLOBE, 4) DULUX S, 5) DULUX S/E, 6) DULUX L, 7) DULUX D, 8) DULUX D/E, 9) DULUX EL. Confronto tra lampade fluorescenti compatte e lampade ad incandescenza a parità di flusso luminoso. Si noti il 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 vengono 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. 5.11 - Confronto tra flusso luminoso e potenza elettrica assorbita tra lampade fluorescenti compatte (Osram).



Legenda:

ϕ = flusso luminoso.
 U_L = tensione di lampada.
 η = efficienza luminosa.
 I_L = corrente di lampada.
 P_L = potenza di lampada.

Fig. 5.19 - 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.

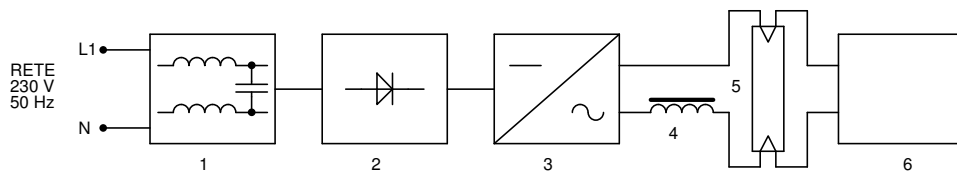


Fig. 5.20 - Schema a blocchi di un alimentatore per lampade fluorescenti ad alta frequenza. Si noti il circuito aggiuntivo per il preriscaldamento degli elettrodi prima dell'innesco, reso necessario in quanto, rispetto alle tradizionali lampade a fluorescenza, la corrente che attraversa la lampada è molto bassa. 1) filtro - 2) raddrizzatore e protezioni - 3) generatore ad alta frequenza (inverter) - 4) induttore - 5) lampada fluorescente - 6) pre-riscaldamento 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.

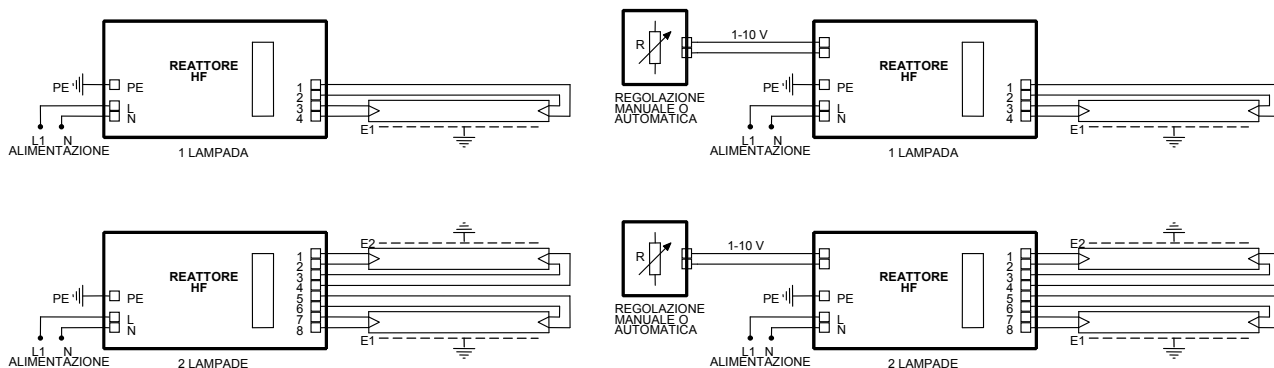


Fig. 5.21 - Esempio di utilizzo di reattori elettronici ad alta frequenza per l'alimentazione di lampade fluorescenti. A sinistra con funzionamento fisso, a destra con regolazione del flusso luminoso (dimming) che può essere effettuata in modo manuale tramite un potenziometro oppure in modo automatico 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.

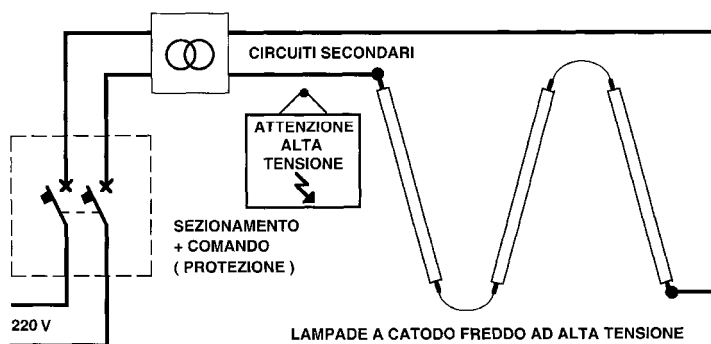


Fig. 5.22 - Esempio di collegamento di lampade fluorescenti a catodo freddo. Da notare l'alimentatore in grado di fornire una tensione molto alta, necessaria per il funzionamento di queste lampade.

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.

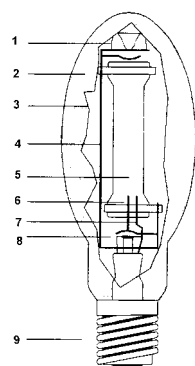
5.7 Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione a bulbo fluorescente e luce miscelata

Una lampada a vapori di mercurio è costituita, come è mostrato in fig. 5.23, 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 Ω .

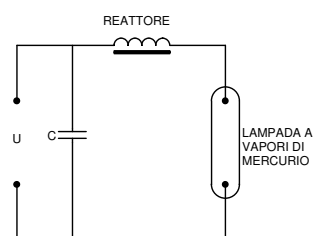
Similmente a quanto avviene per le lampade tubolari fluorescenti, il tubo è alimentato attraverso un'induttanza avvolta su un nucleo ferromagnetico che ha la funzione di stabilizzare l'arco.

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.



Legenda:

- 1) molletta di supporto;
- 2) bulbo di supporto;
- 3) rivestimento interno in fosforo;
- 4) supporto;
- 5) tubo di scarica in quarzo;
- 6) elettrodo ausiliario;
- 7) elettrodo primario;
- 8) resistenza;
- 9) attacco a vite.



a

b

Fig. 5.23 - 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'innescò 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.

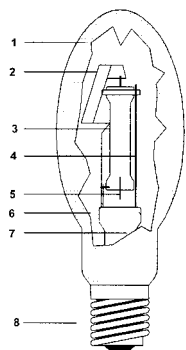
L'impiego tipico è perciò l'illuminazione interna di ambienti vasti e alti, come capannoni industriali, stand fieristici, palestre, ecc., ed esterni come piazze, strade, campi sportivi, gallerie, aree pedonali.

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. 5.12 - 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. 5.24 - 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 egregio le lampade ad incandescenza di grande potenza.

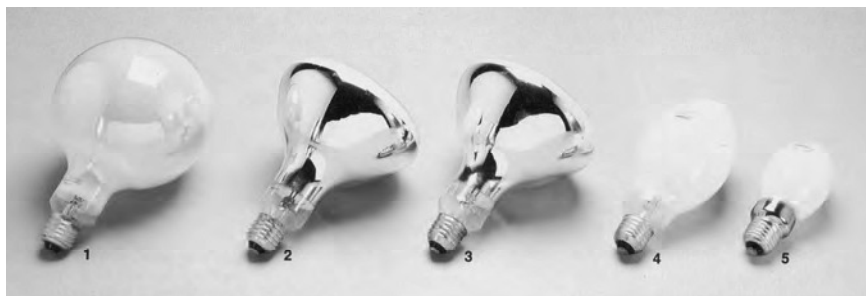


Fig. 5.25 - Esempi di lampade a vapori di mercurio e a luce miscelata: 1) SUPER DE LUXE di tipo sferico, 2) DE LUXE con riflettore incorporato e luce miscelata, 3) DE LUXE con riflettore incorporato, 4) Standard ellissoidale a luce miscelata, 5) Standard ellissoidale (Osram).

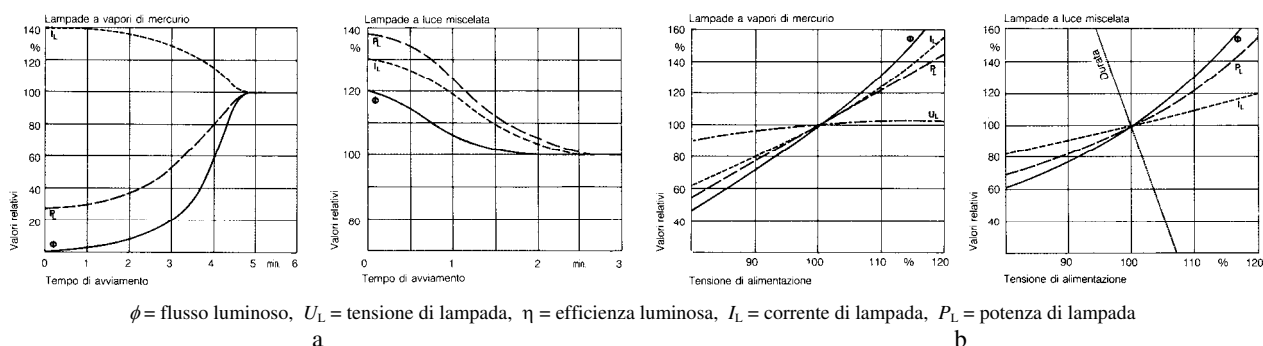


Fig. 5.26 - a) Diagrammi che rappresentano la variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento della lampada durante la fase di avviamento delle lampade a vapore di mercurio e a luce miscelata - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade a vapore di mercurio e a luce miscelata (Osram).

5.8 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.

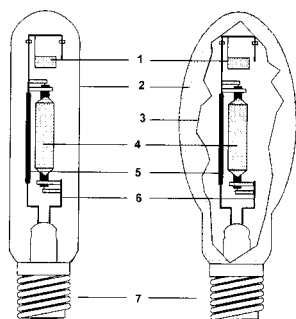
Come è possibile osservare nella fig. 5.27a, il tubo di scarica è simile a quello della lampada a vapori di mercurio, ma può mancare l'elettrodo di accensione.

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. 5.27b.

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.



Legenda:

- 1) getter per mantenere il vuoto;
- 2) ampolla;
- 3) rivestimento interno;
- 4) tubo di scarica in quarzo;
- 5) elemento di protezione e supporto;
- 6) supporto;
- 7) attacco a vite.

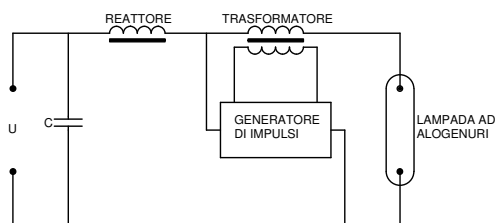


Fig. 5.27 - a) Esempio di lampada ad alogenuri metallici - b) Schema di collegamento di un alimentatore per una lampada ad alogenuri. Il condensatore C serve per rifasare il circuito.

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.

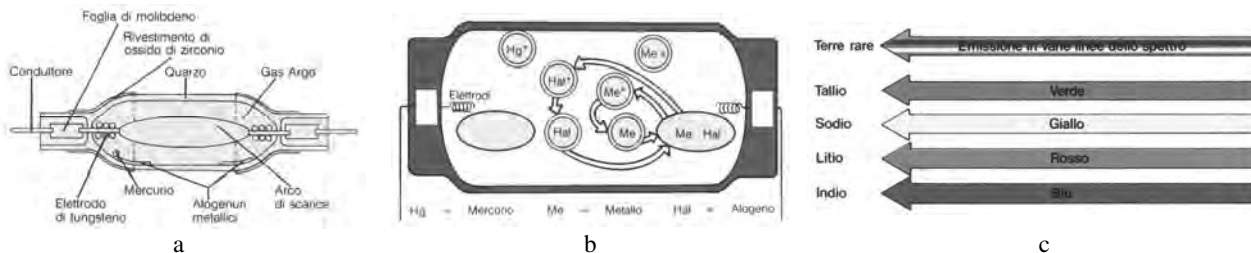


Fig. 5.28 - a) Elementi caratteristici di una lampada a vapori di alogenuri - b) Processo ciclico alogeno-metallo - c) Tipo di colore/radiazioni a seconda del tipo di metallo aggiunto nel tubo di scarica al mercurio (Osram).

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.

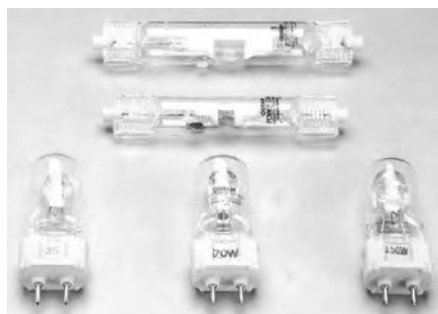


Fig. 5.29 - Lampade a vapori di alogenuri di piccola potenza modello POWER STAR HQI da 35 W, 70 W, 150 W con attacco tipo G12 (tipo T) e da 70 W e 150 W a doppio attacco tipo R7s (tipo TS) (Osram).

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	$R_a = 60\div 90$	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. 5.13 - 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. 5.30, sono impiegati in tutte quelle applicazioni in cui è necessario avere un'ottima qualità di luce, accompagnata da bassi costi di gestione.



Fig. 5.30 - 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) Elissoidale, tipo E, 4) Tubolare chiara, tipo T (Osram).

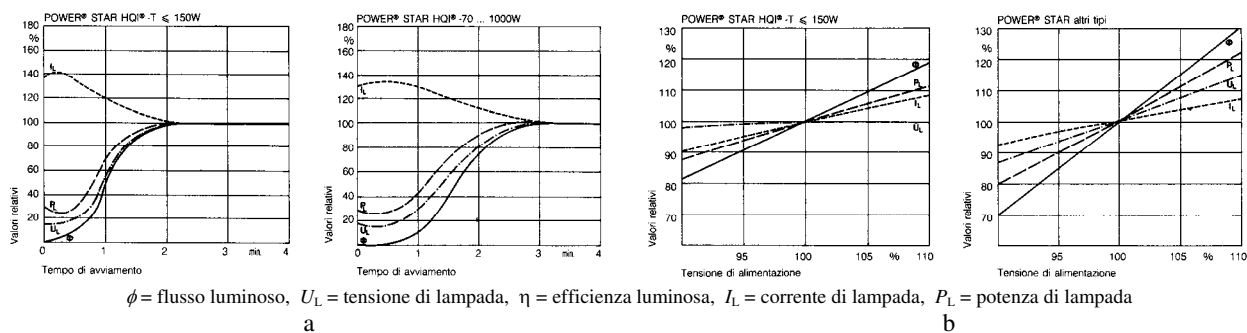


Fig. 5.31 - Lampade ad alogenuri: a) Variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento di alcuni tipi durante la fase di avviamento - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade (Osram).

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
Bulbo ellissoidale fluorescente	3500	2120	100	430	300000	82
	250	275	90	226	18000	65
	360	385	120	292	26000	68

Tab. 5.14 - 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).

5.9 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.

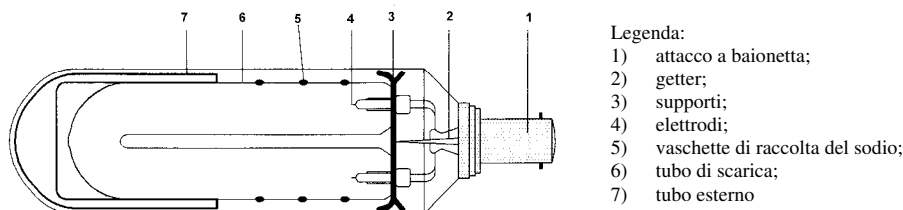


Fig. 5.32 - Esempio di lampada a vapori di sodio a bassa pressione.

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.

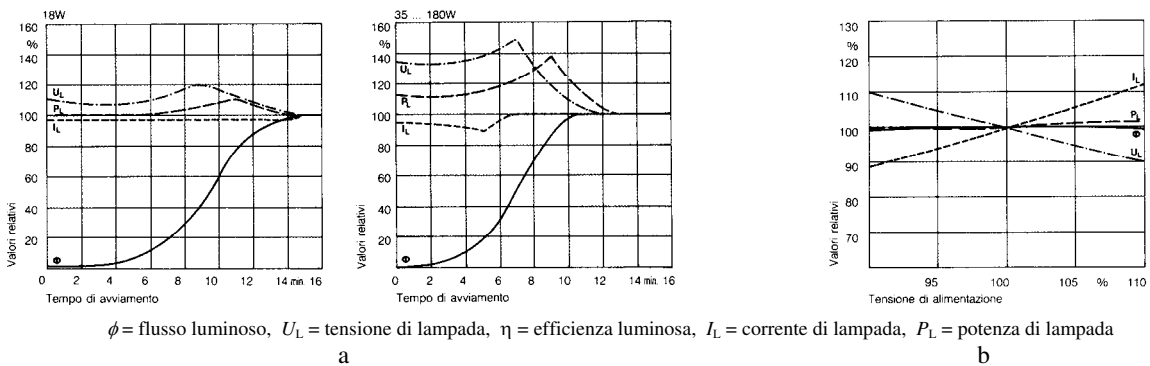
Queste lampade sono caratterizzate dall'emissione di una luce monocromatica e quindi tutta la radiazione visibile emessa è concentrata in prossimità del punto di picco della curva di sensibilità dell'occhio umano (colore giallo-verde, pari a 555 nm).

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.

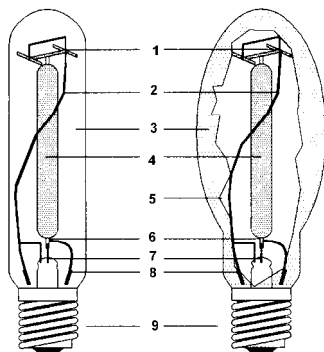


Le lampade a vapori di sodio ad alta pressione derivano da quelle a vapore di sodio a bassa pressione che nel lontano 1932 furono le prime sorgenti luminose a scarica in gas ad essere messe in commercio.

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%.



Legenda:

- 1) mollette di fissaggio e centratura;
- 2) supporto elicoidale;
- 3) ampolla tubolare o a bulbo;
- 4) tubo di scarica in allumina sinterizzata;
- 5) rivestimento interno di fosforo;
- 6) estremità del tubo di scarica;
- 7) supporto;
- 8) getter per mantenere l'alto vuoto;
- 9) attacco a vite.

Fig. 5.34 - 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.

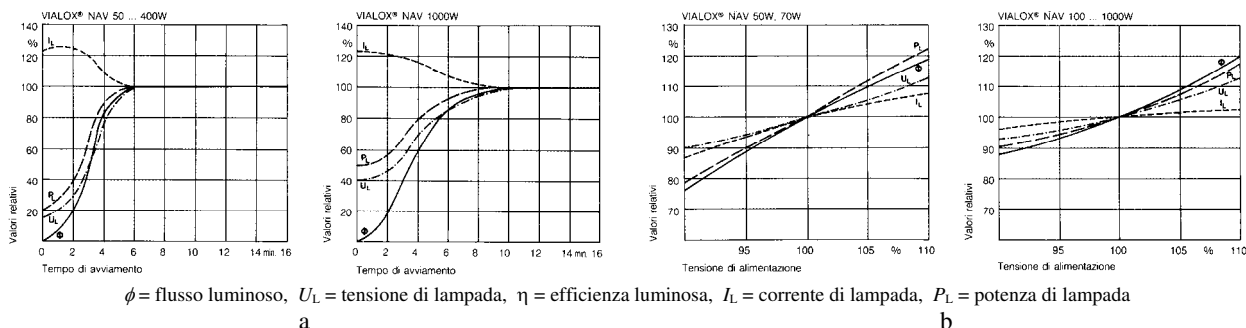


Fig. 5.35 - Lampade a vapori di sodio a bassa pressione standard: a) Variazione percentuale delle grandezze relative al funzionamento di alcuni tipi durante la fase di avviamento - b) Influenza della tensione di alimentazione sul funzionamento delle lampade (Osram).

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	$R_a = 20\div30$	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. 5.15 - 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.

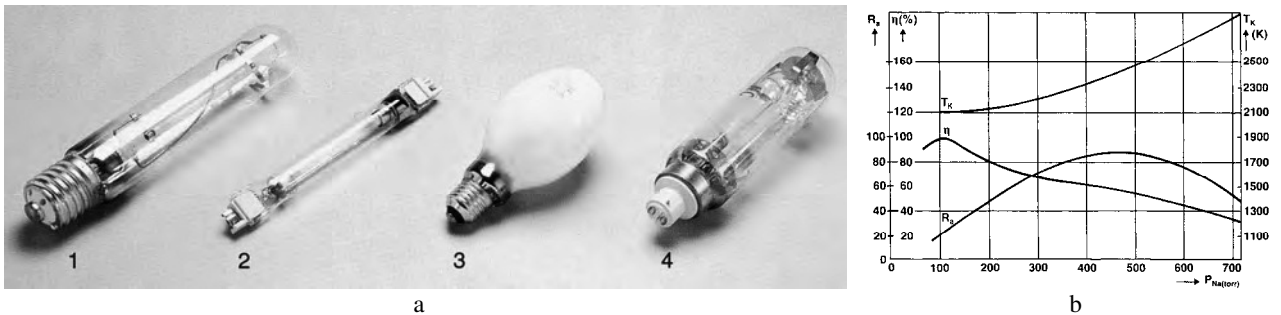


Fig. 5.36 - a) Lampade a vapori di sodio: 1) Tipo ad alta pressione standard tubolare in vetro chiaro, 2) Tipo ad alta pressione standard tubolare con attacchi laterali, 3) Tipo ad alta pressione standard con bulbo diffondente ellissoidale, 4) Tipo a bassa pressione tubolare in vetro chiaro (Osram) - 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.

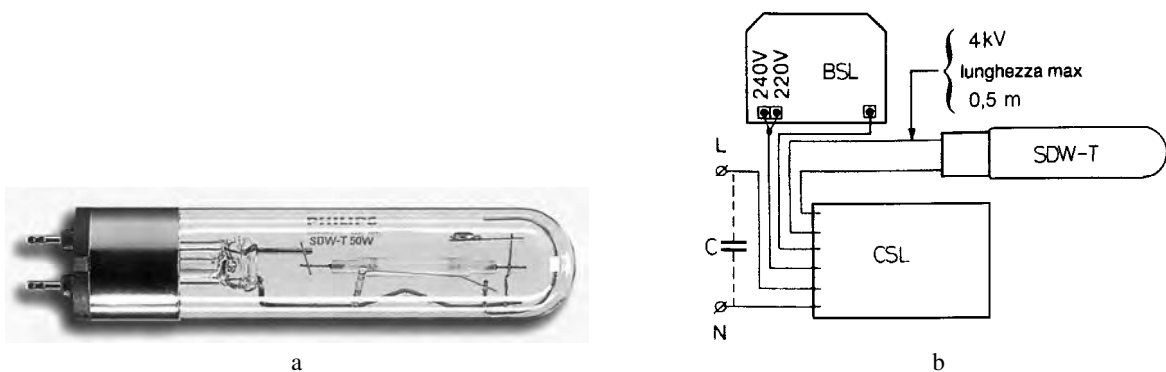


Fig. 5.37 - a) Lampade a vapori di sodio tipo ad alta pressione a luce bianca (White Son) - b) Circuito di alimentazione. Si noti il condensatore di rifasamento C (Philips).

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. 5.37a, 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. 5.37b.

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. 5.16 - 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.

5.10 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. 5.38a.

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. 5.38b, 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.

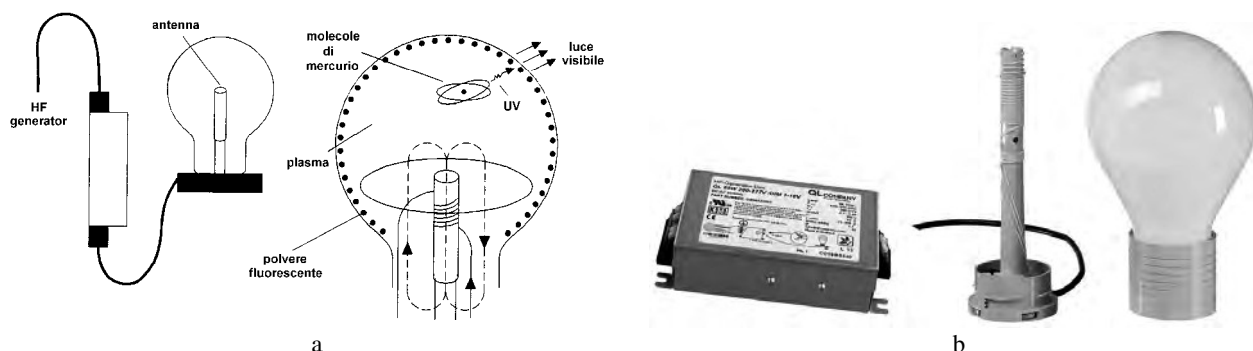


Fig. 5.38 - a) Principio di funzionamento delle lampade ad induzione - b) Esempio di lampada ad induzione tipo QL e relativo alimentatore elettronico.

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 risulti 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.

5.11 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: fosforo di gallio, GaAsP: fosforo arseniuro 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.

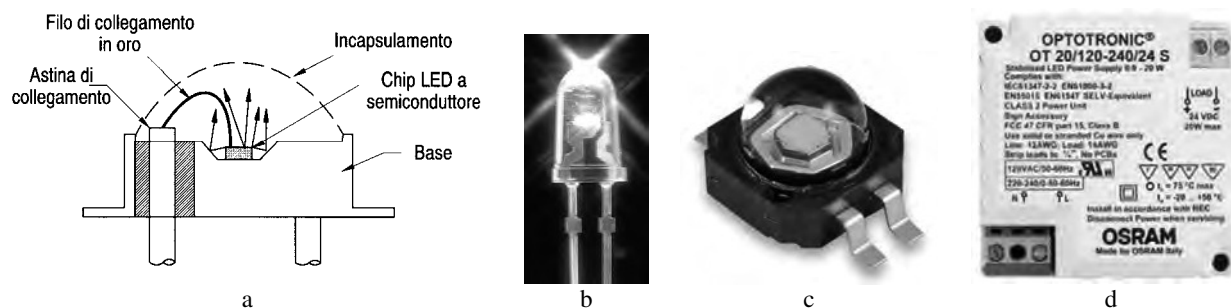


Fig. 5.39 - a) Principio di funzionamento dei diodi LED - b) Esempio di diodo LED convenzionale con il contenitore (package) tipo THT, si notino i due terminali per il collegamento elettrico - c) Esempio di diodo LED di nuova generazione con il contenitore (package) tipo SMT, per il montaggio su circuito 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. 5.40c; 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. 5.43b, 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.

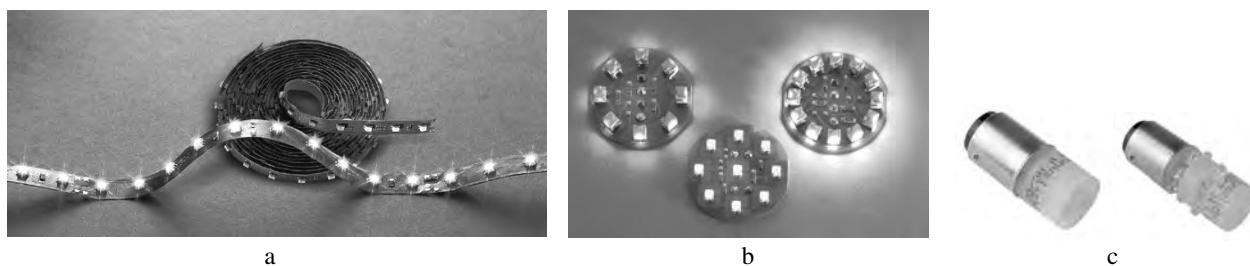


Fig. 5.40 - a) Esempio di piastrina flessibile con diodi LED di tipo SMT. Funziona mediante l'uso di appositi alimentatori in corrente continua a corrente costante - b) Esempi di moduli compatti di forma rotonda montati su di un circuito stampato rigido. La luce viene emessa verso l'alto nel modulo posto 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 AC/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. 5.41 - 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) dotato 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.

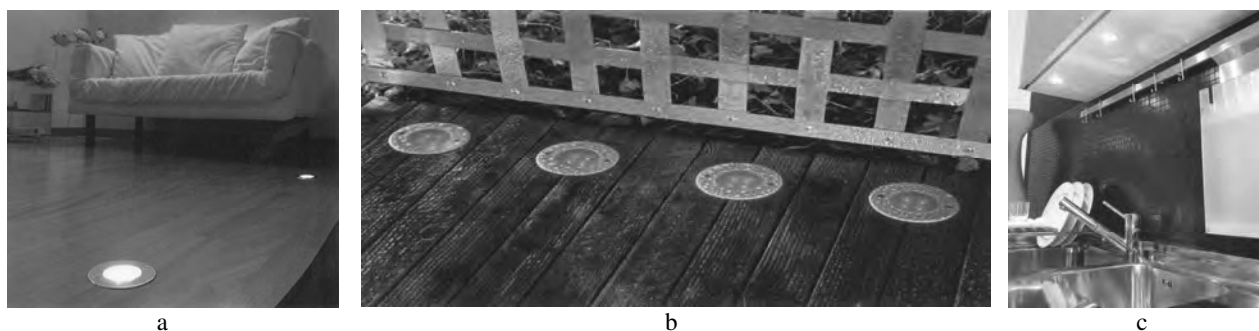


Fig. 5.42 - Esempi di applicazione delle lampade LED: a) Indicatore di percorso in un interno - b) Indicatore di percorso in esterno - c) Illuminazione in un locale cucina (Osram).

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. 5.43 - 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.

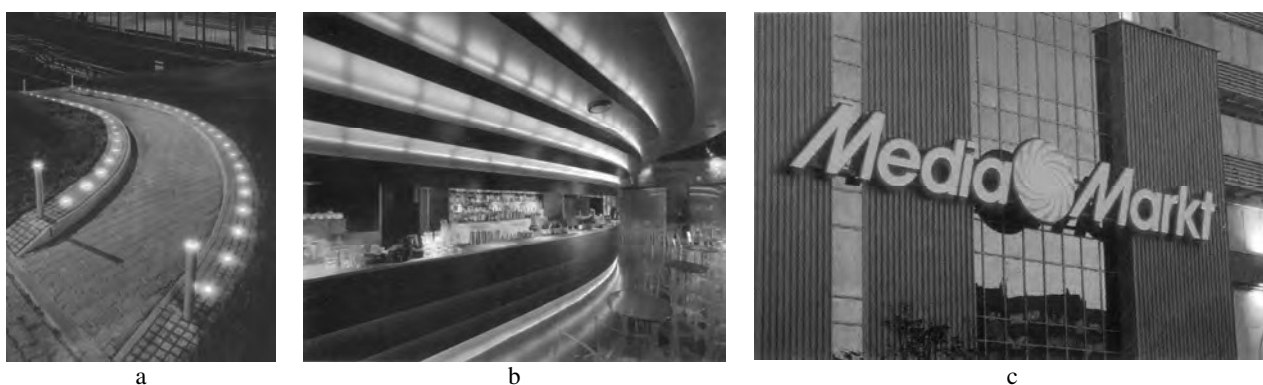


Fig. 5.44 - Esempi di applicazione delle lampade LED: a) Demarcazione di un percorso pedonale - b) Illuminazione d'effetto in un bar - c) Insegna luminosa (Osram).

5.12 Lampade per applicazioni speciali (nel CD-Rom allegato)

5.13 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:

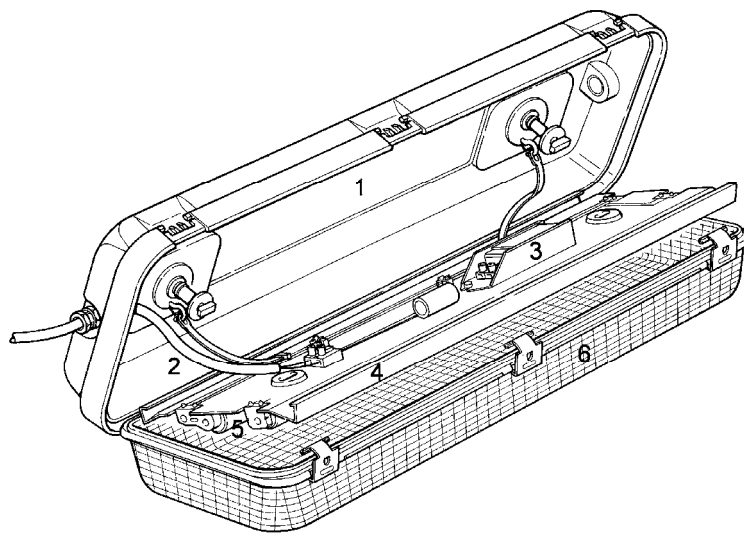
- secondo il *grado di mobilità* si hanno apparecchi fissi, cioè che non possono essere spostati facilmente, apparecchi mobili, caratterizzati dal collegamento alla rete elettrica mediante una presa a spina e infine apparecchi portatili, destinati a funzionare quando sono utilizzati manualmente da una 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. 5.49.

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. 5.49 - 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. 5.50.

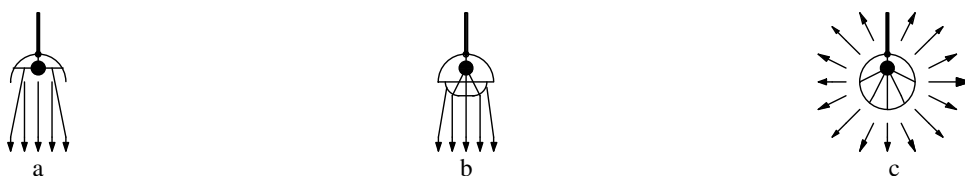


Fig. 5.50 - Tipologia degli apparecchi di illuminazione secondo il sistema ottico: a) Riflettori - b) Rifrattori - c) Diffusori.

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 prismaticizzati 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. 5.51 - 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).

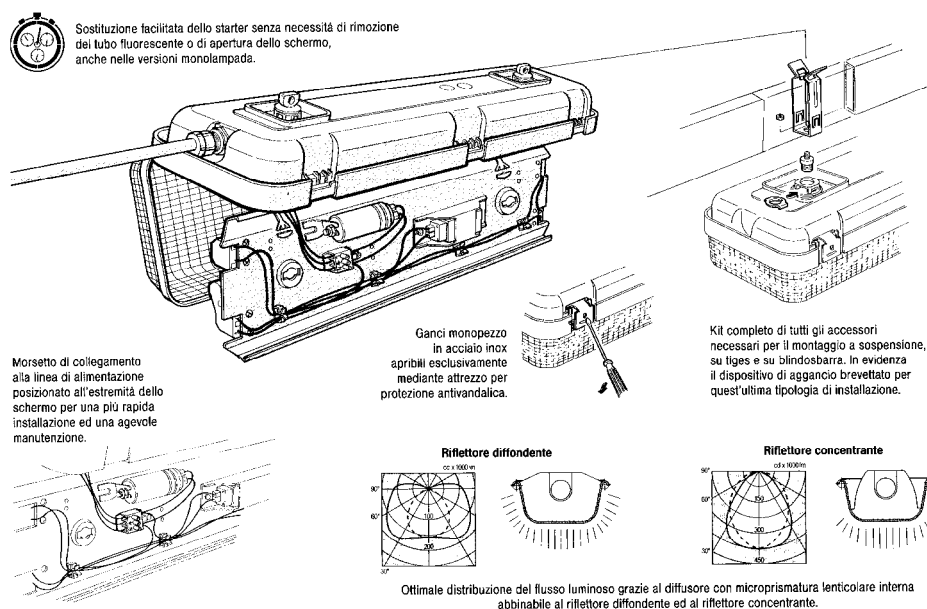


Fig. 5.52 - Esempio di plafoniera stagna ad alto rendimento in policarbonato IP65 per una o due lampade fluorescenti da 18 W, 36 W, 58 W (Gewiss).

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;

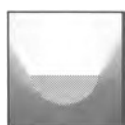


apparecchi per illuminazione generale diffusa: emettono un uguale flusso luminoso sia al di sopra sia al di sotto del piano orizzontale passante per la sorgente; sono consigliabili in uffici e negozi;



apparecchi per illuminazione indiretta: emettono al di sopra del piano orizzontale passante per la sorgente un flusso luminoso compreso tra il 90% e 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.

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.

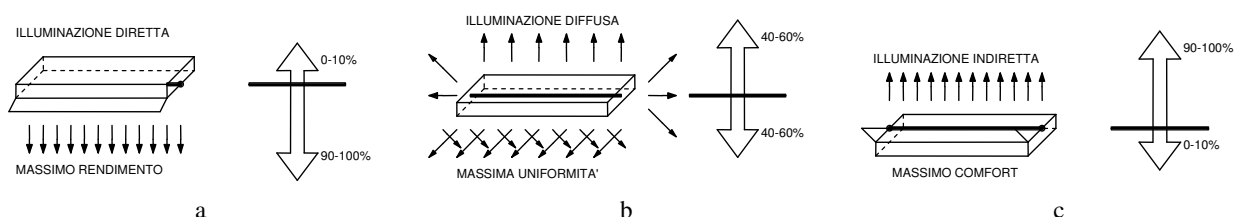


Fig. 5.53 - Esempio di distribuzione del flusso luminoso: a) Illuminazione diretta - b) Illuminazione diffusa - c) Illuminazione indiretta (Codime).

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.

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 magaz-

zino, 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.

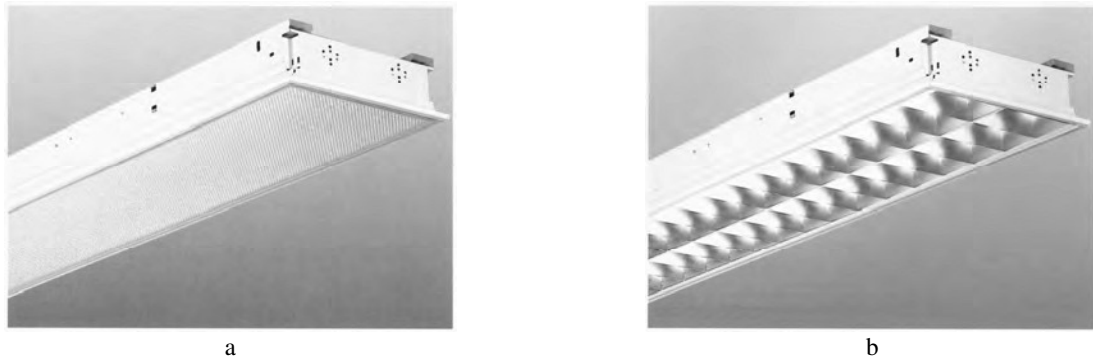


Fig. 5.54 - Esempio di plafoniera da incasso: a) Con diffusore in metacrilato con prismatura che ottimizza la distribuzione del flusso luminoso e limita l'abbagliamento - b) Con schermo realizzato in alluminio anodizzato satinato per ottenere un'illuminazione efficiente e dall'elevato comfort visivo (Philips).

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.

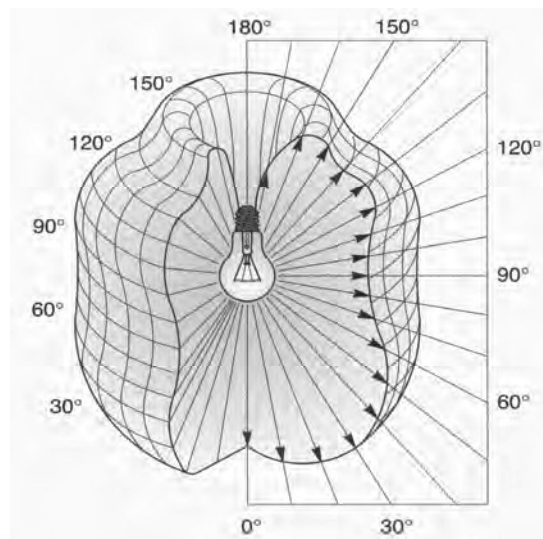


Fig. 5.55 - Rappresentazione del solido fotometrico di una lampada ad incandescenza.

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.

Gli apparecchi come i riflettori di fig. 5.50a 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. 5.57 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.

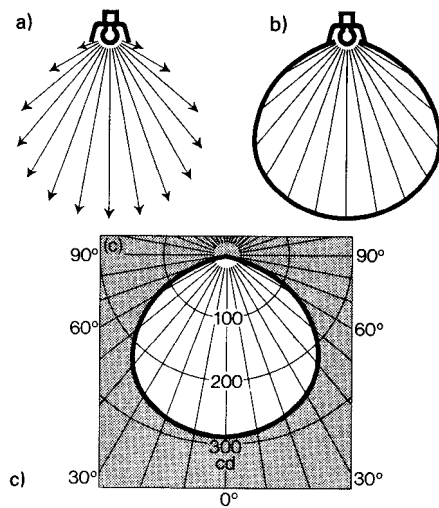


Fig. 5.56 - Costruzione di una indicatrice fotometrica (Osram).

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.

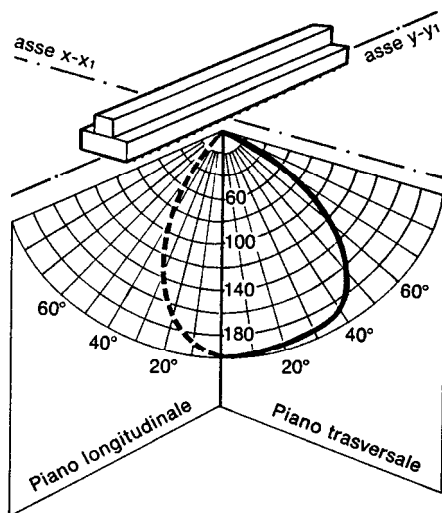


Fig. 5.57 - Indicatrici fotometriche di un apparecchio illuminante per lampade fluorescenti lineari.

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. 5.58.

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.

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.

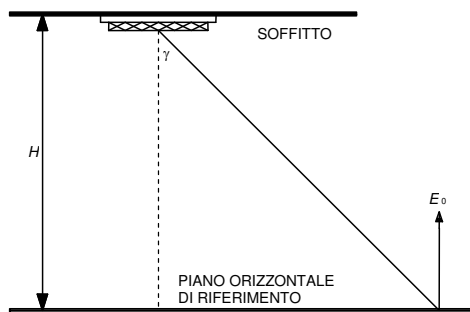
I valori dell'intensità luminosa vengono riferiti ad un flusso di 1000 lm allo scopo di consentire raffronti tra apparecchi di diversa provenienza.

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.



Esempio di impiego.

Considerando l'indicatrice fotometrica di fig. 5.56 nella direzione di 50° l'intensità di capo è di circa 200 cd/1000 lm.

Se l'apparecchio di illuminazione emette globalmente un flusso di 3000 lm, l'intensità è di $I = 600$ 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:

$$E_0 = 600/9 = 66,66 \text{ lx.}$$

Fig. 5.58 - Esempio di applicazione di un'indicatrice fotometrica.

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.

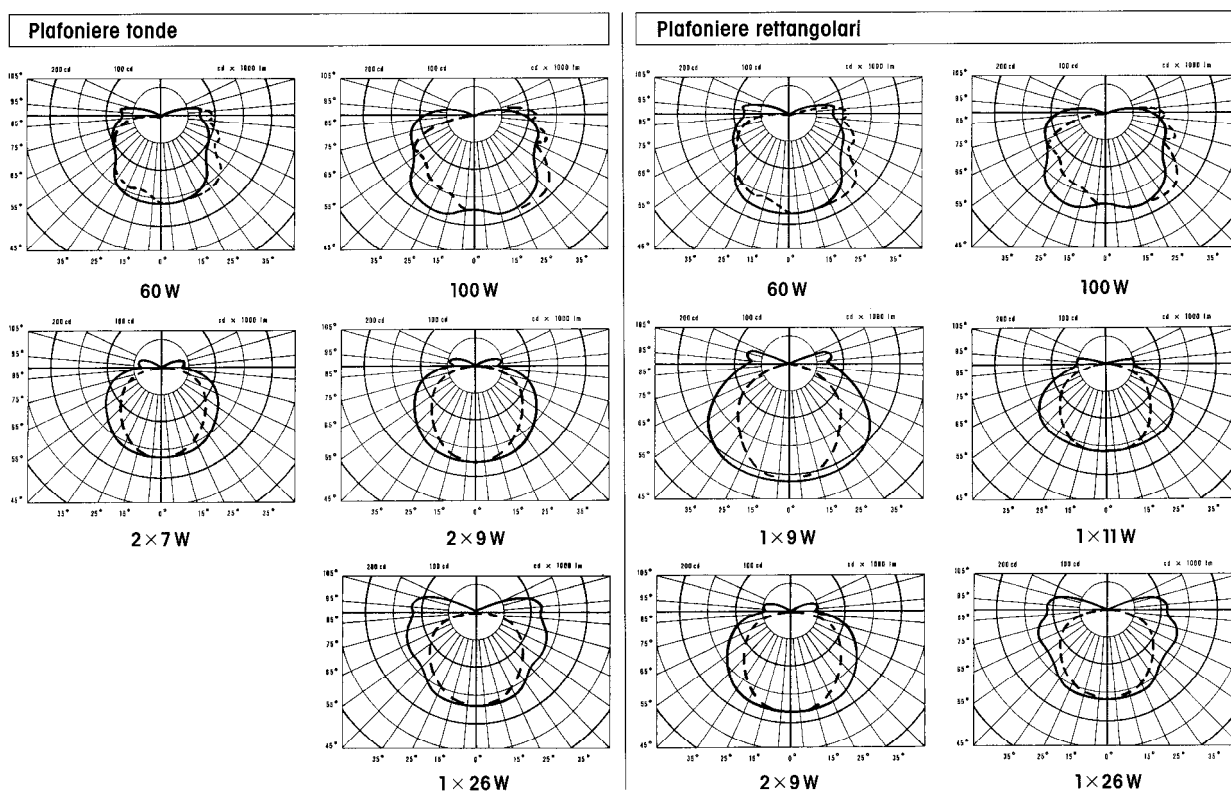


Fig. 5.59 - Esempio di curve fotometriche riferite a plafoniere tonde e rettangolari con lampade ad incandescenza o fluorescenti di diversa potenza (Gewiss).

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. 5.60.

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.

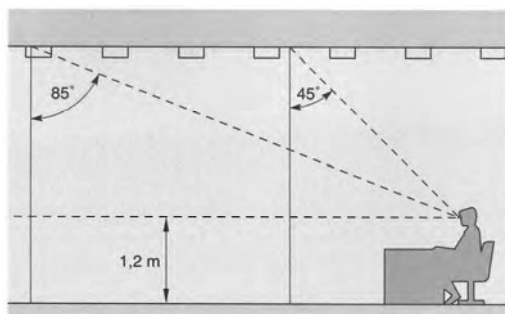


Fig. 5.60 - Ad un angolo di 85° corrispondono apparecchi visti dall'osservatore quasi in linea all'occhio con lo sguardo rivolto all'orizzonte, mentre a 45° gli apparecchi sono visti da una posizione molto più ravvicinata.

Nella tab. 5.17 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. 5.17 - Classi di abbagliamento.

Sovrapponendo le curve di emissione degli apparecchi nel diagramma delle curve limite di luminanza, si può verificare la rispondenza e l' idoneità 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.

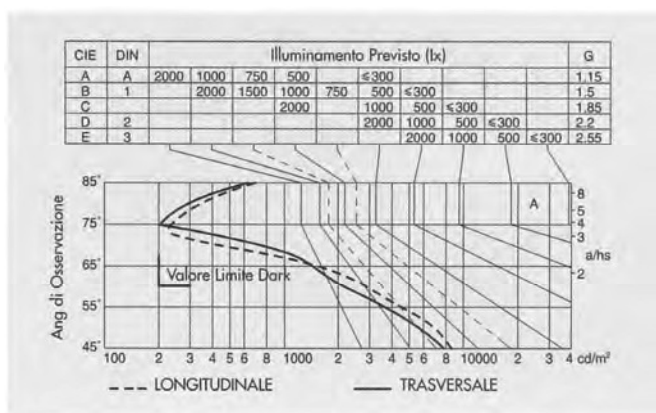















Fig. 5.61 - Esempio di applicazione delle curve limite in funzione delle classi di qualità definite per i singoli ambienti e del valore medio di illuminazione previsto nell'ambiente stesso per un determinato apparecchio di illuminazione (curve di emissione longitudinale e trasversale) (Gewiss).

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. 5.62 e fig. 5.63, 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 LAMPADIE																
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	cable		HQI-TS 1000/D/S				9,60	90.000	90	5.900	1A	6.000	
HIT-DE	MN		2.000	cable		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			SPL 1000/T	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			SPL 2000/I/T	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	SHP 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	SHP 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	SHP-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	SHP-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	SHP 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	SHP 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	SHP 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	SHP-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	SHP-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	SHP-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	SHP-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	SHP-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	SHP-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	SHP-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. 5.62 - 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	FSQ			7	2G7		DULUX S/E 7	PL-S/4P 7	LYNX-SE 7	BIAX S/E 7	0,17	400	87	4.000	1B
TC-SEL	FSQ	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	FSQ	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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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	FSQ		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-TEU	FSQ		120	2G8	GW 88 793	DULUX 120	PL-H 120			0,80	9.000	73	4.000	1B	20.000
TC-TEU	FSQ		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	5.000
Alogene a bassa tensione															
QT 12	HSG		50	GY6,35		HALOSTAR 644405	CAPSULELINE 13102	AXIAL 12V/50W	Q50 T3/12V	-	950	19	4.200	1A	3.000
QT 12	HSG		75	GY6,35		HALOSTAR 644505	CAPSULELINE 13101	AXIAL 12V/75W	Q75 T3/12V	-	1.500	20	4.100	1A	3.000
QT 12	HSG		100	GY6,35		HALOSTAR 644585	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. 5.63 - Principali caratteristiche delle lampade installabili sulle apparecchiature illuminanti (Gewiss).

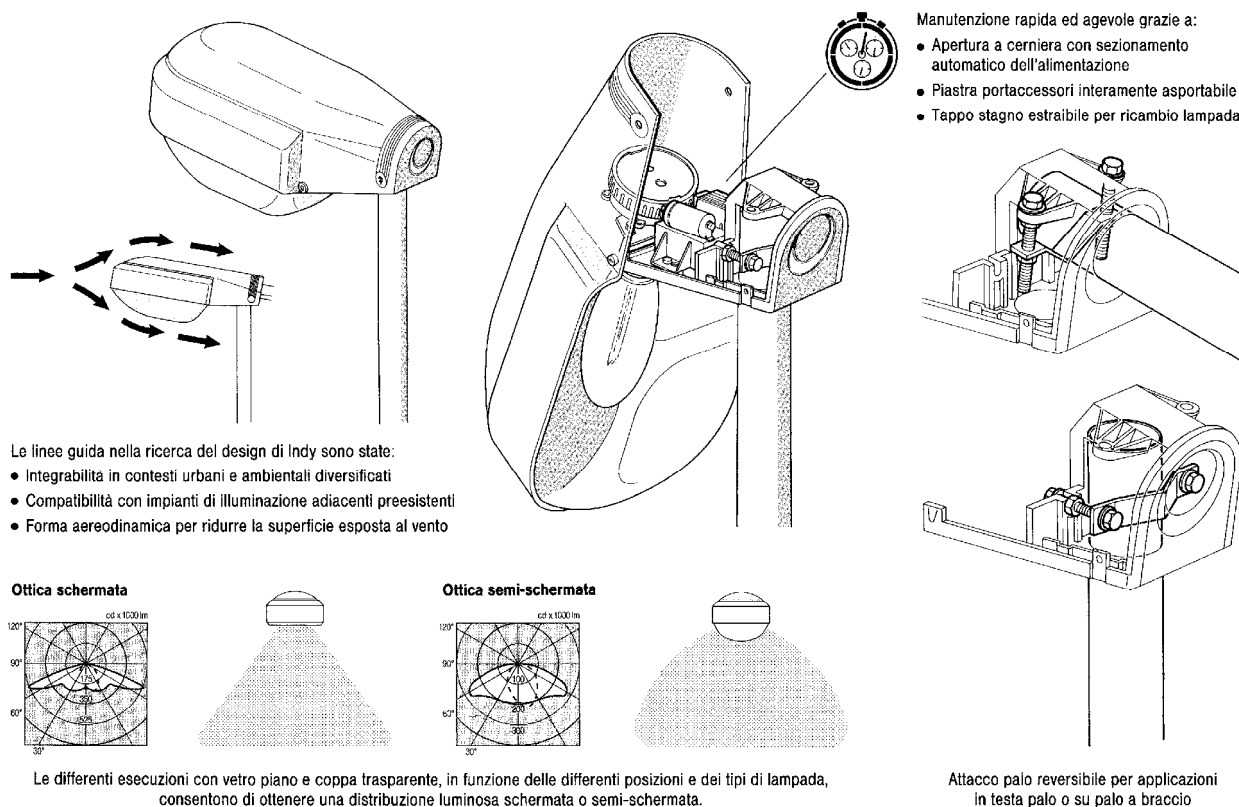


Fig. 5.64 - Esempio di apparecchio per l'illuminazione stradale con lampada a scarica (sodio ad alta pressione, mercurio con bulbo fluorescente) cablato e rifasato (Gewiss).

I dati elettrici degli apparecchi di illuminazione in termini di potenza, tensione e corrente vanno riferiti 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:

- a) 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;
- b) il grado di infiammabilità della superficie su cui sono montati. La 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 rammolliscono; 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. 5.65 - 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 quarto capitolo.

Nella tab. 5.18 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	Poliamide	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	2	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. 5.18 - Comportamento di alcuni materiali, con cui sono costruiti gli apparecchi illuminanti, agli agenti chimici e corrosivi (Gewiss).

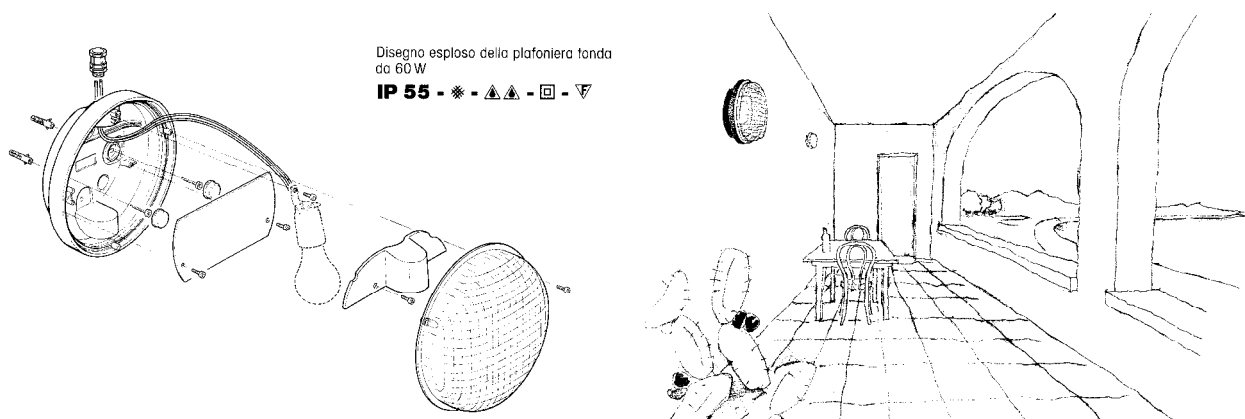


Fig. 5.66 - Esempio di plafoniera tonda stagna IP55 con lampada ad incandescenza da 60 W ad uso civile e terziario (Gewiss).

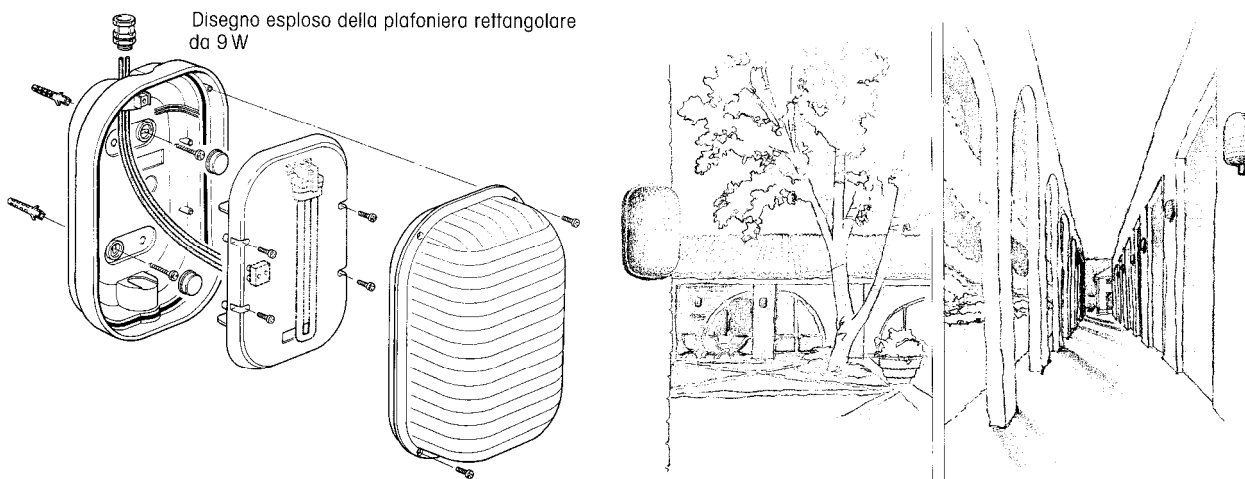
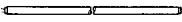










Fig. 5.67 - Esempio di plafoniera rettangolare IP55 con lampada fluorescente compatta da 9 W ad uso civile e terziario (Gewiss).

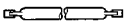



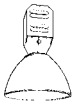

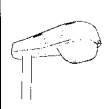
LAMPADE FLUORESCENTI			ZENITH		NAUTILUS		IRIDE				MANTA
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	2 x	1 x	4 x	1 x
	18	1.450	•	•	•	•	•	•			
	36	3.450	•	•	•	•	•	•			
	58	5.400	•	•	•	•	•	•			
	22	1.000							•		•
	32	2.150							•		•
	32 + 40	2.150 + 3.000							•		•


LAMPADE 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					•		•










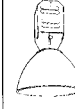


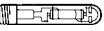
LAMPADE AD INCANDESCENZA E FLUORESCENTI COMPATTE (con attacco E27 - B22)			RETTA	TARTA	HOBBY	GUSCIO	BOLLA	TONDA	LOOK
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
	max. 40	430			•				
	max. 60	730		•		•	•	•	•
	max. 100	1.380	•			•	•	•	
	max. 25	1.200							•










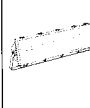
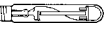
* Valori massimi indicativi espressi in lumen. Per una precisa individuazione dei flussi emessi si consiglia di consultare i cataloghi specifici dei produttori di lampade.

Fig. 5.68 - Plafoniere, lampade di emergenza e segnalazione, residenziale: tipo di lampada, potenza elettrica e flusso luminoso emesso (Gewiss).

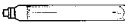


LAMPADE ALOGENE			DOMUS	GENIUS	LAMPADE A SCARICA Mercurio Bulbo Fluorescente				
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *			KONO	HERCULES	CITY	ATLANTIS	
	200	3.200	●	●					
	300	5.000	●	●					
	400	7.200		●					
	500	9.500		●					
	750	16.500		●					
	1000	22.000		●					
1500	33.000		●						

LAMPADE A SCARICA Mercurio Bulbo Fluorescente			POTENZA (W)		FLUSSO LUMINOSO (lm) *		KONO	HERCULES	CITY	ATLANTIS
	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) *										
	JM-E	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) *										
	SAP-E	70 (1)	5.600							●	●	
		100	9.500							●	●	
		150	14.000								●	
		250	25.000					●	●		●	
		400	47.000					●	●		●	
	SAP-TS	70	7.000	●								
	100	10.000		●								
	150	14.500		●							●	
	250	27.000			●		●				●	
	400	48.000			●		●				●	
SAP-T	1000	130.000				●						

(1) LAMPADA SENZA ACCENDITORE.

LAMPADE A SCARICA Sodio Bassa Pressione			METRO	TUNNEL	
	POTENZA (W)	FLUSSO LUMINOSO (lm) *			
	SBP	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. 5.69 - Proiettori, riflettori, apparecchi stradali e per gallerie: tipo di lampada, potenza elettrica e flusso luminoso emesso (Gewiss).

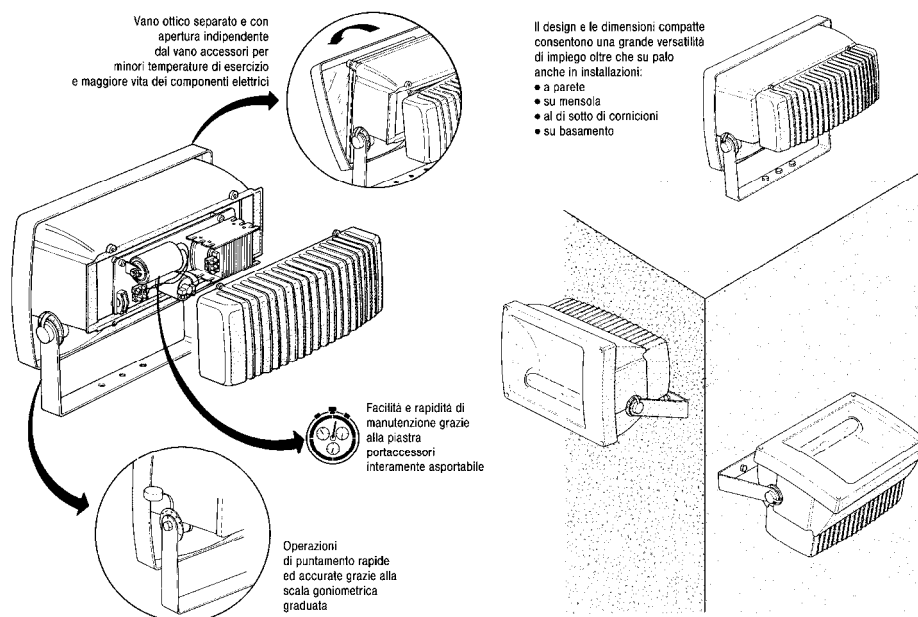
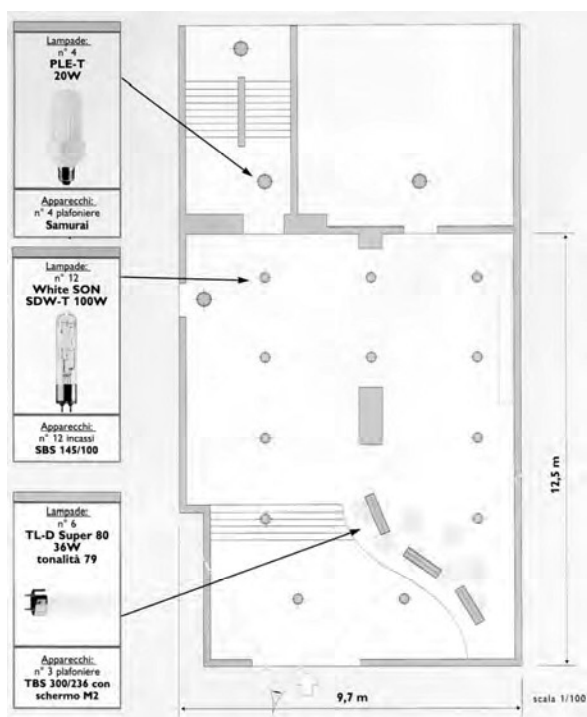


Fig. 5.70 - Esempio di proiettore per lampada a scarica (sodio ad alta pressione, ioduri metallici, mercurio con bulbo fluorescente) cablato e rifasato (Gewiss).

5.14 Esecuzione e gestione degli impianti di illuminazione (nel CD-Rom allegato)

5.15 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. 5.74 - 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.

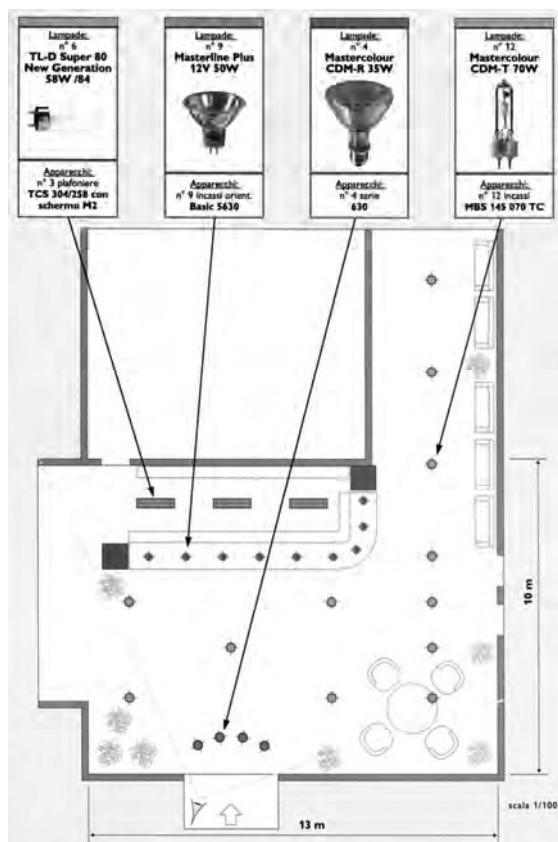
Hotel. L'illuminazione in alberghi e hotel contribuisce fortemente a rendere accogliente e gradevoli per la clientela tutti i luoghi destinati all'ospitalità: dagli esterni (ingressi, giardini, parchi) agli interni (aree pubbliche di ricevimento, sale ristorazione e locali bar, sale di lettura, conversazione 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, Plusline, 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. 5.75 - 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.

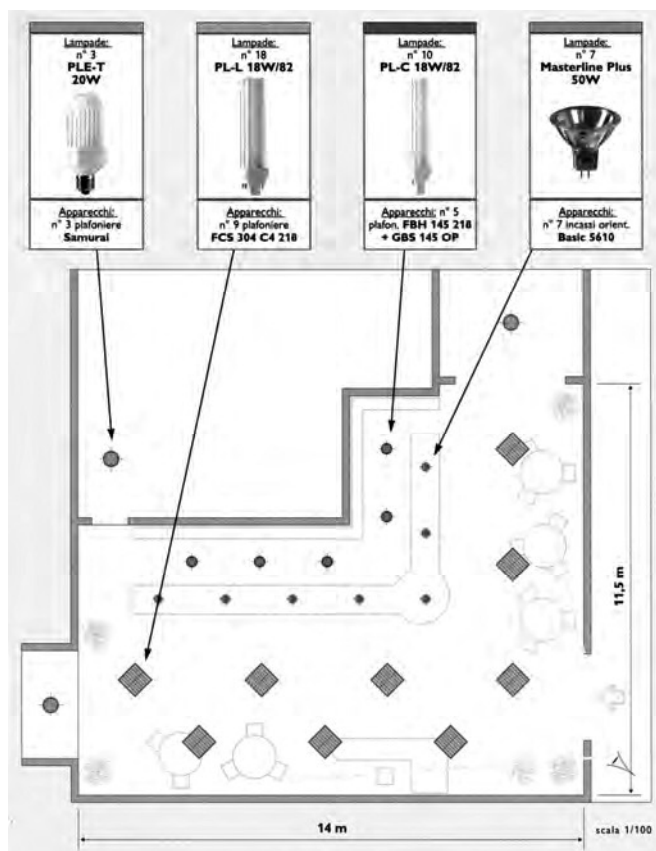
Spesso l'hotel ha un'illuminazione esterna: zona dell'ingresso principale, facciata fronte strada, giardino, aree di parcheggio, in funzione ogni notte per molte ore.

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. 5.76 - 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. 5.77 - 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.

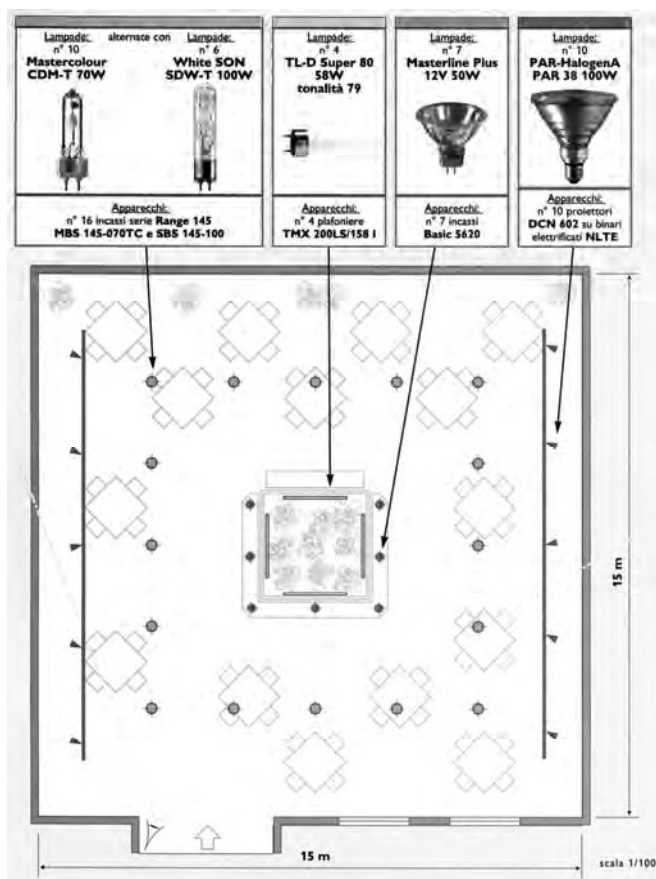
Occorre selezionare degli apparecchi che, senza abbagliare, proiettino un'adeguata quantità di luce in tutte le direzioni.

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. 5.78 - 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 TL-D 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.

Negozi. 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.

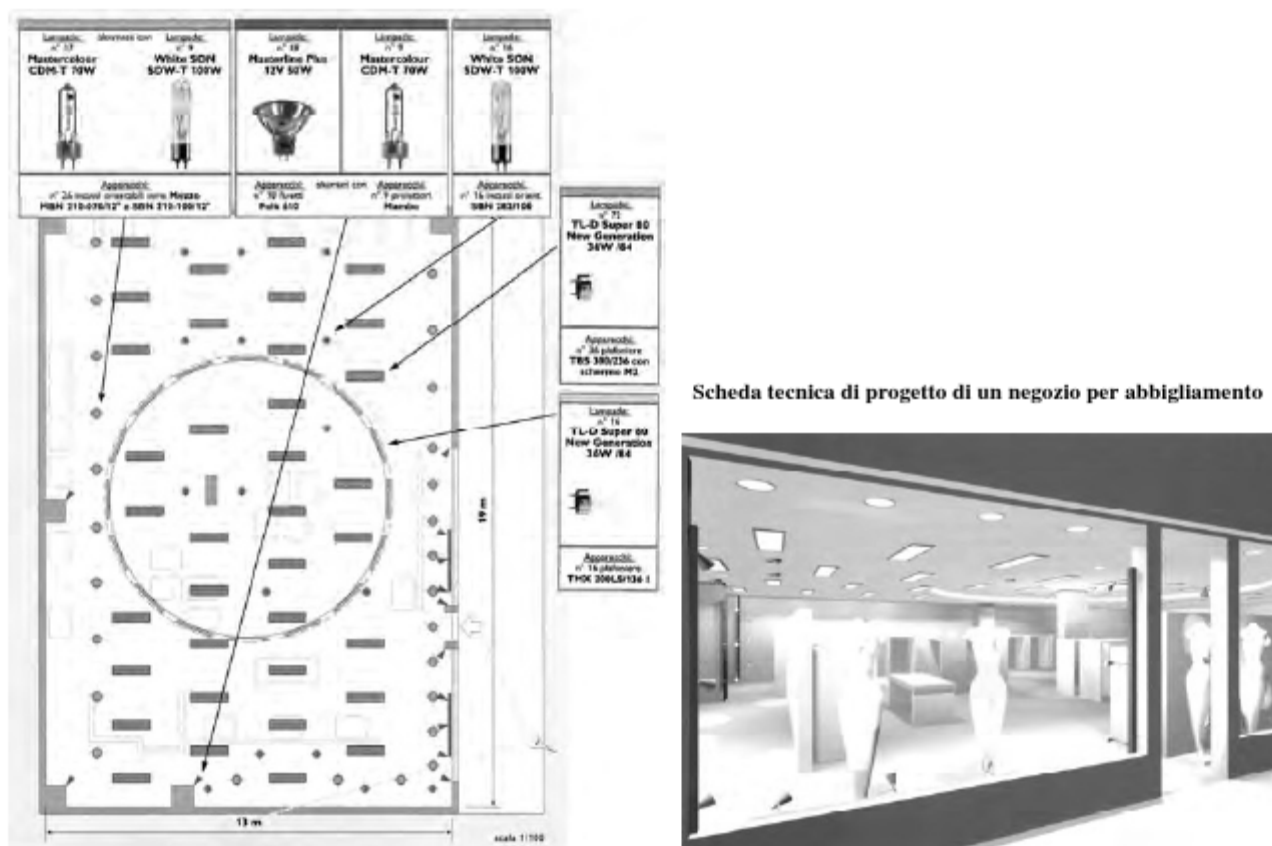


Fig. 5.79 - Scheda tecnica di progetto di un negozio per abbigliamento (Philips).

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. 5.80 - Esempi di illuminazione: a) Ristorante - b) Negozio per la vendita di scarpe (Philips).

5.16 Esempio d'illuminazione d'interni: uffici (nel CD-Rom allegato)**5.17** Esempio d'illuminazione d'interni: edifici industriali (nel CD-Rom allegato)**5.18** Esempio d'illuminazione d'interni: centri vendite (nel CD-Rom allegato)**5.19** 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** consiste 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.

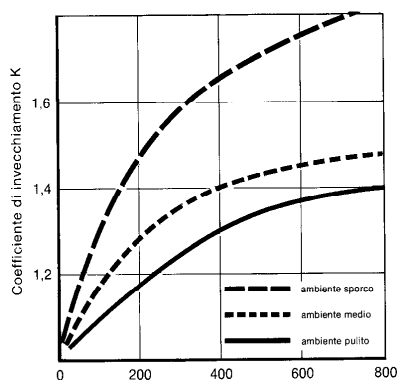
Nell'ambiente di lavoro si tratta di un requisito che influisce sia sul livello di produttività sia su quello della attenzione; il comfort visivo non è misurabile direttamente, ma è influenzato principalmente dal contrasto di luminanza.

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. 5.20 e tab. 5.21).

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 .



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. 5.88 - Valori indicativi del coefficiente d'invecchiamento k .

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.

		E_m (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					
	Mensole	200	22	80	
	Bagni	100	22	80	
	Infermerie	300	19	80	
	Locali di cure mediche	500	16	90	
Sale di comando					
	Sale impianti	200	25	60	
	Sale telex	500	19	80	
Magazzini / depositi refrigeranti					
	Depositi e magazzini scorte	100	25	60	
	Area spedizione imballaggio 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 - macelli	200	25	80	
Cemento - calcestruzzo, laterizi					
	Essiccazione	50	28	20	
	Preparazione dei materiali	200	28	40	
	Lavoro macchina in generale	300	25	80	
Industria Chimica, plastico 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:				
	Grezza: Es. grandi trasformatori	300	25	80	
	Media: 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	
	Pintrolforno	100	25	40	
	Postazioni di lavoro nel cubilotta 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					
	Archiviazione, fotocopie	300	19	80	
	Disegno tecnico	750	16	80	
	Stazioni di lavoro CAD	500	19	80	
	Archivio	200	25	80	

E_m : illuminamento medio consigliato nelle aree di lavoro. UGR: grado di abbagliamento derivante dagli apparecchi d'illuminazione. R_a : indice di resa cromatica delle sorgenti luminose.

Tab. 5.20 - 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	Corridenti	300	22	80	
Fiere di settore	Illuminazione generale	300	22	80	
Ritiro libri	Scaffali	200	19	80	
	Zona lettura	500	19	80	
	Banca	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		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	Temp. > 5000° K
	Impianti sportivi, palestra, piscine	300	22	80	
	Manua	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	
Reparti	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	
Sale per cure mediche	Esami e cure	1000	19	90	
	Dialisi	500	19	80	
	Sala gesso	500	19	80	
Sale operatorie	Massaggi e radioterapia	300	19	80	
	Sala pre-operatoria e di risveglio	500	19	90	
Reparto cure intensive	Sala operatoria	1000	19	90	
	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 informazione, Check-in	500	19	80	
	Sale d'attesa	200	22	80	
	Torne di controllo traffico	500	16	80	
	Hangar riparazioni	500	22	80	
	Impianti ferroviari	Sottopassaggi per passeggeri, piattaforme coperte	50	28	40
Azienda 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 di illuminazione. Ra: indice di resa cromatica delle sorgenti luminose.

Tab. 5.21 - Requisiti di illuminazione per interni secondo la norma UNI EN 12464.

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 Em 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. 5.22.

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. 5.22 - Illuminamento minimo nelle zone immediatamente circostanti il piano di lavoro.

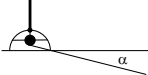
Quando le luminanze interne al campo visivo hanno elevate differenze, si ha il fenomeno dell'**abbagliamento** che si distingue in due livelli.

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. 5.23.

Angoli minimi di schermatura delle sorgenti luminose				
	Illuminamento della lampada (cd/m ²).	20000 \leq 50000	≥50000 \leq 500000	≥500000
	Angolo di schermatura α.	15°	20°	30°

Tab. 5.23 - 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. 5.24 - 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.

5.20 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. 5.25 e la tab. 5.26).

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 ocre, 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. 5.25 - 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 simili	60
	pannelli di masonite crema	50÷60
	calcestruzzo	15÷40
	noce e quercia scura	15÷20
	mattoni rossi	5÷25
Riflessione mista	smalto bianco	70÷90
	alluminio satinato	70÷85
	alluminio spazzolato	55÷58
	cromo satinato	50÷55

Tab. 5.26 - 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÷25 m², con interdistanze non superiori a 5÷6 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.

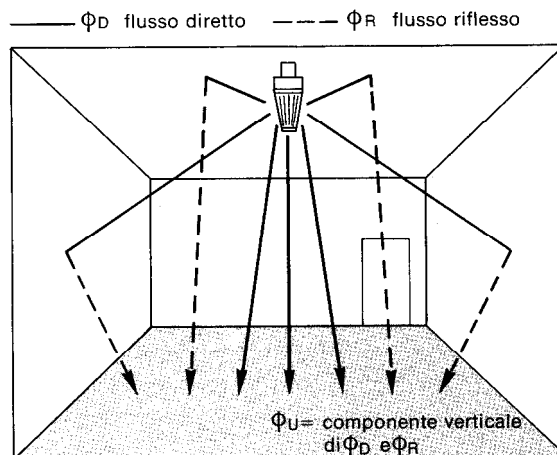


Fig. 5.89 - Formazione del flusso utile in un ambiente interno. Si noti come il flusso utile ϕ_U è ottenuto con il contributo delle componenti quasi verticali del flusso diretto ϕ_D e del flusso riflesso ϕ_R .

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. 5.93, 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. 5.90, 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.

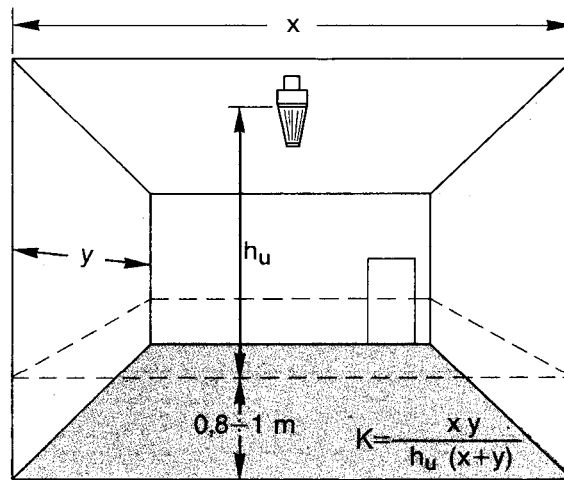


Fig. 5.90 - L'indice del locale K è un numero empirico che classifica dimensionalmente i locali ai fini della scelta del fattore di utilizzazione U .

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).

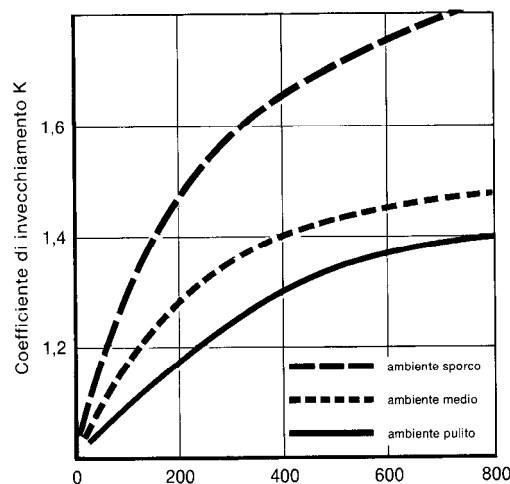


Fig. 5.91 - Valori indicativi del coefficiente d'invecchiamento (k) totale in funzione del programma di manutenzione. Il coefficiente di invecchiamento è $k = 1/M$, dove M rappresenta il fattore di manutenzione.

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. 5.92.

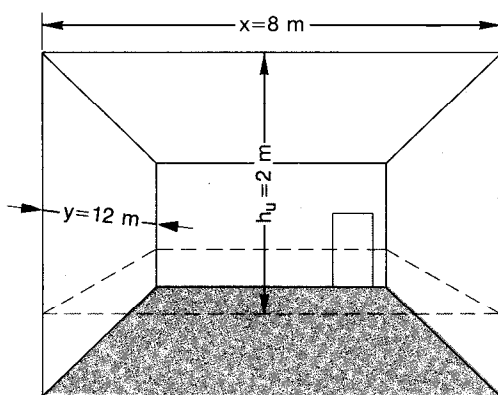


Fig. 5.92 - Dimensioni del locale da illuminare.

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. 5.93, il valore 2,4 risulta compreso nell'intervallo da 2,25 a 2,75.

b) Si calcola ora la superficie del locale:

$$S = x \cdot y \quad S = 8 \cdot 12 \quad S = 96 \text{ m}^2$$

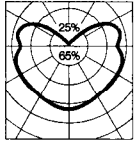

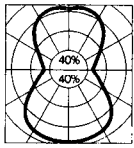
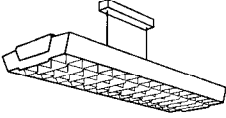
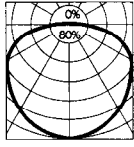

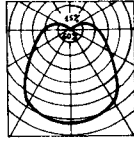
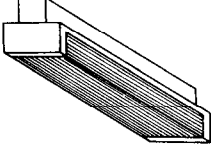
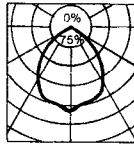
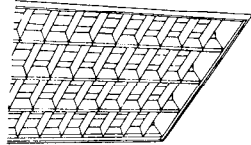
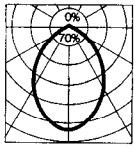

N°	Tipo di illuminazione e distanziamento	Apparecchi illuminanti			Indice del locale K	Fattore di riflessione del soffitto								
		Fattore di manutenzione M				75%			50%			30%		
		buono <i>b</i>	medio <i>m</i>	pessimo <i>p</i>		Fattore di riflessione delle pareti								
						50%	30%	10%	50%	30%	10%	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	
		 0,80 0,70 0,60	0,70 ÷ 0,90	0,39	0,32	0,27	0,35	0,29	0,25	0,27	0,34	0,30	0,31	0,27
			0,90 ÷ 1,10	0,44	0,37	0,32	0,40	0,34	0,30	0,31	0,37	0,34	0,36	0,32
			1,10 ÷ 1,40	0,49	0,42	0,37	0,45	0,39	0,34	0,36	0,42	0,39	0,40	0,36
			1,40 ÷ 1,75	0,54	0,47	0,42	0,49	0,43	0,39	0,40	0,47	0,44	0,45	0,42
			1,75 ÷ 2,25	0,60	0,54	0,49	0,54	0,49	0,45	0,45	0,51	0,48	0,49	0,46
			2,25 ÷ 2,75	0,64	0,58	0,54	0,58	0,54	0,50	0,49	0,55	0,52	0,53	0,49
			2,75 ÷ 3,50	0,67	0,62	0,58	0,61	0,57	0,53	0,52	0,58	0,56	0,56	0,53
			3,50 ÷ 4,50	0,71	0,67	0,63	0,65	0,61	0,58	0,56	0,62	0,60	0,60	0,57
			4,50 ÷ 6,00	0,73	0,70	0,66	0,67	0,64	0,61	0,59	0,65	0,63	0,63	0,59
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	
		 0,75 0,70 0,65	0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,29	0,27	0,26	0,24
			0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,33	0,31	0,30	0,28
			1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,37	0,34	0,33	0,30
			1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,40	0,37	0,36	0,32
			1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,43	0,40	0,39	0,36
			2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,47	0,44	0,43	0,39
			2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,50	0,47	0,46	0,42
			3,50 ÷ 4,50	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,53	0,50	0,49	0,44
			4,50 ÷ 6,00	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,55	0,52	0,51	0,46
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	
		 0,75 0,65 0,55	0,70 ÷ 0,90	0,46	0,42	0,38	0,46	0,41	0,38	0,41	0,46	0,43	0,46	0,43
			0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,50	0,46	0,43	0,46	0,50	0,47	0,49	0,47
			1,10 ÷ 1,40	0,54	0,50	0,48	0,53	0,50	0,47	0,49	0,54	0,50	0,52	0,50
			1,40 ÷ 1,75	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,50	0,52	0,58	0,54	0,56	0,54
			1,75 ÷ 2,25	0,62	0,59	0,56	0,60	0,58	0,56	0,58	0,62	0,59	0,61	0,62
			2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,61	0,65	0,63	0,61	0,62	0,67	0,64	0,65	0,62
			2,75 ÷ 3,50	0,69	0,66	0,63	0,67	0,65	0,63	0,64	0,70	0,68	0,69	0,66
			3,50 ÷ 4,50	0,72	0,70	0,67	0,70	0,68	0,66	0,67	0,73	0,71	0,71	0,68
			4,50 ÷ 6,00	0,74	0,71	0,69	0,72	0,70	0,68	0,69	0,75	0,73	0,73	0,70
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	
		 0,75 0,65 0,55	0,70 ÷ 0,90	0,28	0,23	0,19	0,25	0,22	0,18	0,20	0,28	0,25	0,24	0,22
			0,90 ÷ 1,10	0,32	0,28	0,24	0,30	0,25	0,23	0,24	0,32	0,28	0,28	0,25
			1,10 ÷ 1,40	0,37	0,32	0,29	0,34	0,30	0,26	0,28	0,37	0,34	0,33	0,30
			1,40 ÷ 1,75	0,41	0,36	0,32	0,36	0,32	0,30	0,31	0,41	0,37	0,36	0,32
			1,75 ÷ 2,25	0,46	0,41	0,37	0,41	0,37	0,35	0,35	0,46	0,42	0,41	0,37
			2,25 ÷ 2,75	0,48	0,44	0,41	0,43	0,41	0,38	0,37	0,48	0,45	0,44	0,41
			2,75 ÷ 3,50	0,50	0,47	0,43	0,44	0,42	0,41	0,40	0,50	0,47	0,46	0,43
			3,50 ÷ 4,50	0,54	0,49	0,47	0,46	0,44	0,43	0,42	0,54	0,50	0,49	0,46
			4,50 ÷ 6,00	0,55	0,53	0,50	0,50	0,48	0,46	0,44	0,55	0,52	0,51	0,48
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	
		 0,75 0,65 0,55	0,70 ÷ 0,90	0,45	0,41	0,38	0,44	0,41	0,38	0,40	0,45	0,43	0,45	0,43
			0,90 ÷ 1,10	0,49	0,46	0,43	0,48	0,45	0,43	0,45	0,49	0,46	0,48	0,46
			1,10 ÷ 1,40	0,53	0,49	0,47	0,52	0,49	0,46	0,48	0,53	0,50	0,52	0,50
			1,40 ÷ 1,75	0,56	0,53	0,51	0,55	0,52	0,50	0,52	0,56	0,53	0,55	0,54
			1,75 ÷ 2,25	0,59	0,57	0,55	0,58	0,56	0,54	0,55	0,59	0,57	0,58	0,56
			2,25 ÷ 2,75	0,62	0,59	0,58	0,60	0,59	0,57	0,58	0,62	0,59	0,60	0,58
			2,75 ÷ 3,50	0,63	0,61	0,60	0,62	0,60	0,59	0,59	0,63	0,61	0,61	0,60
			3,50 ÷ 4,50	0,65	0,63	0,62	0,64	0,62	0,61	0,61	0,65	0,63	0,63	0,62
			4,50 ÷ 6,00	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,63	0,66	0,65	0,65	0,64
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	
		 0,75 0,65 0,55	0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,36	0,43	0,39	0,37	0,39	0,43	0,40	0,42	0,40
			0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43	0,49	0,45	0,42	0,45	0,50	0,47	0,50	0,47
			1,10 ÷ 1,40	0,55	0,51	0,47	0,54	0,50	0,47	0,50	0,55	0,52	0,54	0,51
			1,40 ÷ 1,75	0,59	0,55	0,53	0,58	0,54	0,52	0,54	0,59	0,56	0,58	0,55
			1,75 ÷ 2,25	0,64	0,61	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,64	0,61	0,63	0,60
			2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,62	0,66	0,62	0,61	0,62	0,67	0,64	0,65	0,63
			2,75 ÷ 3,50	0,70	0,67	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,70	0,67	0,68	0,66
			3,50 ÷ 4,50	0,74	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,74	0,71	0,71	0,68
			4,50 ÷ 6,00	0,75	0,72	0,71	0,73	0,71	0,69	0,70	0,75	0,73	0,73	0,70

Fig. 5.93 - 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).

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:

$$n = \phi_T / 2 \cdot \phi \quad n = 90000 / 6400 \quad n = 14 \quad \text{arrotondato} \quad n = 15$$

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.

I quindici apparecchi illuminanti verranno così distribuiti su tre file; da ultimo, occorre verificare la loro buona ed uniforme distribuzione. La fig. 5.94 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.

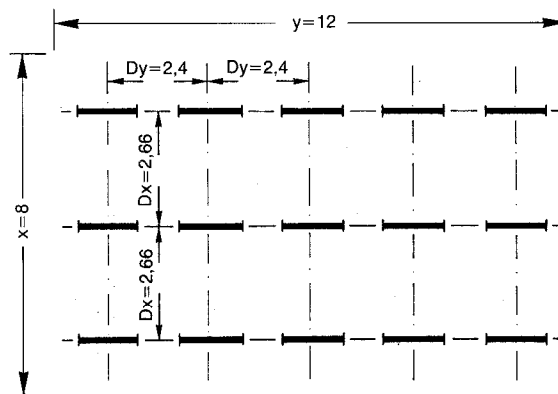


Fig. 5.94 - Disposizione degli apparecchi illuminanti.

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:

$$\phi_T = 2 \cdot \phi \cdot n \quad \phi_T = 2 \cdot 3200 \cdot 15 \quad \phi_T = 96000 \text{ lm}$$

Calcolato il valore del flusso totale, è possibile ricavare il valore dell'illuminamento medio effettivo:

$$E_m = U \cdot M \cdot \phi_T / S \quad E_m = 0,44 \cdot 0,75 \cdot 96000 / 96 \quad E_m = 330 \text{ lx}$$

La potenza elettrica assorbita dall'impianto è

$$P_T = 2 \cdot n \cdot P \quad P_T = 30 \cdot 50 \quad P_T = 1500 \text{ W}$$

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).

5.21 Risparmio energetico: come scegliere la lampadina giusta

Il 24 marzo 2009 la Commissione Europea ha pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Europea il regolamento 244/2009/CE inerente la Direttiva ErP 2009/125/CE, che prevede il bando graduale dal mercato delle lampadine a incandescenza tradizionali.

Le tradizionali lampadine ad incandescenza, ancor oggi molto diffuse, utilizzano una tecnologia sviluppata nel 1800 ormai ampiamente superata dal punto di vista del risparmio energetico. Esse infatti trasformano in luce solo circa il 5% dell'energia impiegata; il resto invece viene disperso sotto forma di calore.

L'efficienza luminosa, per lampade con potenza nominale assorbita compresa tra 25 e 200 W, è di circa $8 \div 14$ lm/W. Le lampadine di nuova generazione alogene, fluorescenti e a LED hanno efficienze nettamente maggiori.

Per questo motivo, l'Unione Europea ha deciso di *pensionare* le vecchie lampadine a incandescenza perché siano gradualmente sostituite dalle nuove lampadine più efficienti, con grandi risparmi di energia che contribuiranno a ridurre l'inquinamento dell'ambiente e l'emissione dei gas che provocano l'effetto serra e i cambiamenti climatici.

Il bando è organizzato in 3 fasi successive che elimineranno dagli scaffali dei magazzini e dei negozi le lampadine poco efficienti.

Dal 1° settembre 2009 è entrata in vigore la prima fase che prevede il bando di molte lampadine tradizionali: potranno essere vendute solo quelle presenti nei magazzini, fino ad esaurimento delle scorte.

Dal 1° settembre 2012 non sarà più possibile immettere sul mercato lampadine a incandescenza tradizionali con potenze nominali maggiori o uguali a 6 W e qualsiasi tipo di lampadina per l'illuminazione (non decorative) ad incandescenza tradizionali o alogene opale, bianca, non chiara.

Vale ora la pena ricordare che il lumen è la grandezza utilizzata per misurare il flusso luminoso di una lampadina. Per esempio, una lampadina ad incandescenza tradizionale da 100 W emette circa $1000 \div 1200$ lm.

Si usa invece il lumen/watt per indicare quanti lumen una lampadina produce per ogni watt che assorbe. Le lampadine efficienti producono fino a 60 lm per ogni watt assorbito, mentre le tradizionali a incandescenza solo $8 \div 12$ lm/W.

Pertanto, a parità di luce, ovvero di flusso luminoso emesso, una lampadina efficiente assorbe meno potenza e, dunque, consuma anche fino all'80% in meno di una tradizionale lampada ad incandescenza.

Le **lampadine alogene** trasformano il 15% dell'energia impiegata in luce. Sono in commercio in due versioni: quelle a bassissima tensione ($U_n = 12$ V) e quelle a tensione di rete ($U_n = 230$ V), con un'efficienza luminosa di circa $15 \div 22$ lm/W. Recentemente sono state introdotte sul mercato lampadine alogene con maggior efficienza che, grazie all'utilizzo di tecnologie avanzate, possono raggiungere un rendimento pari circa al 20%.

Si tratta di lampadine a filamento; tuttavia, all'interno del bulbo sono presenti gas speciali che permettono al filo di tungsteno di raggiungere temperature maggiori e, quindi, di emettere più luce e durare più a lungo.

Ne esistono di moltissimi tipi: da quelle lineari a quelle a goccia, alimentate a tensione di rete o in bassa tensione grazie alla presenza di un trasformatore.

Ultimamente è possibile trovare lampadine alogene con attacco Edison E27 o E14 con la stessa forma a bulbo delle tradizionali che, quindi, possono facilmente sostituirle (per esempio, EcoClassic della Philips).

La gamma delle potenze disponibili è molto vasta: da 5 W a 500 W.

Le lampadine alogene, in generale, hanno un'efficienza luminosa pari a 15 lm/W a seconda del tipo e, quindi, consentono di ridurre i consumi di energia elettrica. Le più recenti lampadine alogene hanno un'efficienza ancora maggiore: grazie all'utilizzo di tecnologie avanzate, possono raggiungere fino a 22 lm/W. Per esempio, una di queste lampadine da $65 \div 70$ W fornisce la stessa quantità di luce di una lampadina a filamento tradizionale da 100 W, garantendo così un risparmio del 25÷30%.

Le lampadine alogene hanno una durata media fino a 2000 ore, 2 volte superiore a quella delle lampadine ad incandescenza tradizionali.

Dato che raggiungono temperature molto elevate durante il loro funzionamento (circa 400 °C), non vanno mai toccate quando sono accese.

Tutte le lampadine alogene, ad eccezione di quelle con forme simili e attacchi uguali a quelle a incandescenza, non devono essere toccate con le dita nemmeno quando sono spente.

Il vetro utilizzato, infatti, è un quarzo speciale adatto a resistere alle alte temperature e il grasso delle pelle può rovinarlo riducendo di molto la durata della lampadina. Quando è necessario cambiare una lampadina, è bene utilizzare un tessuto o un foglio di carta per evitare di toccare il vetro.

Le **lampadine fluorescenti compatte** (CFLi: fluorescenti compatte integrate), con attacco E14 o E27 e con alimentatore elettronico integrato, sono comunemente dette *lampadine a risparmio energetico*. Hanno un'efficienza luminosa fino a 65 lm/W a seconda del tipo e, quindi, consentono di ridurre fortemente i consumi d'energia elettrica, fino all'80%.

Non sono molto più grandi di quelle ad incandescenza e sono disponibili in molte versioni, idonee quindi per ogni apparecchio di illuminazione.

Sono state introdotte all'inizio degli anni '80 allo scopo di mettere a disposizione degli utenti sorgenti luminose che, pur avendo dimensioni e tonalità di luce simili a quelle delle lampadine ad incandescenza, fossero caratterizzate da un'efficienza luminosa e da una durata notevolmente superiore.



Fig. 5.95 - Esempi di lampade a risparmio energetico fluorescenti con forme che richiamano quelle delle lampadine tradizionali ad incandescenza. Si noti in particolare il tipo di attacco (es. E27 o E14) che ne permette il facile montaggio in apparecchi di illuminazione già installati.

Sono disponibili nelle versioni con attacco a vite E 27 ed E 14 nel quale è incorporato anche l'alimentatore elettronico: pertanto, tali lampadine possono essere sostituite direttamente alle lampadine ad incandescenza di cui conservano la leggerezza, le ridotte dimensioni e la semplicità di attacco. I tubi e alcune lampadine fluorescenti, invece, necessitano di essere collegate a un alimentatore apposito esterno.

Le lampadine fluorescenti compatte, grazie all'alimentazione elettronica, sono adatte per gli impieghi che richiedono un'accensione istantanea e ripetuta, riducendo anche il fastidioso inconveniente dei tempi d'attesa per l'accensione. La gamma delle potenze nominali disponibili è molto vasta: da 3 W a 30 W.

Le lampadine fluorescenti compatte hanno un'efficienza luminosa fino a 65 lm/W a seconda del tipo e, quindi, consentono di ridurre fortemente i consumi d'energia elettrica (circa l'80%) rispetto a quelli che si avrebbero impiegando comuni lampadine ad incandescenza di equivalente flusso luminoso: per esempio, una di queste lampadine da 20 W fornisce la stessa quantità di luce di una lampadina tradizionale ad incandescenza da 100 W.

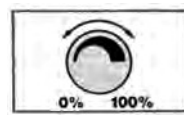
Le lampadine fluorescenti compatte hanno una durata media di 6000÷10000 ore, cioè fino a 10 volte quella delle lampadine ad incandescenza (la durata è indicata nell'etichetta energetica).

In generale le lampadine fluorescenti compatte non possono essere montate in apparecchi controllati da variatori di luce (dimmer o varialuce). Alcuni specifici modelli di recente introduzione sono invece idonei ad essere regolati nell'intensità luminosa.

È necessario però verificare attentamente sull'imballaggio che non sia presente il simbolo *lampadina non dimmerabile* mostrato nella fig. 5.96a e che sia chiaramente indicato *dimmerabile* mostrato nella fig. 5.96b.



a



b

Fig. 5.96 - a) Lampada fluorescente compatta non dimmerabile - b) Lampade fluorescenti compatta dimmerabile.

Le CFLi che riportano sulla confezione il simbolo di fig. 5.96a non possono essere installate in apparecchi dotati di dimmer (varialuce) o regolati da dimmer esterni, in quanto possono presentarsi alcune anomalie di funzionamento. Tra le problematiche più frequenti troviamo:

- surriscaldamento del dimmer e/o della lampada;
- sfarfallamento della lampada con riduzione della durata dichiarata;
- effetto fantasma: bagliori o lampeggi della lampada che dovrebbe essere spenta, specialmente se l'interruttore/dimmer ha una spia luminosa;
- disturbi alla ricezione degli apparecchi radiotelevisivi;
- lampada parzialmente accesa anche quando l'interruttore è spento;
- ronzio della lampadina o del dimmer.

Le CFLi che riportano sulla confezione un simbolo simile a quello riportato nella fig. 5.96b oppure la dicitura *dimmerabile*, possono essere regolate nell'emissione luminosa e, pertanto, possono essere installate in apparecchi dotati di dimmer o regolati da dimmer esterni.

È necessario rispettare l'indicazione, eventualmente riportata sulla confezione della lampadina, relativa al numero massimo di lampadine associabili ad un dimmer.

Poiché sul mercato sono presenti differenti tipologie di dimmer, non tutte le lampadine CFLi dimmerabili possono essere utilizzate con i dimmer preesistenti negli impianti elettrici, garantendone la corretta compatibilità.

Nel caso di accertata incompatibilità, una possibile soluzione consiste nell'utilizzo di lampadine alogene ad efficienza maggiorata di ultima generazione.

Tuttavia è da tenere presente che tali sorgenti luminose non permettono di conseguire il risparmio energetico ottenibile con le CFLi. Infatti, rispetto alle lampadine ad incandescenza tradizionali, le CFLi consentono un risparmio fino all'80%, mentre le alogene ad efficienza maggiorata consentono un risparmio fino al 30%.

Per ovviare alle problematiche fin qui esposte, l'industria del settore sta sviluppando delle soluzioni volte a garantire una maggior compatibilità tra sorgente e dimmer, e a breve saranno reperibili sul mercato.

Le **lampadine LED** sono realizzate utilizzando diodi a emissione luminosa (i LED appunto), componenti optoelettronici che convertono l'energia elettrica in luce.

I LED si sono diffusi a partire dagli anni '70 con la funzione di spie e indicatori e, a partire dal 2000, la loro intensità luminosa li ha resi adatti alle applicazioni per illuminazione.

I LED possono raggiungere efficienze molto elevate, fino a 80÷100 lm/W. Normalmente le lampadine LED per uso domestico, per ora, si attestano su rese intorno ai 40÷60 lm/W.

Le lampadine LED garantiscono durate molto superiori a quelle delle lampadine tradizionali e rappresentano già oggi una possibile alternativa alle classiche lampadine ad incandescenza con attacco E27 e E14.



Fig. 5.97 - Esempi di lampade a risparmio energetico con forme e attacchi identici a quelli delle lampadine tradizionali ad incandescenza: a) Lampade ad incandescenza alogene - b) Lampade fluorescenti compatte - c) Lampade LED.

Per scegliere la giusta alternativa alle lampadine ad incandescenza, è necessario tenere presente alcuni importanti fattori.

Efficienza energetica. L'efficienza energetica delle fluorescenti compatte e delle lampadine LED è maggiore di quella delle alogene. È quindi molto importante scegliere la potenza giusta per sostituire una lampadina tradizionale da 100 W.

Bastano infatti 20 W di una fluorescente compatta o 65÷70 W di una alogena per avere la stessa intensità luminosa. La tab. 5.27 indica quali sono le possibilità di sostituzione delle lampadine a incandescenza sulla base della potenza nominale mantenendo lo stesso flusso luminoso.

Il flusso luminoso è indicato nell'etichettatura energetica per le fluorescenti compatte e le alogene a tensione di rete. Per le lampadine LED e le alogene in bassa tensione, tali informazioni sono indicate obbligatoriamente sulla confezione dal 1° settembre 2010.

Flusso luminoso [lm]	Lampadine a incandescenza [W]	Alogeni [W]	Fluorescenti compatte [W]	LED [W]
125	15	6	3	3
230	25	18	5	6
430	40	28	8	8
740	60	42	12	12
970	75	53	16	16
1400	100	70	20	---
2250	150	105	23	---
3170	200	140	---	---

Tab. 5.27 - Confronto tra le potenze nominali assorbite delle lampade ad incandescenza tradizionali e le lampade a risparmio energetico a parità di flusso luminoso emesso.

Tonalità di luce. Esistono diversi tipi di lampadine a risparmio energetico, ma prima di scegliere quale lampadina acquistare, bisogna considerare qual è l'ambiente da illuminare e quali attività vi si svolgono.

Le lampadine alogene sono caratterizzate da una luce brillante, molto simile alle lampadine a incandescenza.

Le fluorescenti compatte sono disponibili in diverse tonalità di luce, da quelle calde a quelle fredde. Al momento della scelta, è necessario scegliere con cura la tonalità più adatta all'ambiente che si deve illuminare.

Le lampadine LED sono disponibili sia nella tonalità calda che fredda, oppure colorate.

La temperatura di colore. La scelta della temperatura di colore spesso dipende dal gusto personale, dalle abitudini del proprio paese, dall'architettura dei luoghi e dalla percezione soggettiva (v. fig. 5.98).

La temperatura di colore si misura in gradi kelvin. Sono disponibili lampadine con tonalità da 2700 k (luce molto calda) a 6500 k (luce molto fredda). Sulle confezioni delle lampadine fluorescenti compatte viene generalmente indicato il colore espresso in gradi kelvin o una descrizione della temperatura di colore.

Alcuni consigli. Le case arredate con mobili in legno in stile rustico si prestano ad essere illuminate in modo più caldo, mentre l'arredamento chiaro, il marmo e le cromature risaltano di più con una luce fredda e/o diurna.

Le tonalità di luce più calde risvegliano sensazioni di piacere e relax, mentre le tonalità neutre e diurne sono maggiormente idonee ad illuminare ambienti della casa destinati ad attività di studio e lavoro.

Le persone che vivono nei paesi più a nord preferiscono in genere tonalità di luce calde, così come chi abita a sud preferisce mediamente tonalità di luce più fredde.



Fig. 5.98 - Esempio di ambiente illuminato con lampade aventi una diversa temperatura di colore: a) Luce calda - b) Luce con tonalità intermedia - c) Luce fredda.

Scegliere la forma. Le lampadine a risparmio energetico sono presenti sul mercato in diverse forme, da quelle semplici a tubi, a quelle più complesse a spirale, fino a quelle a bulbo che riprendono la forma delle lampadine tradizionali ad incandescenza.

Le diverse forme non hanno particolare influenza sul tipo di luce emessa e, pertanto, la scelta tra le varie tipologie è esclusivamente estetica.

Le lampadine ad uso domestico devono essere contrassegnate dall'**etichetta energetica europea** che indica la classe di efficienza energetica mostrata nella fig. 5.99.

La classificazione prevede sette classi di efficienza, dalla A (altamente efficiente) alla G (poco efficiente).

Mediamente le lampadine fluorescenti compatte entrano nelle classi A e B, le lampadine alogene nelle classi C e D e quelle ad incandescenza nelle classi E ed F. Alcune lampadine speciali e decorative entrano nella classe G.

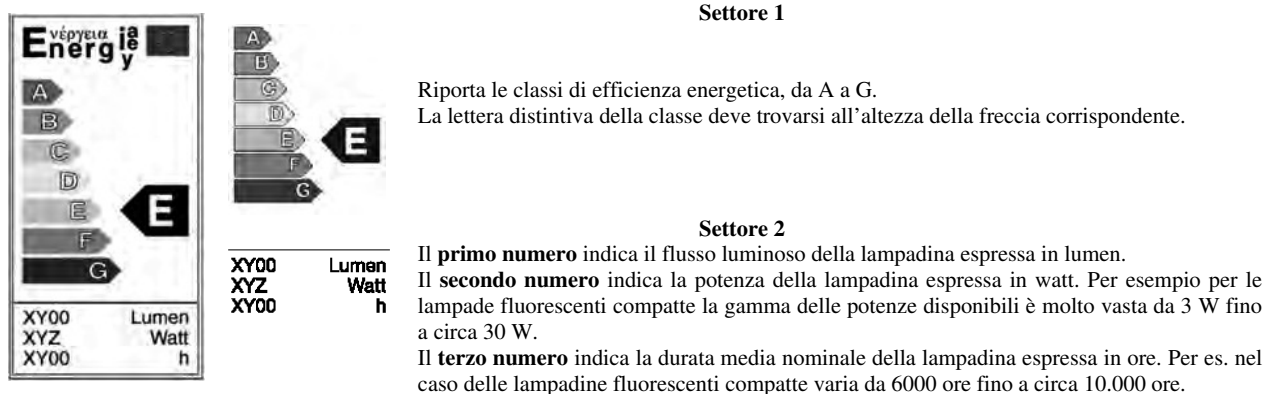


Fig. 5.99 - Come si legge l'etichetta energetica delle lampade per uso domestico.

Oggi è facile trovare sul mercato lampadine fluorescenti compatte a prezzi molto bassi. Si tratta per lo più di lampadine importate di bassa qualità, sia per la tecnologia sia per i materiali utilizzati.

Tali lampadine molto spesso non rispettano i requisiti dei prodotti di qualità.

- **Tempi di accensione lunghi:** le lampadine fluorescenti compatte di ultima generazione garantiscono in tempi rapidi l'accensione e il raggiungimento del flusso luminoso dichiarato. Quelle di bassa qualità possono impiegare anche molto tempo prima di fornire la luce attesa.
- **Scarso flusso luminoso:** le lampadine di bassa qualità molto spesso hanno efficienze molto inferiori a quelle dichiarate dal produttore e, dunque, forniscono molta meno luce di quanto dovrebbero. Inoltre, la luce emessa può anche essere di cattiva qualità, fastidiosa o con una pessima resa dei colori.
- **Durate inferiori:** la durata di lampadine di bassa qualità può essere molto inferiore a quanto dichiarato sulla confezione. Minore durata significa vanificare i risparmi, spendendo di più per sostituire la lampadina.
- **Pericoli per l'ambiente:** alcune leggi europee hanno fissato il limite massimo di mercurio che può essere presente nelle lampadine a risparmio energetico. Lampadine di bassa qualità possono contenerne quantità maggiori e dunque presentare un rischio per l'ambiente e per la salute.
- **Nessun risparmio o costi maggiori:** minore durata e maggior consumo possono vanificare il risparmio energetico o costare al consumatore persino di più delle normali lampadine a incandescenza.
- **Pericoli per la salute:** in molti casi, le lampadine di bassa qualità non rispettano le norme di sicurezza europee e, quindi, possono presentare dei pericoli per l'utilizzatore. Possono causare cortocircuiti, sovraccarichi o permettere il contatto con parti in tensione.

Mediamente, una famiglia italiana consuma circa 3000 kWh l'anno, di cui 420 kWh sono utilizzati per l'illuminazione domestica (14÷15%) per una spesa annuale di circa 75 €.

Le lampadine ad efficienza energetica consentono di risparmiare fino all'80% dell'energia elettrica utilizzata con un risparmio in bolletta di circa 60 €.

Nella tab. 5.28 viene mostrato il risparmio di energia elettrica per ogni singola lampadina sostituita con una a risparmio energetico. Il risparmio è calcolato su 10 anni.

Sostituire una lampadina tradizionale con una fluorescente compatta comporta mediamente un risparmio di circa 5/6 euro l'anno per ogni lampadina sostituita.

Supponendo una media di 20 lampadine per abitazione, questo si potrebbe tradurre in circa 100÷120 € l'anno di risparmio.

In tutta Europa, il 15% dell'energia utilizzata negli ambienti domestici viene dedicata all'illuminazione e la sostituzione di lampadine a bassa efficienza con quelle ad alta, che fanno risparmiare fino all'80%, consente un possibile risparmio di oltre 39 TWh.

Potenza lampada ad incandescenza	150 W	100 W	75 W	60 W	40 W
Potenza fluorescente compatta	23 W	20 W	16 W	12 W	8 W
Risparmio di energia	320 kWh	260 kWh	214 kWh	175 kWh	126 kWh
Risparmio in bolletta (*)	55 €	44 €	36 €	30 €	21 €

Tab. 5.28 - Valori indicativi del risparmio di energia e del risparmio in bolletta sostituendo, a parità di flusso luminoso, le lampade ad incandescenza tradizionali con le fluorescenti compatte a seconda della potenza nominale assorbita. (*) I risparmi in bolletta sono riferiti ad un costo per kWh di 0,17 €.

Le sorgenti luminose fluorescenti, compatte e non, sono prodotti moderni ed innovativi, che fanno risparmiare energia, ma che contengono delle sostanze pericolose e che vanno di conseguenza correttamente raccolti e trattati in appositi impianti.

Durante la loro sostituzione è perciò necessario maneggiarle con cura evitandone la rottura. Soprattutto non devono essere gettate nella pattumiera o nel cassonetto e bisogna separarle dai rifiuti solidi urbani affinché vengano avviate al corretto processo di ritiro e riciclo.

Per evitare che le lampadine finiscano in discarica, la normativa ha stabilito la predisposizione di appositi centri di raccolta, detti anche isole ecologiche, dove i rifiuti di lampadine sono ritirati da Consorzi di Produttori, come Ecolamp (www.ecolamp.it).

Per conoscere il punto di raccolta più vicino, è possibile consultare il sito www.cdcrree.it del Centro di Coordinamento RAEE (Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche), all'interno della sezione *Comuni* (Lista dei Centri di Raccolta per Area Geografica), dove si possono trovare le informazioni più aggiornate.

Inoltre, è prevista la possibilità per i consumatori di restituire, in rapporto 1 a 1, le vecchie lampadine al momento dell'acquisto di quelle nuove presso i punti vendita della distribuzione.

È importante sapere che soltanto le lampadine a fluorescenza si raccolgono separatamente dagli altri rifiuti, mentre le lampadine ad incandescenza, ad alogeni e a LED non sono soggette a raccolta differenziata.



Fig. 5.100 - Esempi di contenitori per la raccolta differenziata di lampade fluorescenti.

5.22 Calcolo illuminotecnico computerizzato (nel CD-Rom allegato)

5.23 Domande ed esercizi (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 6

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

6.1 Impianti elettrici caratteristici negli edifici civili

Gli impianti elettrici reperibili con maggior frequenza negli edifici residenziali si possono suddividere in quattro gruppi:

- impianti di illuminazione e forza motrice;
- impianti di segnalazione;
- impianti citofonici;
- 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. 6.1a.

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. 6.1b.

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. 6.1 - Installazione di apparecchi civili modulari come interruttori, deviatori, invertitori, pulsanti, ecc.: a) In scatola rettangolare - b) In scatola rotonda (bticino).

6.2 Impianti luce per uno o più gruppi di lampade, comandati da uno o più punti

6.2.1 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/viola, 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).

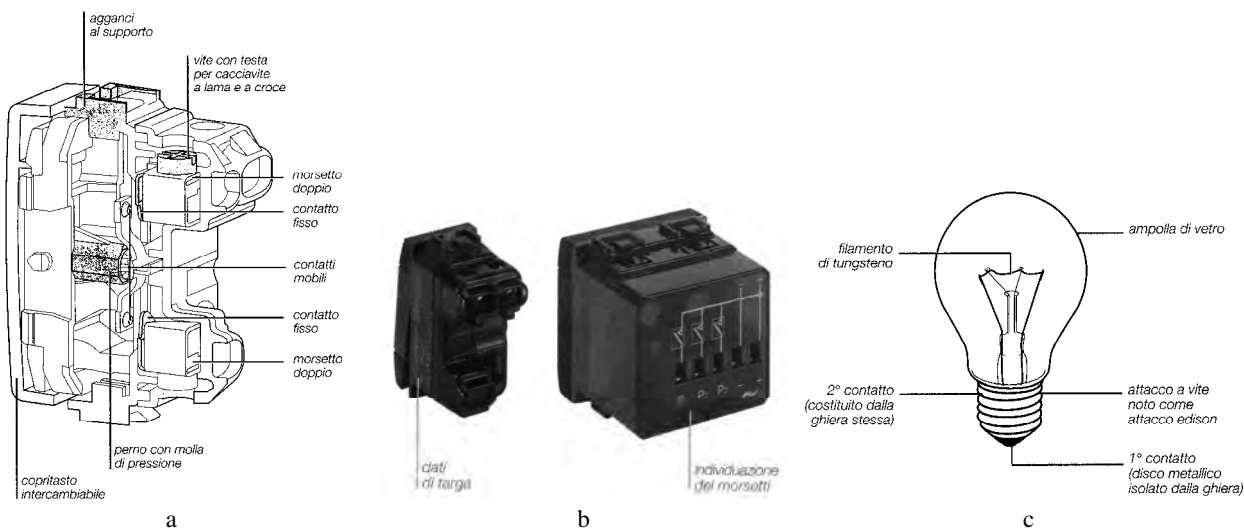


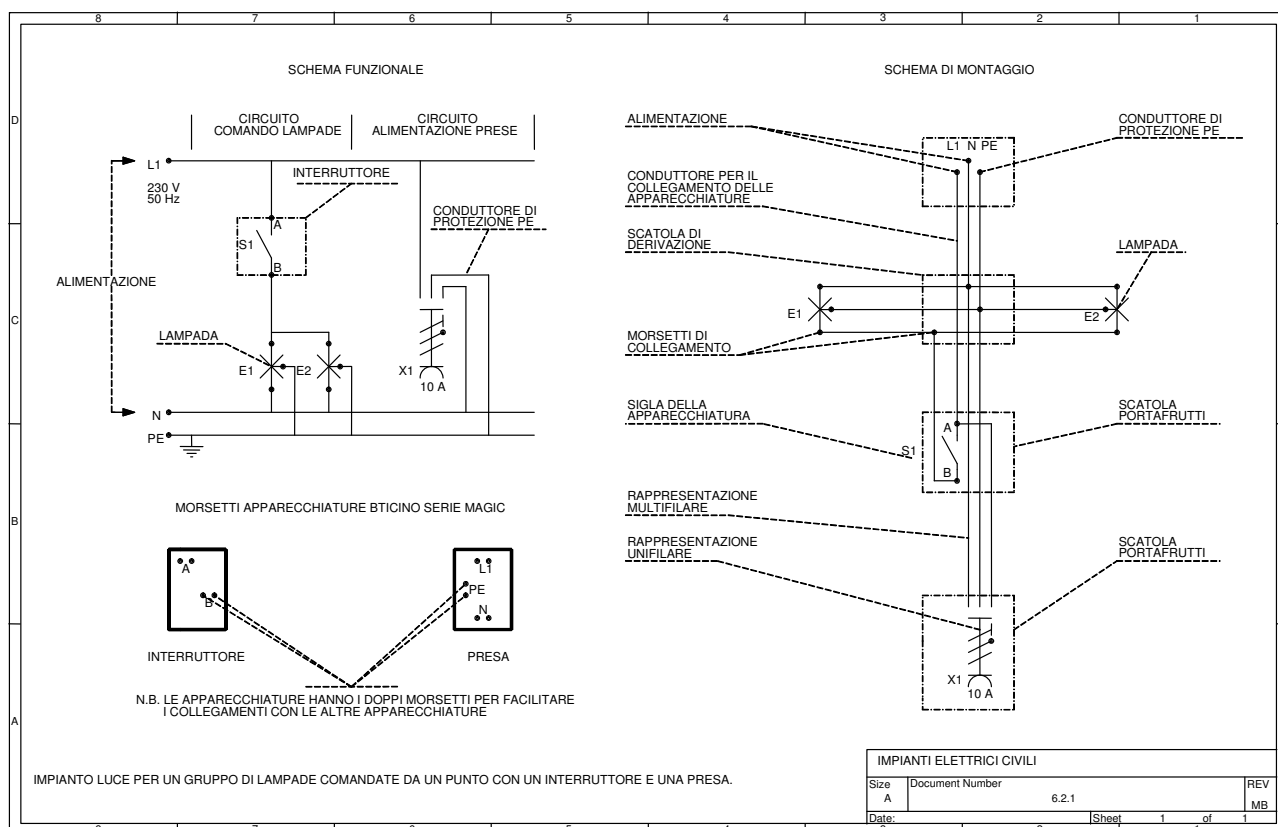
Fig. 6.2 - a) Esempio di apparecchiatura civile modulare della serie Living International (deviatore) - b) Sul retro delle apparecchiature civili modulari, i morsetti sono individuati da numero e/o lettere - c) Esempio di lampada ad incandescenza con attacco tipo E27 (bticino).

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. 6.2b, 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 comandate 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. 6.1 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 6.2.1.

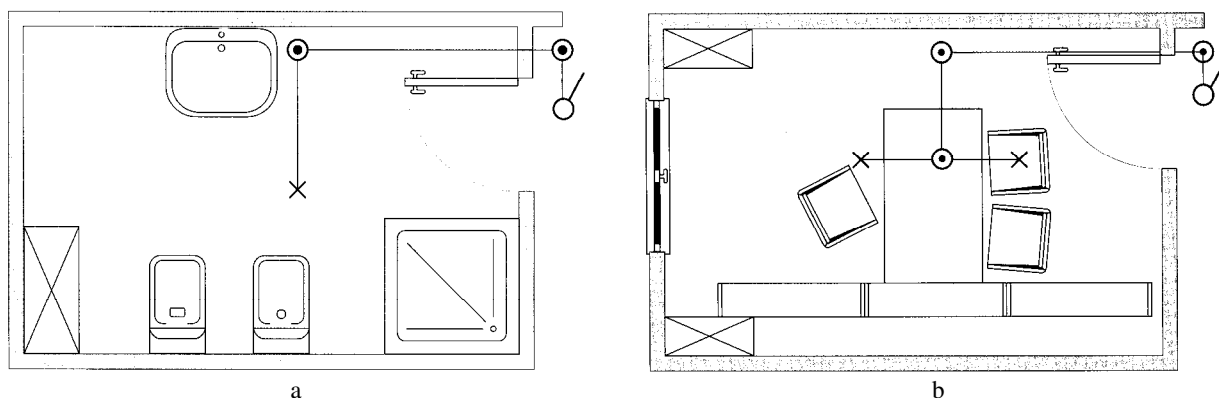
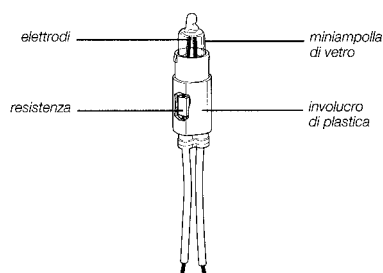


Fig. 6.3 - Esempio di applicazione: a) Impianto di illuminazione con una sola lampada per un bagno - b) Impianto di illuminazione con due lampade per un piccolo ufficio (bticino).

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. 6.4 - 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.

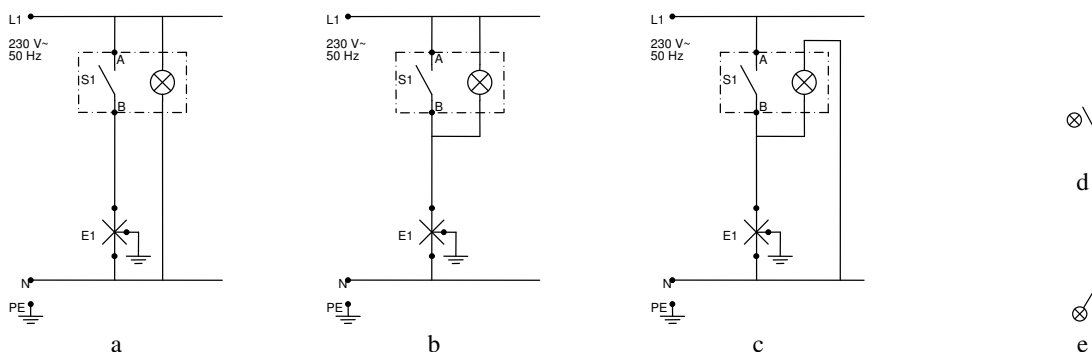


Fig. 6.5 - a) Lampada spia collegata direttamente alla rete di alimentazione (lampada di localizzazione) - b) Lampada spia collegata in serie al punto luce (lampada di localizzazione). Si noti in questo caso che, all'accensione del punto luce, la spia, che si trova in parallelo ai contatti dell'interruttore, si spegne (questa è l'unica connessione possibile con la lampada precablata; 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.

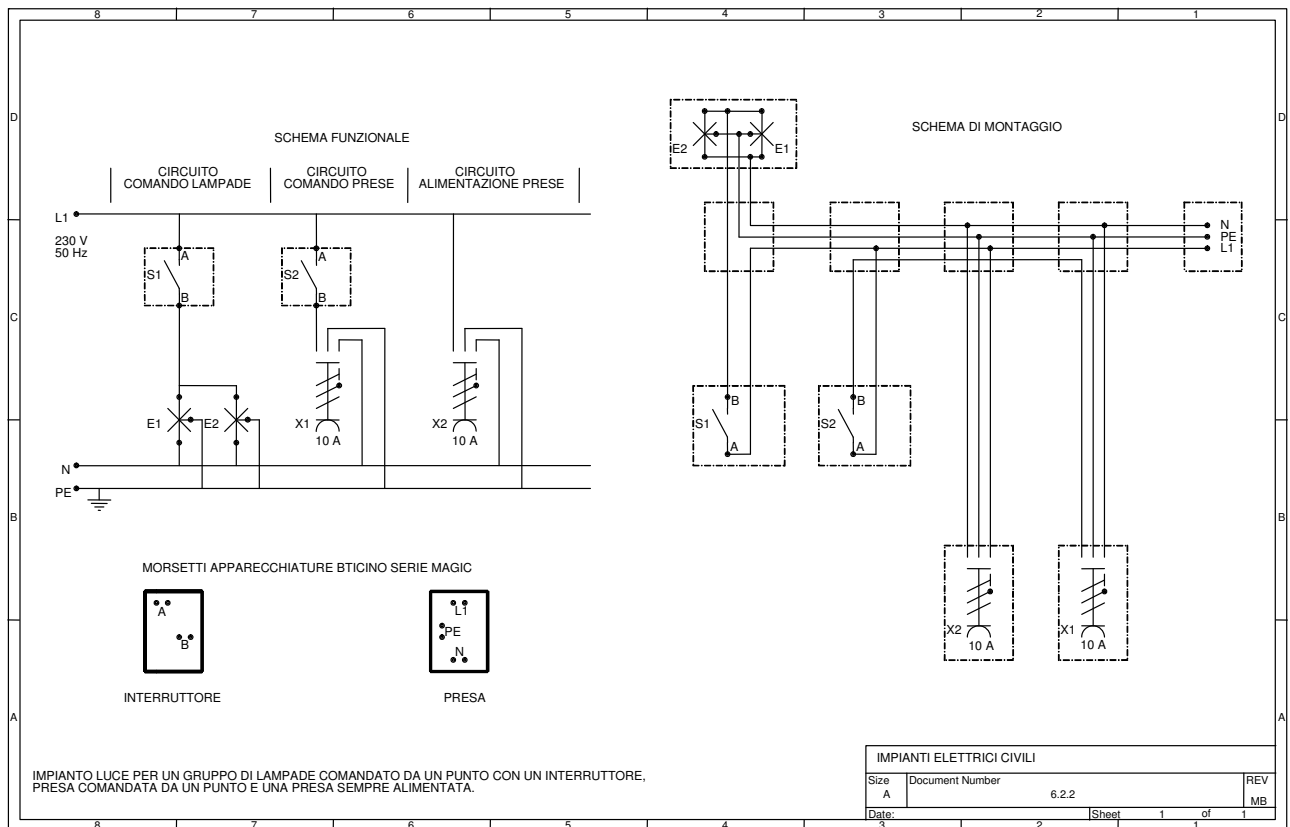
La soluzione della spia in serie è particolarmente gradita in fase di installazione in quanto non richiede l'aggiunta di conduttori integrativi.



Fig. 6.6 - a) Lampada spia precablate impiegabile solo per la localizzazione - b) Lampada spia a collegamento libero (bticino).

6.2.2 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.

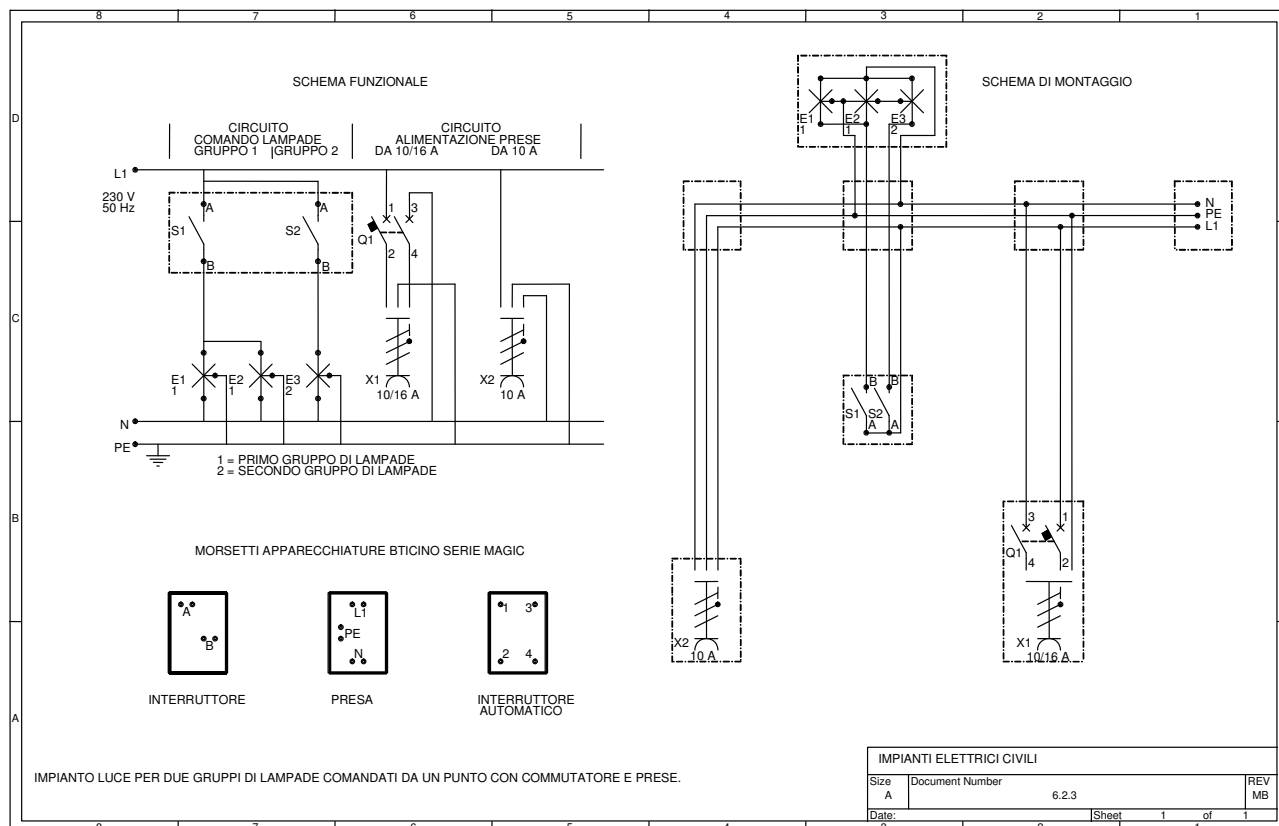
Anche in questo caso il conduttore di protezione PE è stato collegato sia agli apparecchi illuminanti sia alle prese e l'interruttore S1 interrompe il conduttore di fase.

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	Portalampada 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
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. 6.2 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 6.2.2.

6.2.3 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	Portalampada 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. 6.3 - Esempio di elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto 6.2.3.

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).

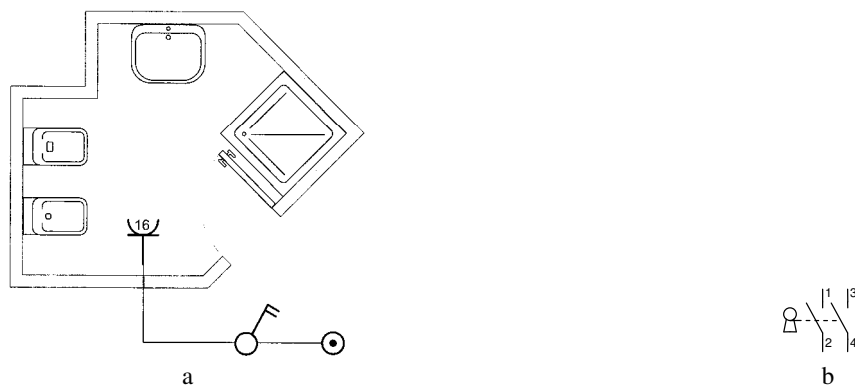


Fig. 6.7 - a) Esempio di applicazione: presa comandata per uno scaldabagno elettrico in un bagno (bticino) - b) Segno grafico di un interruttore bipolare con chiave.

6.2.4 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da due punti con deviatori e prese

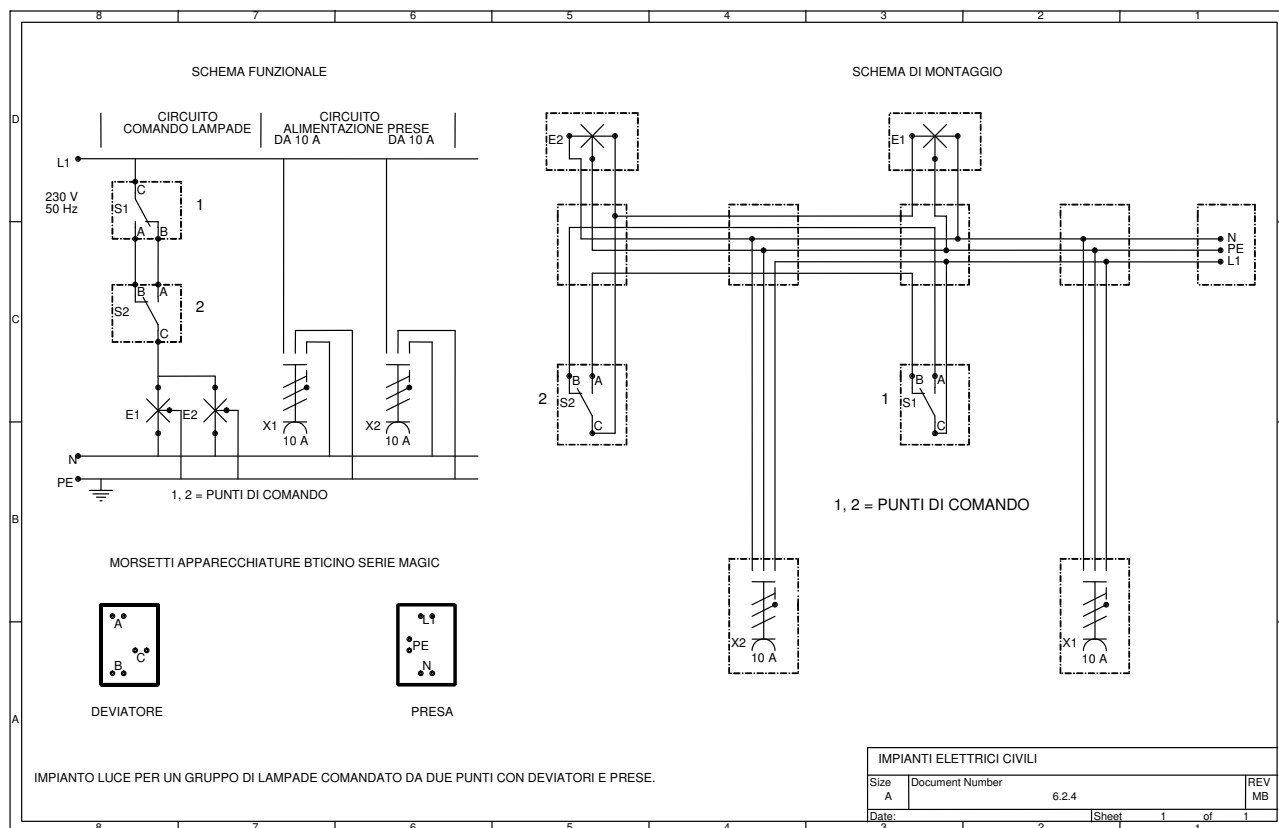
L'impianto prevede il comando di un gruppo di lampade (E1 e E2) da due punti; infatti, in questo caso si utilizzano due deviatori, al posto degli interruttori, collegati come da schema.

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. 6.8b.

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.

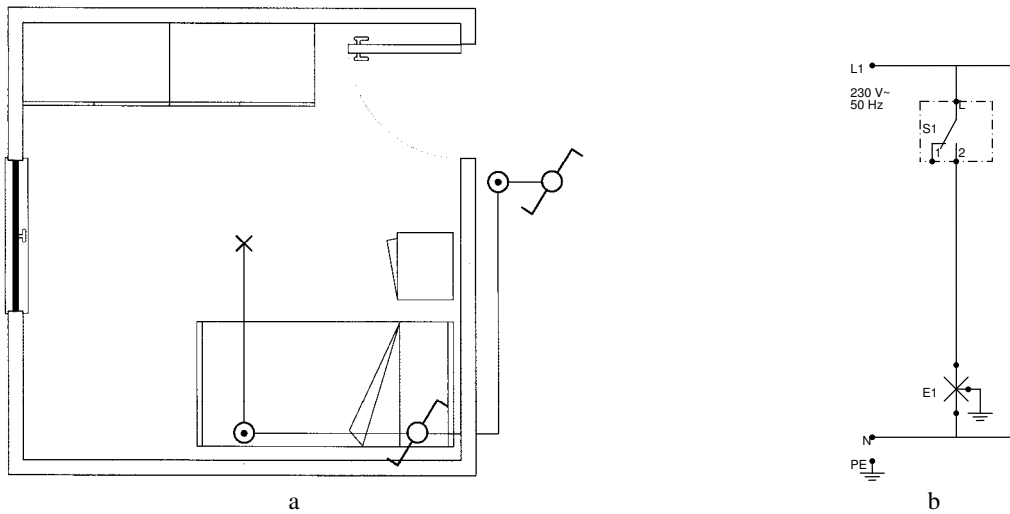


Fig. 6.8 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di una camera da letto con comando da due punti (dall'ingresso e dal posto letto) mediante deviatori (bticino) - **b)** Esempio di uso di un deviatore come interruttore per il comando di una lampada.

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. 6.9b, 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. 6.6 per quanto riguarda gli interruttori, si ottiene automaticamente la connessione di tipo serie.

Possono essere equipaggiati di lampada spia 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. 6.9b.

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. 6.9c 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.

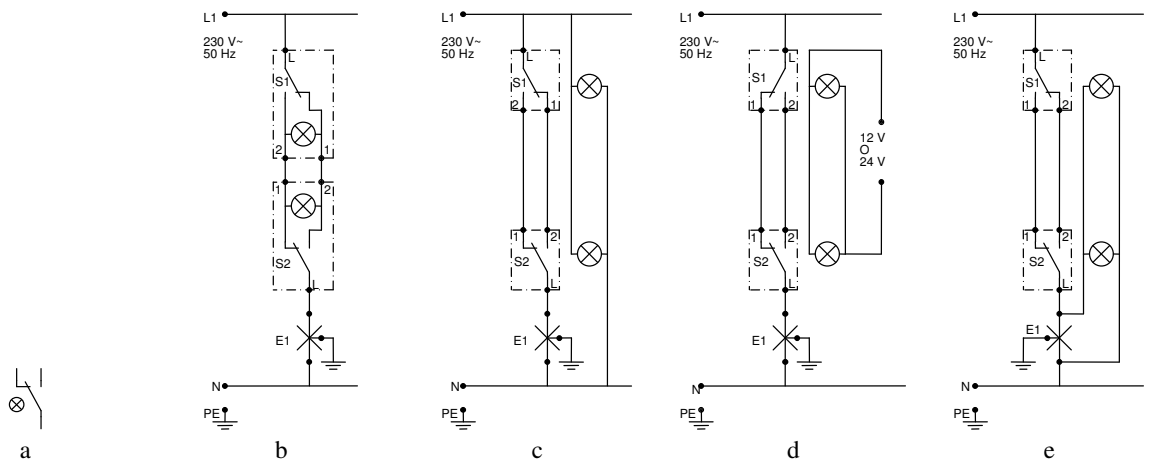


Fig. 6.9 - a) Segno grafico di un deviatore con lampada spia per schemi di funzione - **b)** Uso dei deviatori con le lampade di localizzazione precablate o a collegamento libero - **c)** Uso dei deviatori con lampada di localizzazione a collegamento libero - **d)** Uso dei deviatori con lampada di localizzazione 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. 6.9d 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. 6.9e 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.

6.2.5 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 (1, 2 e 3) 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.

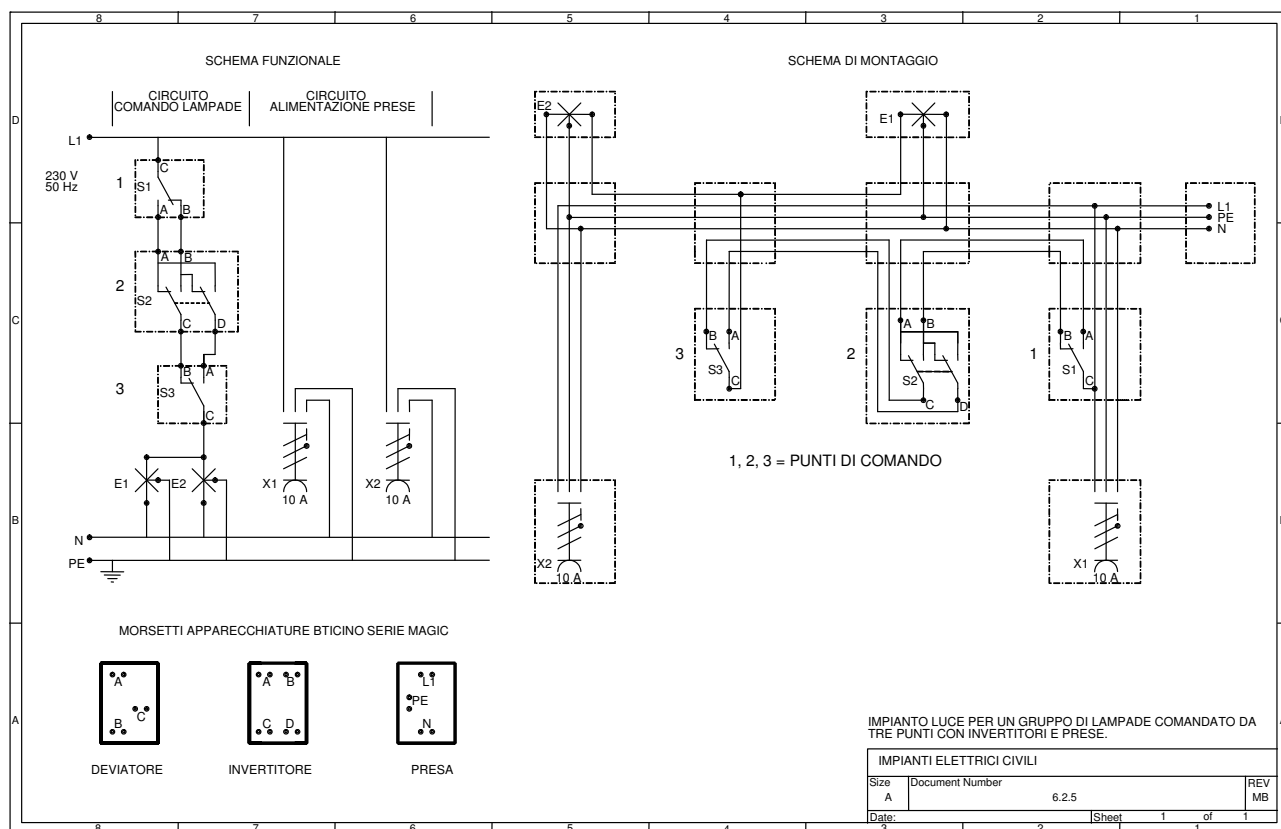
Nell'esempio i morsetti dell'invertitore S2 A e B sono collegati ai morsetti A e B del deviatore S1, mentre i morsetti C e D sono collegati ai morsetti A e B del deviatore S3.

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 successivo, 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).

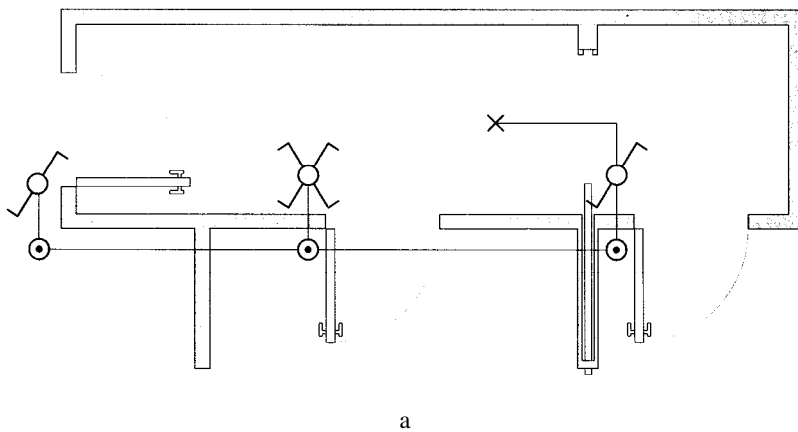
Si rileva infatti, immediatamente, la complessità dei circuiti impieganti invertitori a causa del numero elevato di conduttori richiesti.

Il funzionamento dell'impianto consente, premendo indistintamente uno dei due deviatori oppure l'invertitore, di chiudere il circuito, con la conseguente alimentazione delle lampade.

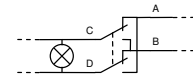
Anche in questo caso viene interrotto il conduttore di fase. Completano l'impianto due prese da 10 A sempre alimentate (X1, X2).



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 precabata 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. 6.10 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di un corridoio con comando da tre punti (biforcuto) - b) Uso dell'invertitore con lampada spia.

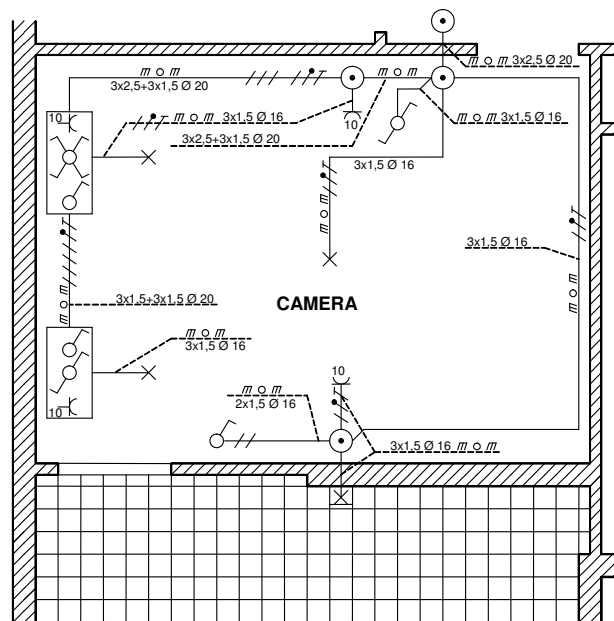


Fig. 6.11 - Esempio di applicazione degli impianti visti precedentemente: schema topografico per una camera con percorsi principali a parete.

6.2.6 Impianto luce per un gruppo di lampade comandato da quattro punti con invertitori, deviatori e prese

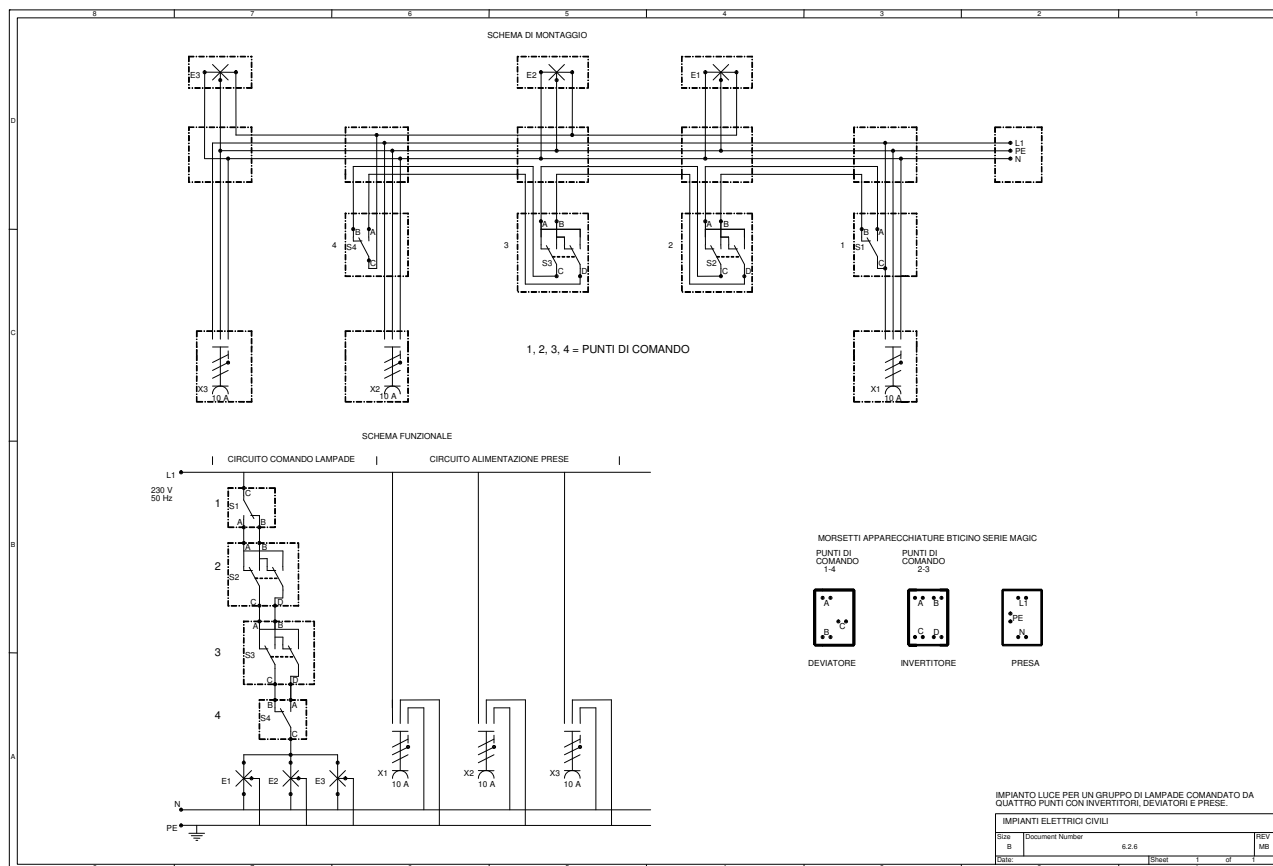
Come estensione dell'impianto precedente possiamo considerare il seguente impianto che permette di comandare un gruppo di lampade da quattro punti, per esempio, in un corridoio di notevole lunghezza. In questo caso si aggiunge un altro invertitore.

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 dei 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).



6.3 Impianti luce con relè ad immobilizzazione di posizione o a tempo

6.3.1 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. 6.13b.

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.

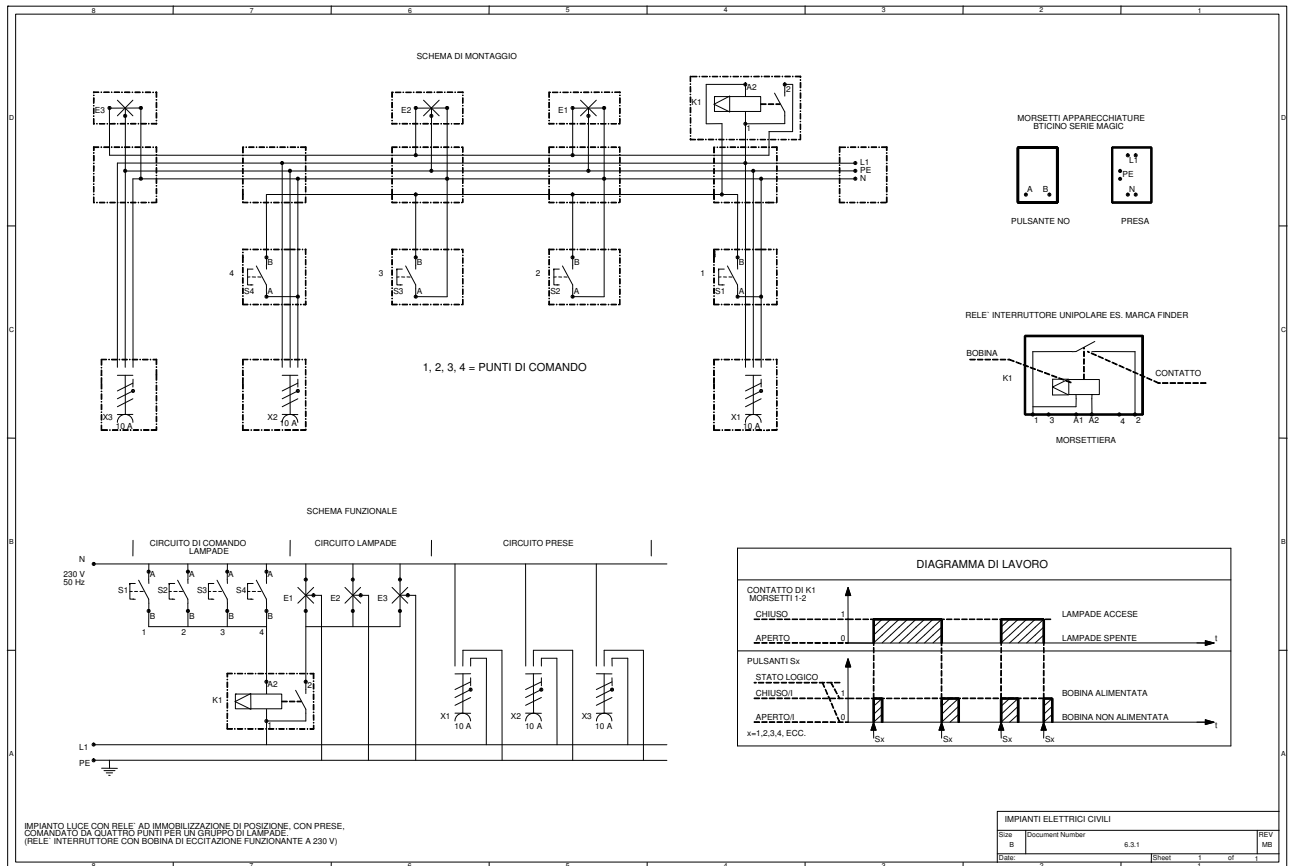
Il relè utilizzato è del tipo ad eccitazione diretta ed è caratterizzato da una tensione di alimentazione uguale sia per la bobina dell'elettromagnete sia per il contatto (230 V AC).

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. 6.12e-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'utente 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.

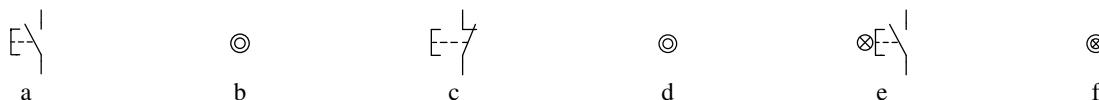


Fig. 6.12 - a) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NO per schemi di funzione - b) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NO per rappresentazioni topografiche - c) Segno grafico di un pulsante unipolare di tipo NC per schemi di funzione - d) Segno grafico di un pulsante unipolare di 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.

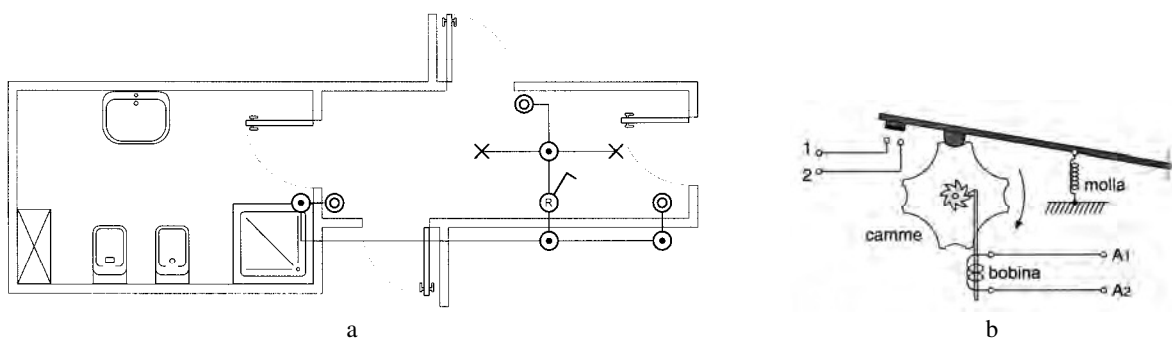


Fig. 6.13 - a) Esempio di applicazione: impianto di illuminazione di un corridoio con comando da tre punti mediante relè interruttore (bticino) - b) Principio di funzionamento di un relè interruttore.

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.

6.3.2 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 in parallelo e 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).

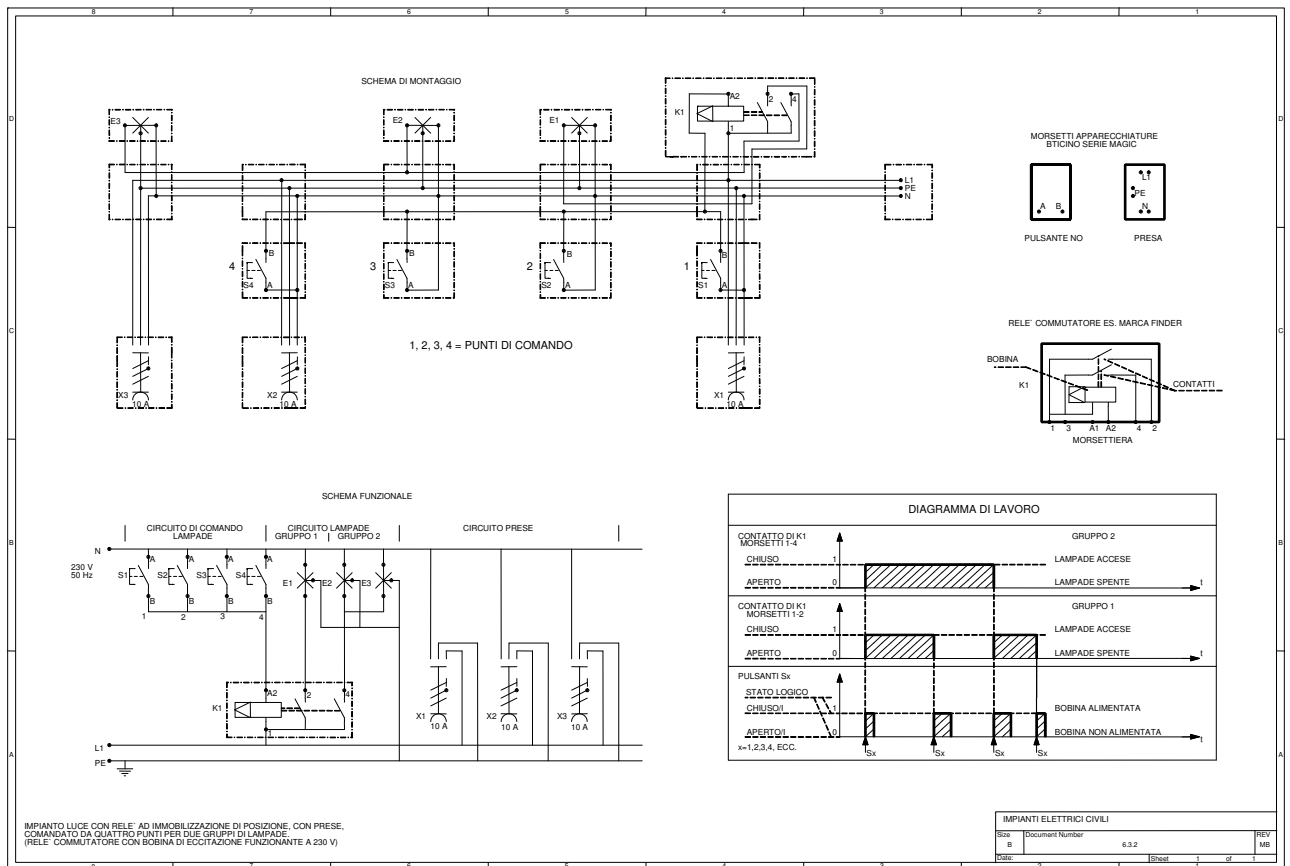
Come nell'impianto precedente, viene utilizzato un relè con eccitazione diretta (K1).

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).



6.3.3 Impianto luce con relè ad immobilizzazione di posizione, con prese, comando 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).

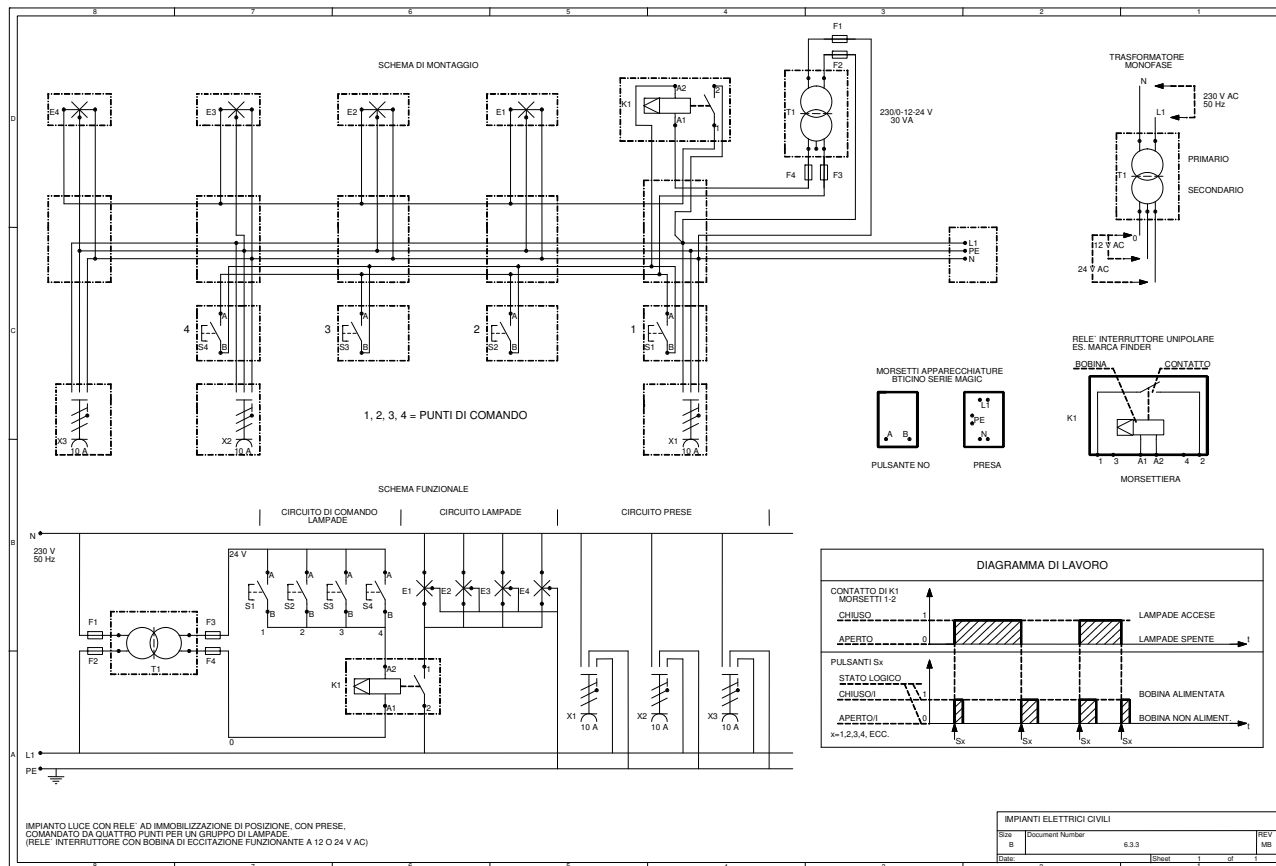
I relè e i pulsanti vengono inseriti in un circuito a bassa tensione.

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.

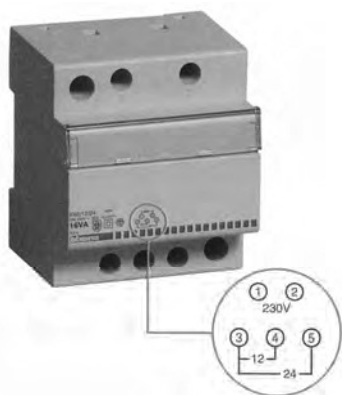
Il funzionamento dell'impianto avviene con modalità uguali a quelle viste per l'impianto citato precedentemente. Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



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, e 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.



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 in basso dell'apparecchio, opportunamente ingrandita.

Fig. 6.14 - Trasformatore monofase di sicurezza della serie Btdin da installare in un centralino oppure a parete utilizzando le apposite calotte in dotazione (bicino).

Le tensioni più utilizzate sono 24 V o 12 V, valori definiti dalle 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.

6.3.4 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.

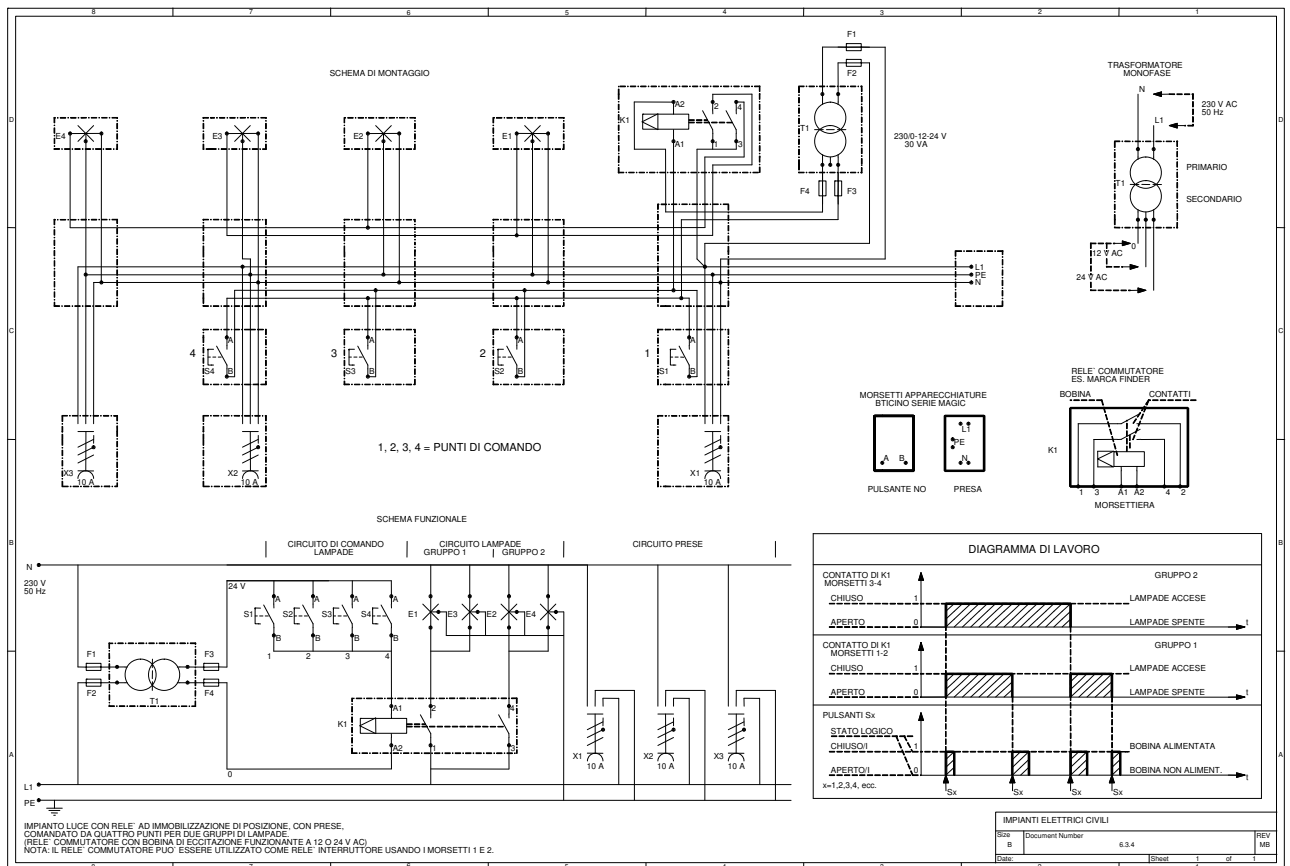
Il relè, però, è del tipo ad eccitazione separata.

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).



6.3.5 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

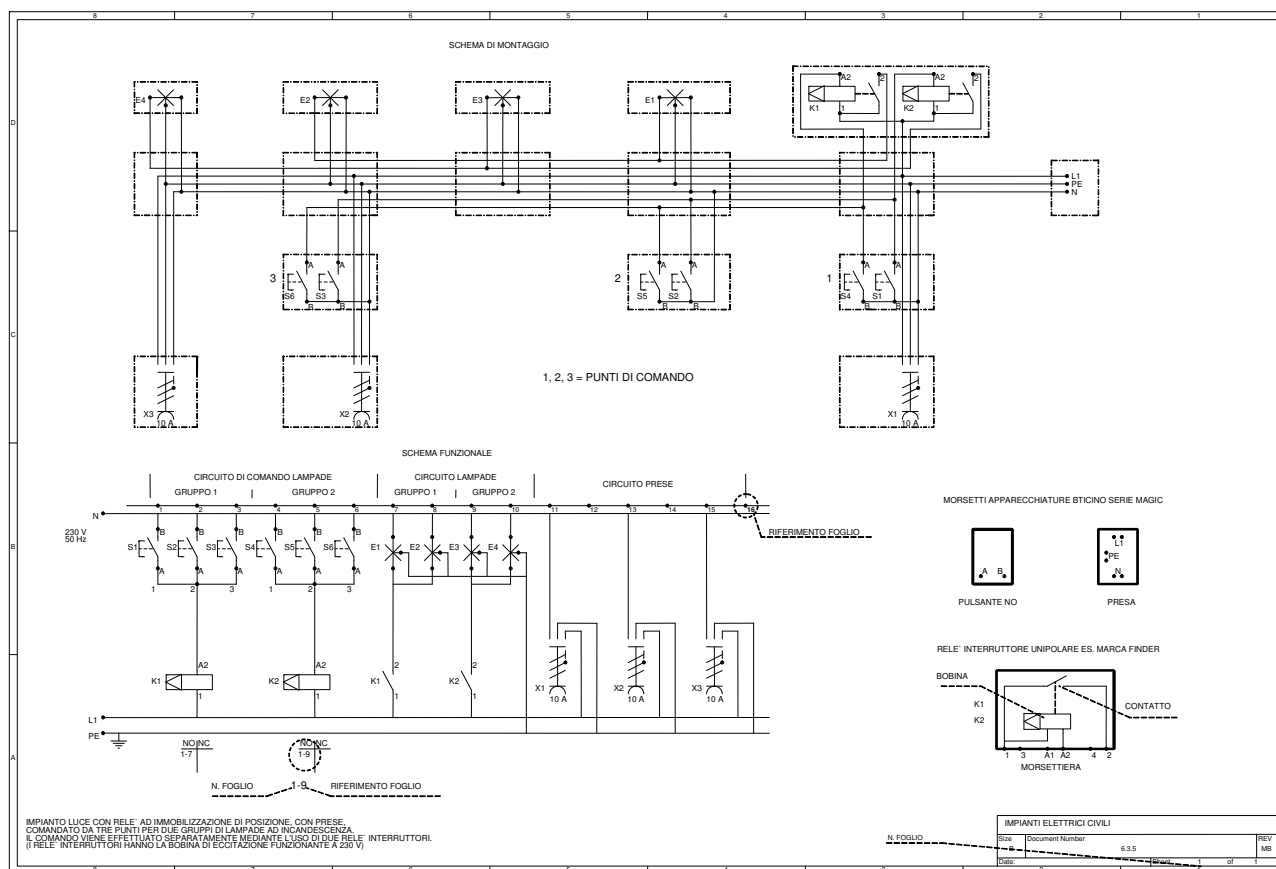
Questa tavola propone il comando da tre punti di due gruppi di lampade mediante l'uso di due relè interruttori. Tale soluzione permette il comando indipendente dei due gruppi, anche se prevede una maggiore complessità circuitale.

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).



6.3.6 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 le lampade e che, quindi, rimangano accese inutilmente anche a lungo.

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).

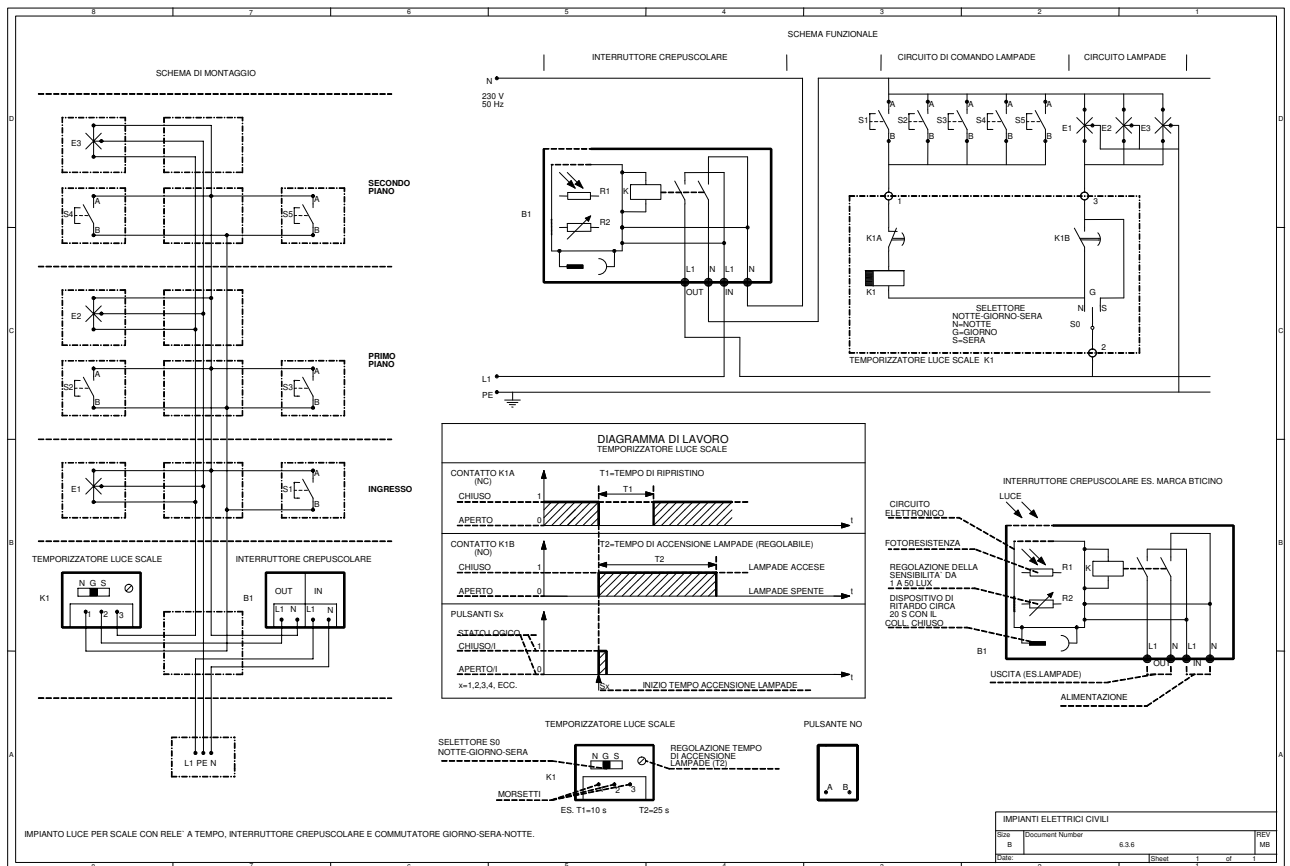
La tavola proposta prevede un impianto con relè per luce scale e un interruttore crepuscolare separati che permettono di raggiungere il massimo risparmio, in quanto l'accensione delle lampade è possibile solo quando il livello di illuminazione naturale delle scale non è più sufficiente e solo per il 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.

6.4 Impianti luce comandati da due punti, con lampade fluorescenti

6.4.1 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 5); 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 e 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 e 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 un'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.

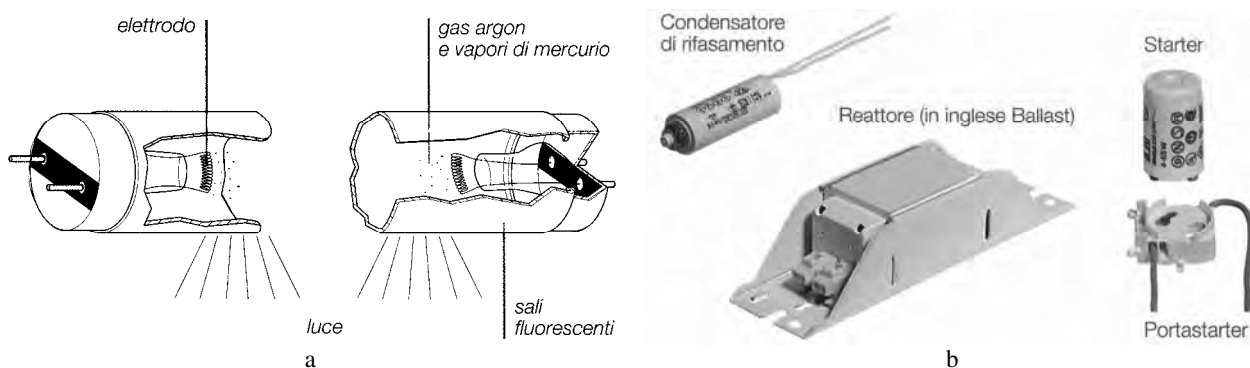


Fig. 6.15 - a) Principio di funzionamento delle lampade fluorescenti a catodo caldo - b) Componenti per l'accensione di una lampada fluorescente a catodo caldo (bticino).

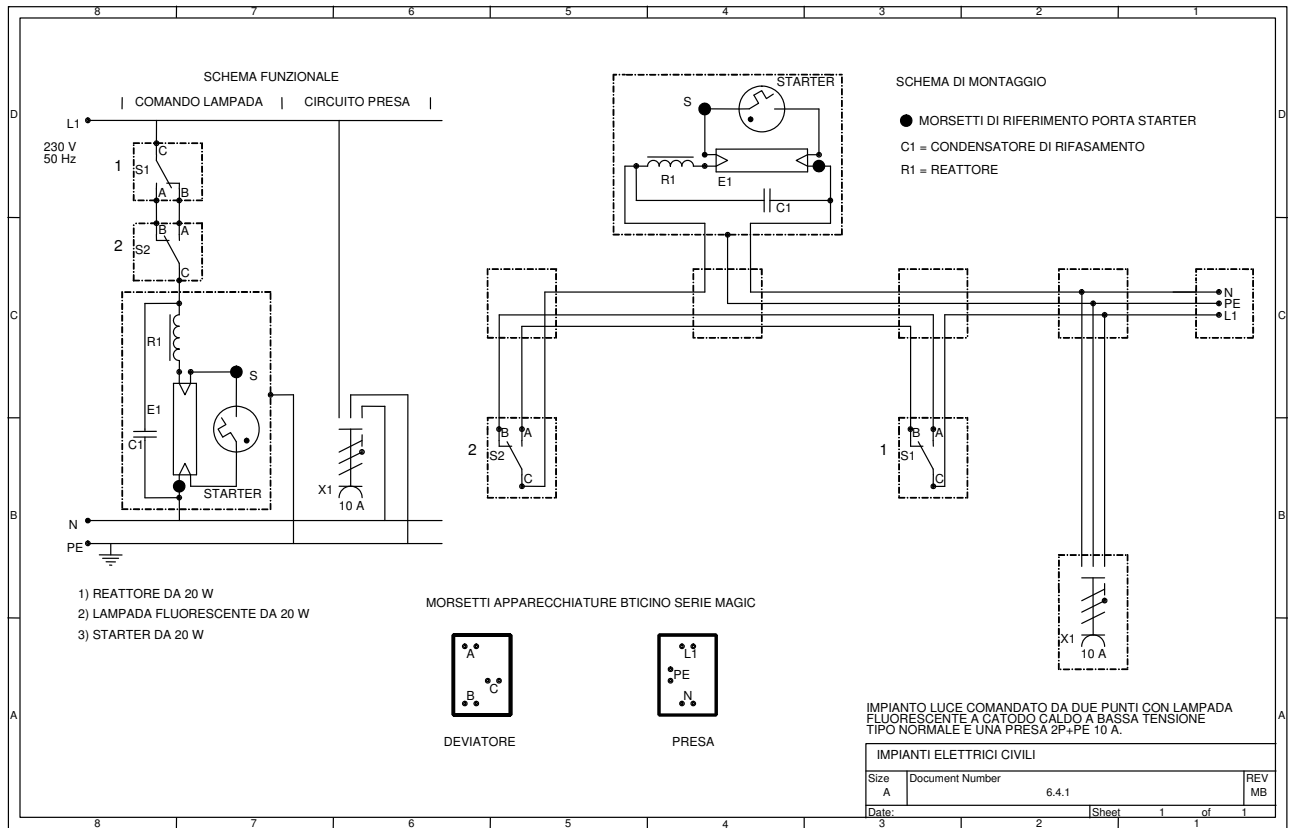
Nel circuito è inserito, in parallelo alla rete di alimentazione, anche un condensatore, denominato di rifasamento, che non ha influenza sul funzionamento della lampada, ma serve per riportare il fattore di potenza ($\cos \varphi$) a circa 0,9 dopo il sensibile abbassamento dovuto al reattore ($\cos \varphi \cong 0,2$).

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 perché, 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.

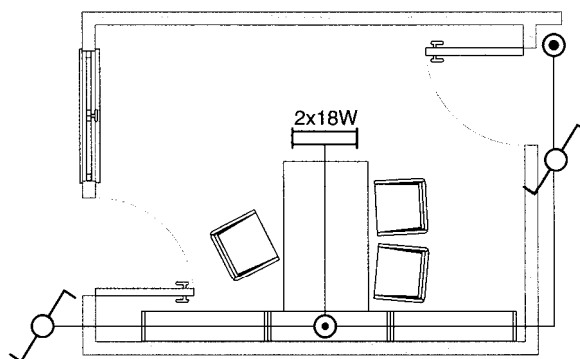


Fig. 6.16 - Esempio di applicazione: comando da due punti mediante deviatori di un apparecchio di illuminazione costituito da 2 lampade fluorescenti a catodo caldo da 18 W. Il simbolo di apparecchi con tubi fluorescenti sottintende la presenza anche degli accessori di funzionamento, come il reattore e lo starter (bticino).

6.4.2 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.

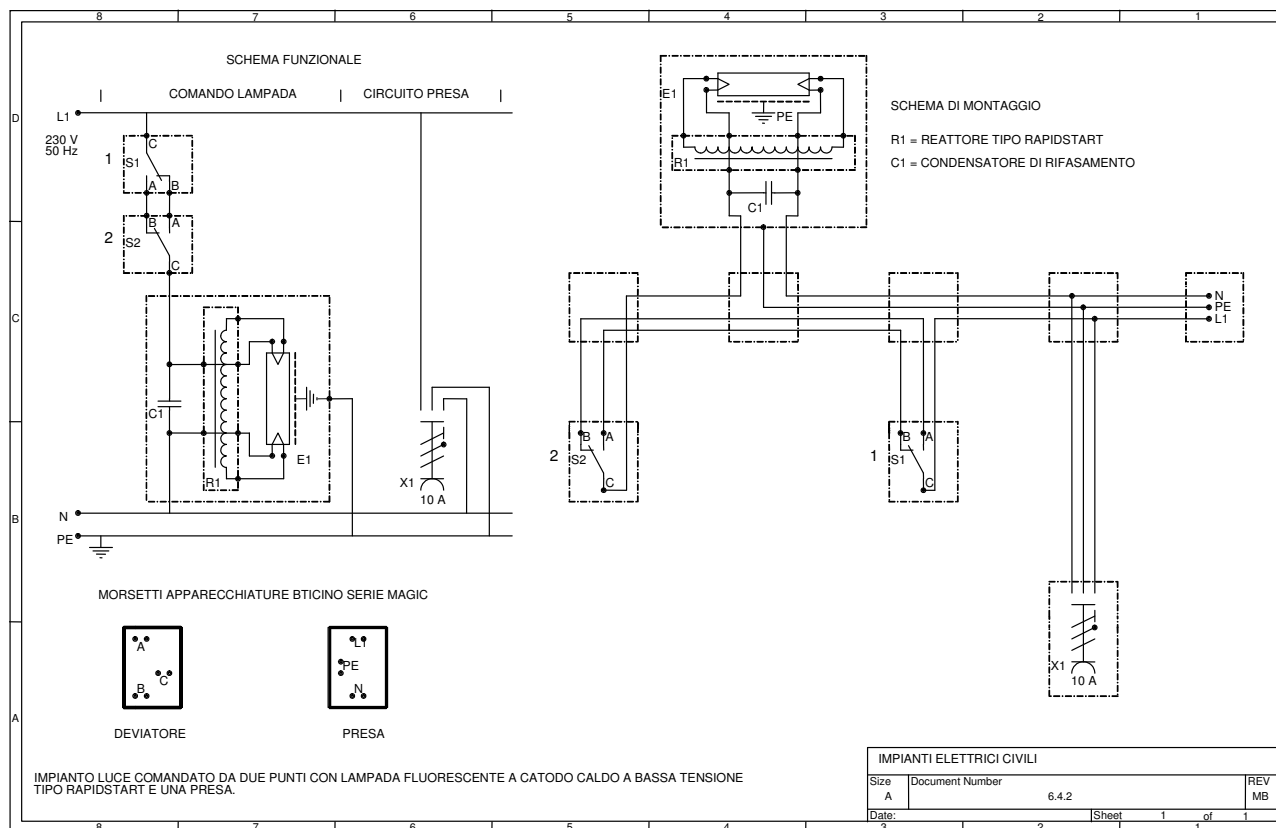
Il sistema tachistart utilizza un reattore collegato ad una lampada normale sulla quale è stata incollata, per favorire l'innesco, una strisciolina metallica disposta su tutta la lunghezza della lampada. Questo sistema permette quindi di trasformare delle lampade ad accensione non istantanea in lampade 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 seguente 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 ($\cos \varphi \cong 0,2$).



6.4.3 Impianto luce comandato da due punti con due lampade fluorescenti in serie a catodo caldo a bassa tensione tipo normale e una presa

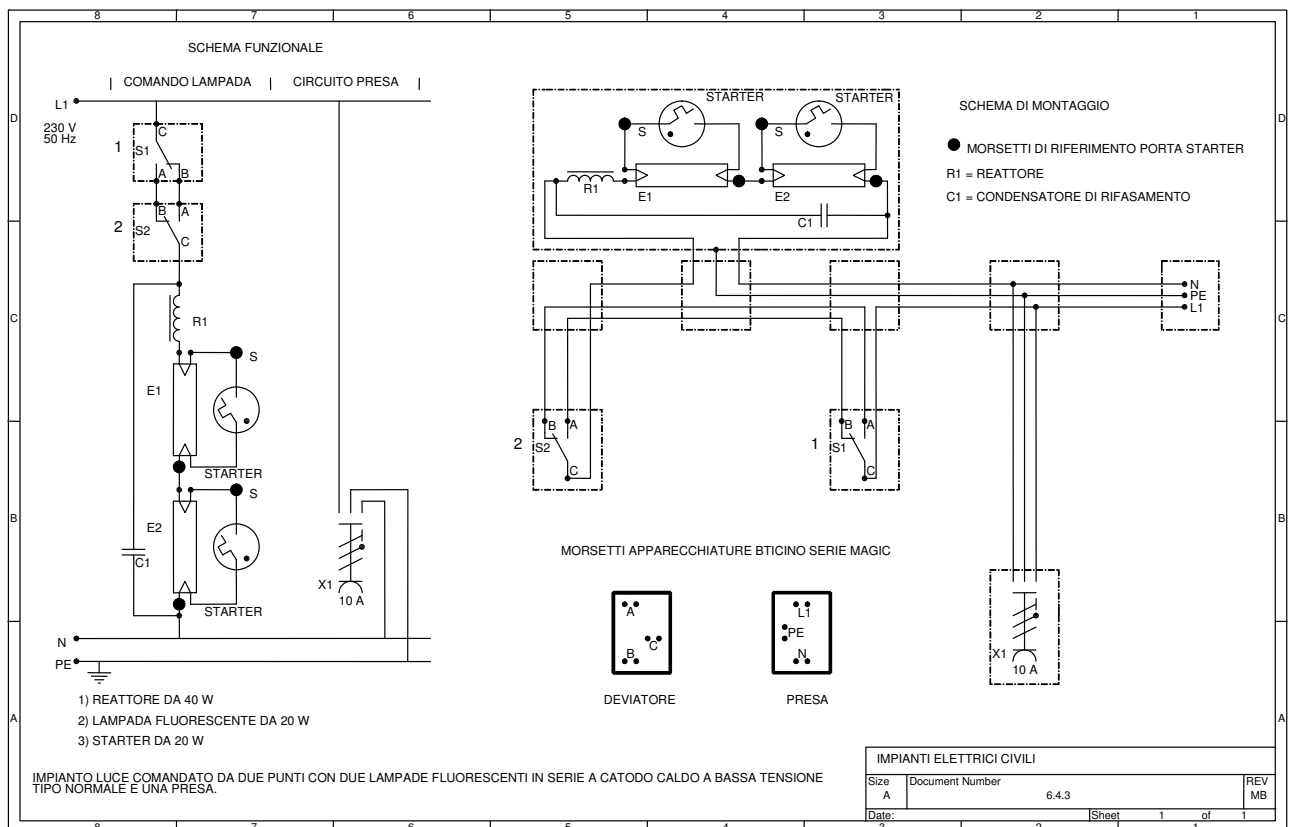
L'ultimo schema presentato prevede l'utilizzo di un reattore in grado di alimentare due lampade del tipo ad accensione non istantanea collegate fra di loro in serie e alimentate da un unico reattore bilampada.

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).



6.5

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 per regolare la luminosità del punto luce a cui sono collegate.

Esistono diverse tipologie: dal modello 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 perciò necessario inserire, se l'apparecchio ne è sprovvisto, un contatto elettromeccanico che garantisca il pieno isolamento dalla rete di distribuzione.

I dimmer, a causa del loro principio di funzionamento, generano dei disturbi di natura elettrica; sono provvisti di un filtro per la soppressione dei radiodisturbi, in conformità con le direttive nazionali e internazionali.

Lo schema proposto, 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.

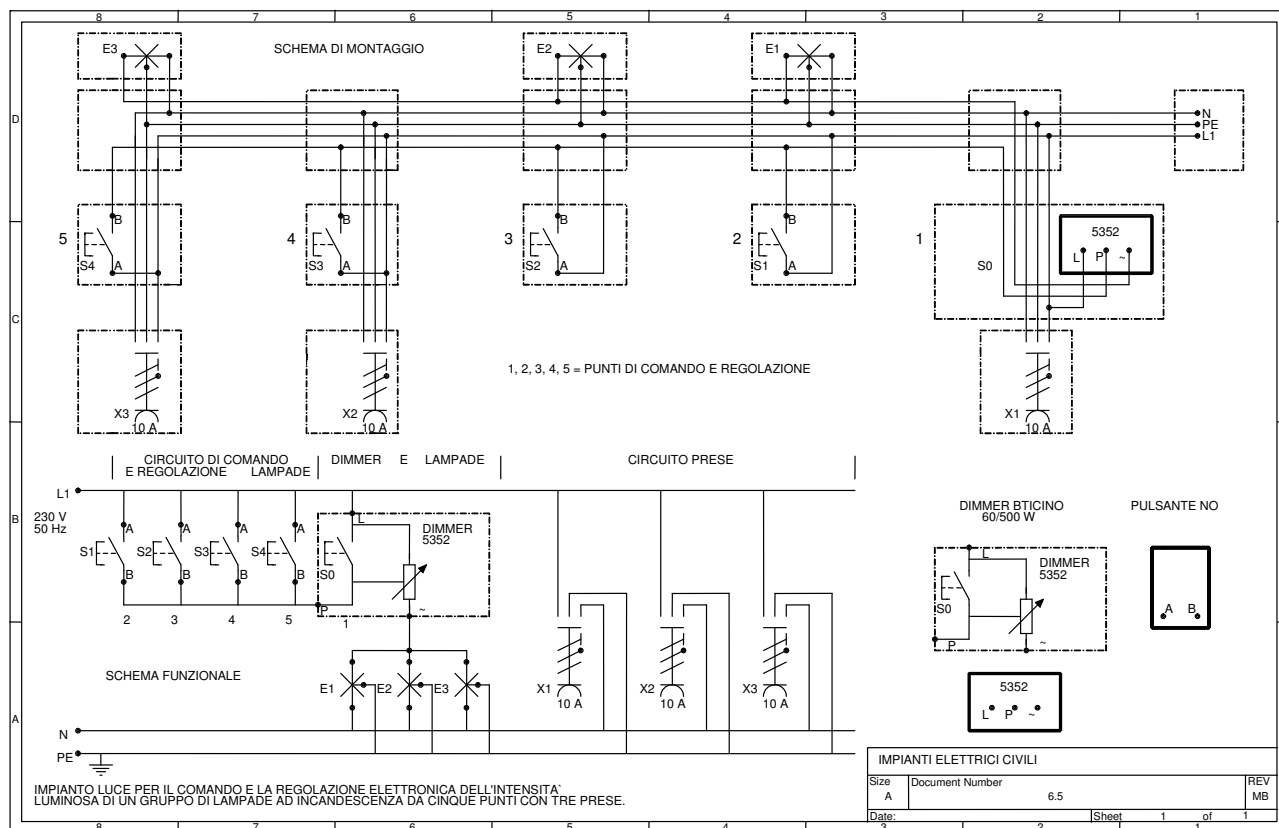
Il circuito elettronico ha inoltre la caratteristica di memorizzare il livello di luminosità raggiunto nel momento in cui le lampade vengono spente, riuscendo ad ottenere la stessa intensità luminosa quando le lampade vengono riaccese.

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 ±10% 50/60 Hz;
- potenza regolabile 60÷500 W (cos φ=1);
- regolazione del flusso luminoso da 0 al 95%.

Completano l'impianto tre prese da 10 A, sempre alimentate (X1, X2, X3).



6.6 Impianti di segnalazione

6.6.1 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.

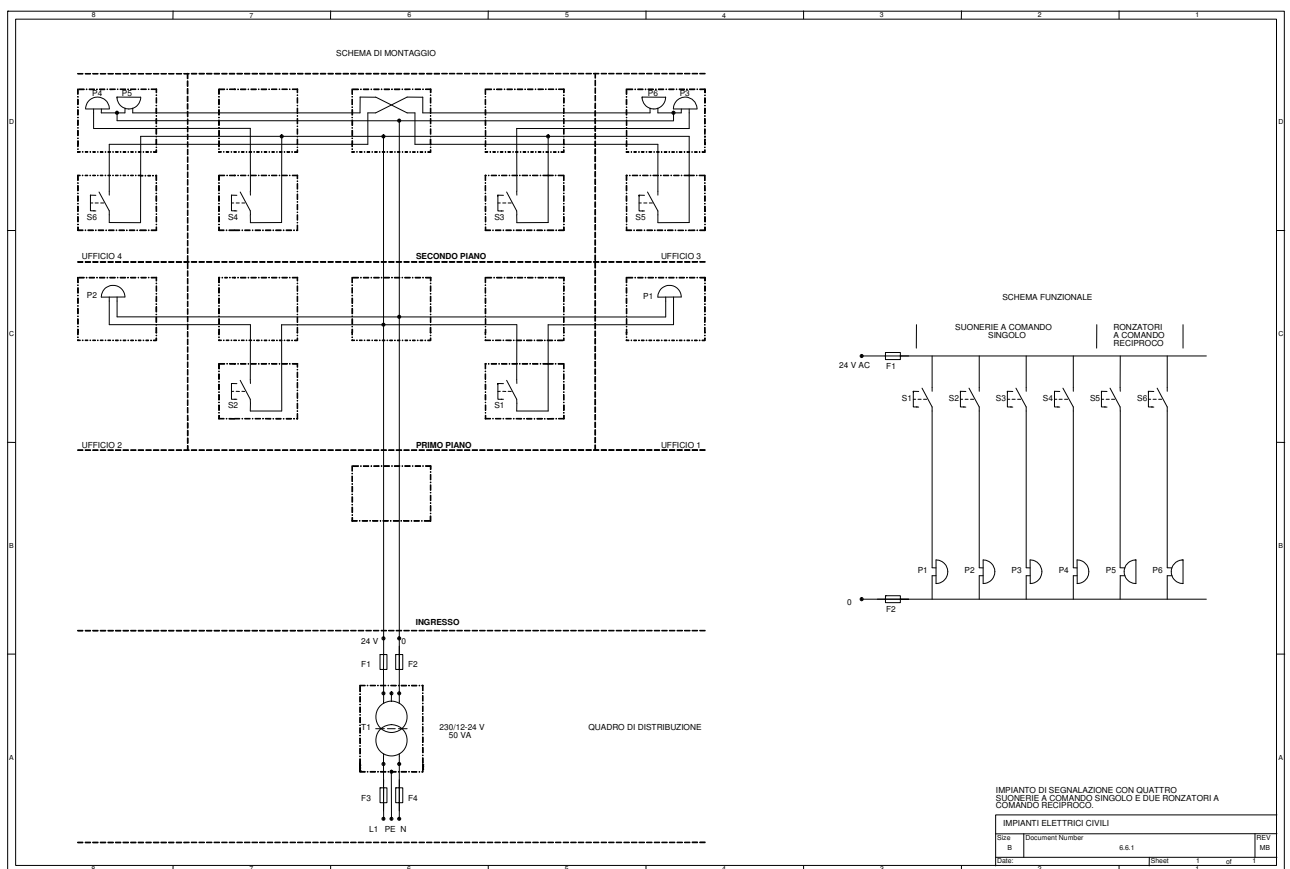
Viceversa, collegando più suonerie in parallelo, sarà possibile dislocare la segnalazione contemporaneamente in più punti con un unico comando.

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. 6.17b; 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.

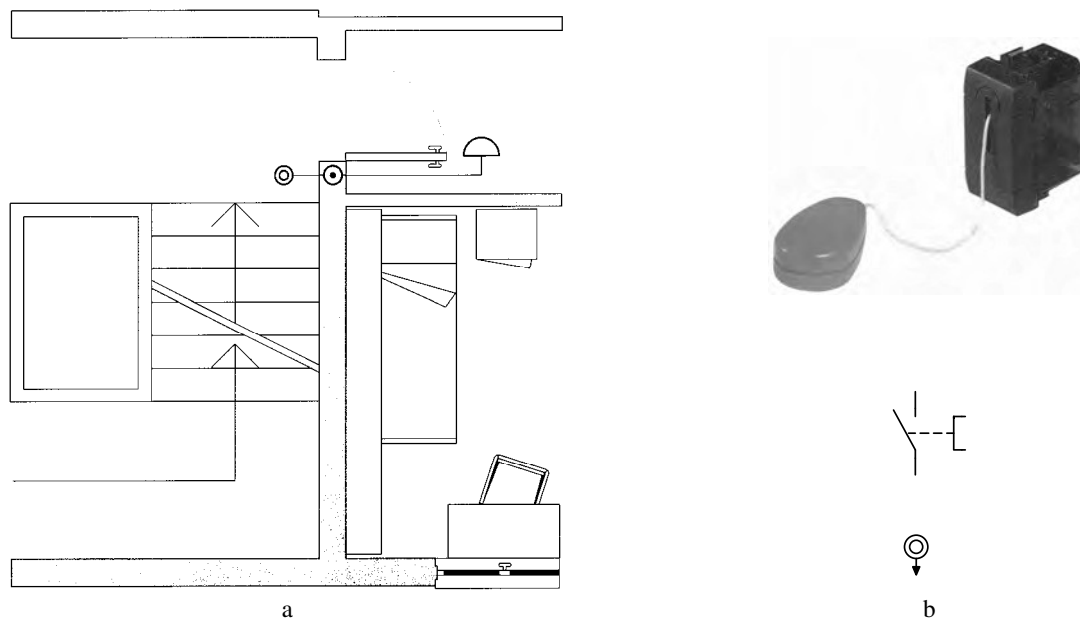


Fig. 6.17 - a) Esempio di applicazione: ingresso di appartamento con pulsante esterno per il comando di una suoneria - **b)** Pulsante a tirante e relativi simboli per schemi di funzione (NO) e per rappresentazioni topografiche (bticino).

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 *fincorsa* (le norme CEI chiamano questi dispositivi interruttori di posizione meccanici).

Un fincorsa 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.

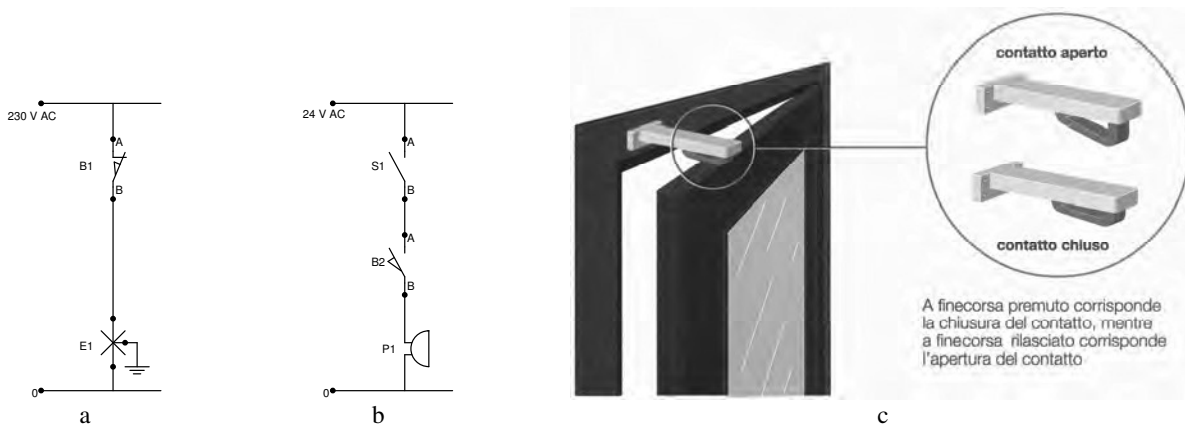


Fig. 6.18 - a) Esempio di applicazione di un fincorsa normalmente chiuso (B1) per il comando della lampada ad incandescenza (E1) di un frigorifero domestico. L’accensione della lampada avviene in modo automatico quando la porta è aperta in quanto il contatto si richiude - **b)** Esempio di applicazione di un fincorsa 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 fincorsa a slitta per il comando di un ronzatore o un campanello. Il fincorsa 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 fincorsa viene mantenuto premuto dalla porta. L’arresto casuale della stessa nella posizione che lo vede azionato provoca un suono continuativo (bticino).

6.6.2 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 grande 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).

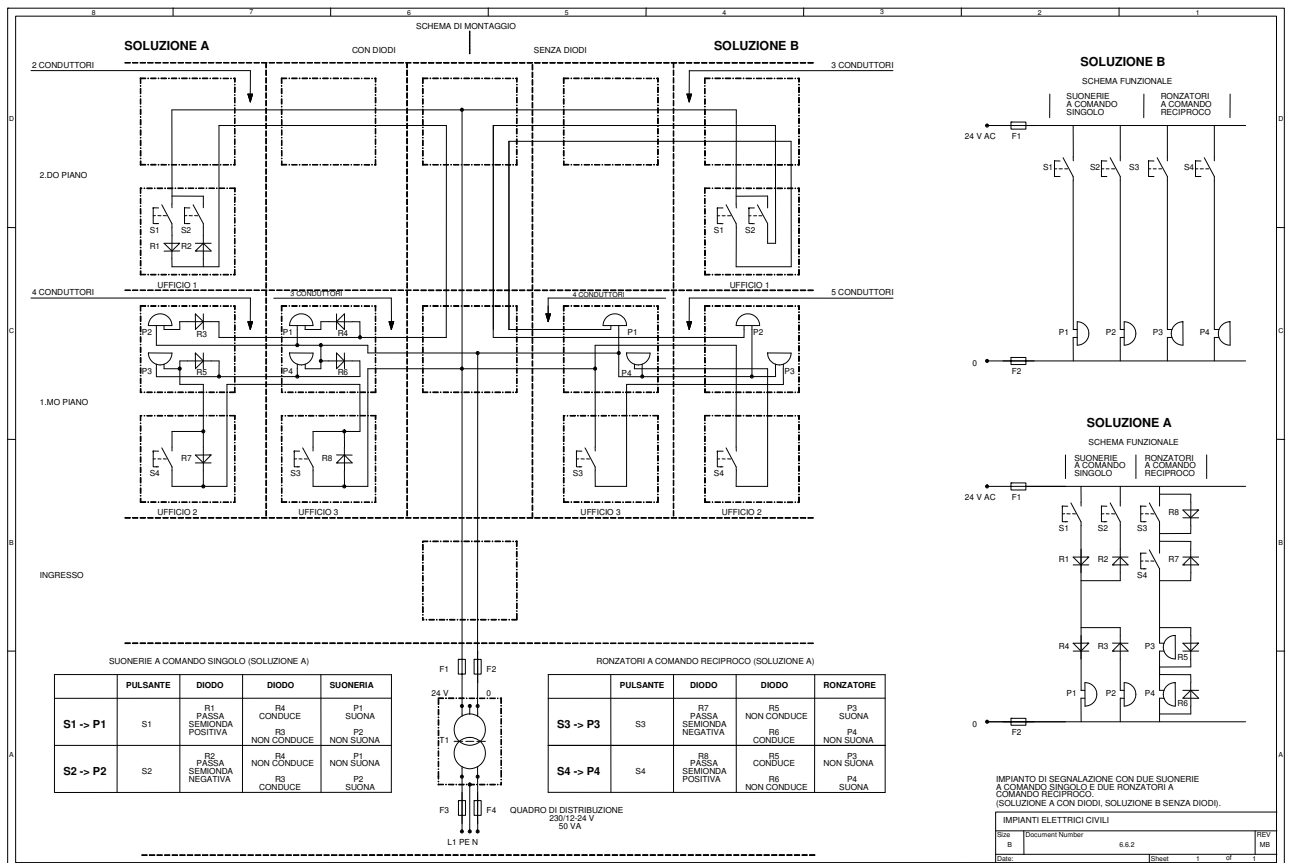
Rispettando l'orientamento dei diodi indicato nella tavola si ottiene che, premendo il pulsante S1, viene immessa nel circuito la sola semionda positiva della corrente alternata, la quale può attraversare solo il diodo della suoneria P1 che quindi si attiva, mentre la suoneria P2 rimane a riposo. Viceversa, 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 in 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 (soluzione B) 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 rinchiusi 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.

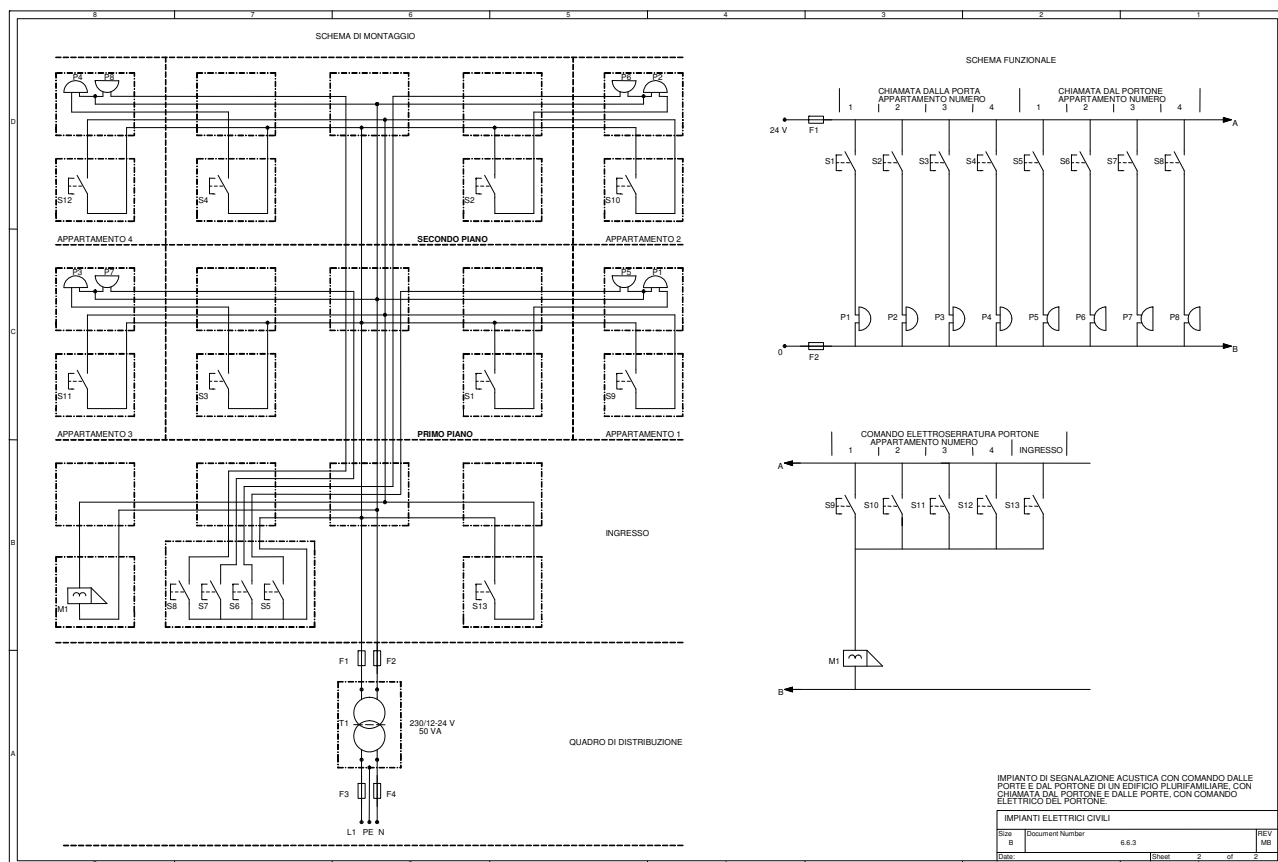
Questa viene bloccata dal diodo R5 della suoneria P3 e, quindi, deve attraversare la suoneria stessa eccitandola. La suoneria P4 rimane inattiva in quanto tutta la corrente attraverserà il diodo che la cortocircuita. Premendo invece il pulsante S4, nel circuito passa la sola semionda positiva della corrente che attraversa la suoneria P4 eccitandola, ma non la suoneria P3 che rimane a riposo.

6.6.3 Impianto di segnalazione acustica con comando dalle porte e dal portone di un edificio pluri-familiare, 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).

6.6.4 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.

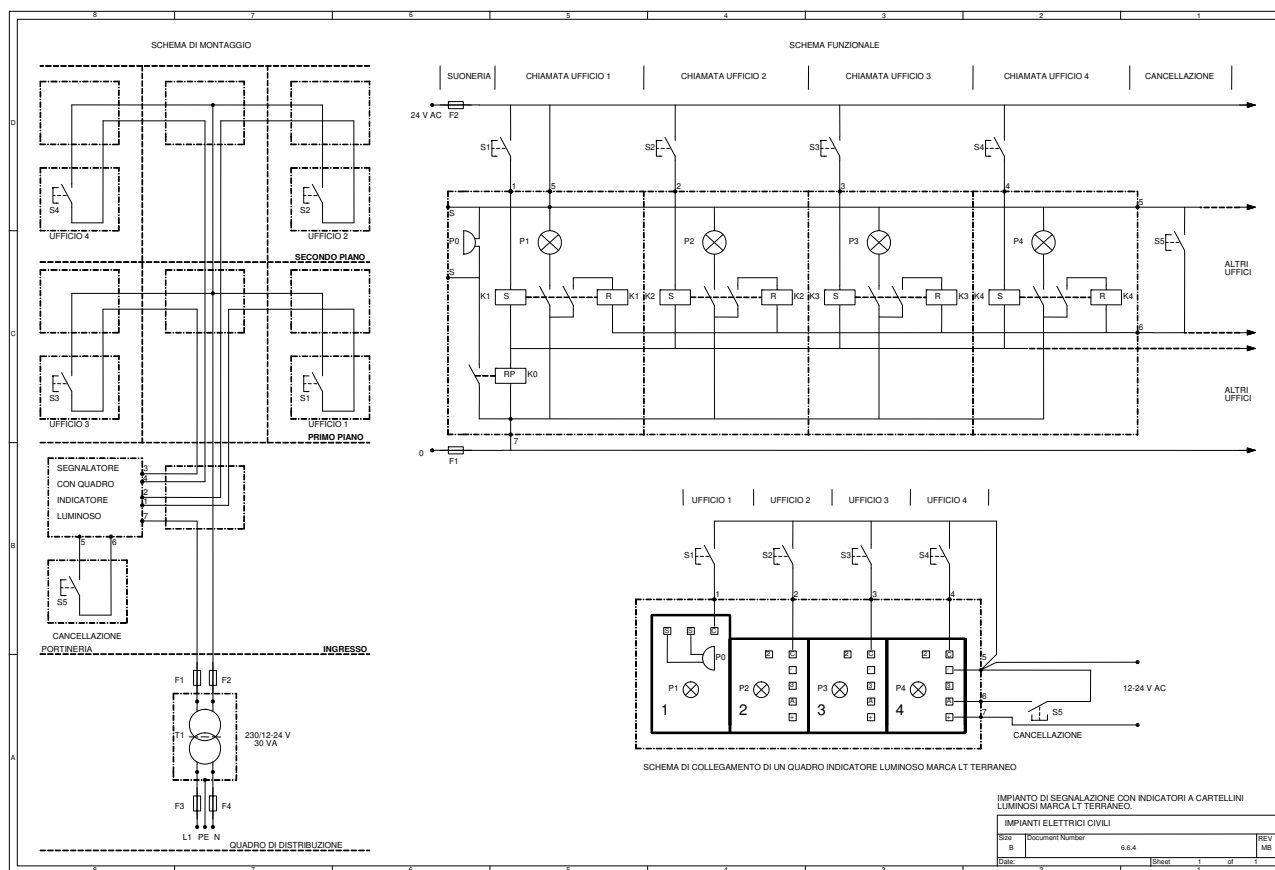
Il pulsante di cancellazione deve essere collegato ai morsetti 5 e 6 (c'è la possibilità di collegare una suoneria supplementare, oltre a quella interna P0, ai morsetti S-S).

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.



6.6.5 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con fotorelè marca bticino (nel CD-Rom allegato)

6.6.6 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con relè bistabili marca Omron (nel CD-Rom allegato)

6.6.7 Impianto di segnalazione a cartellini luminosi con relè bistabili marca bticino (nel CD-Rom allegato)

6.6.8 Impianto di segnalazione a chiamata unidirezionale per due uffici

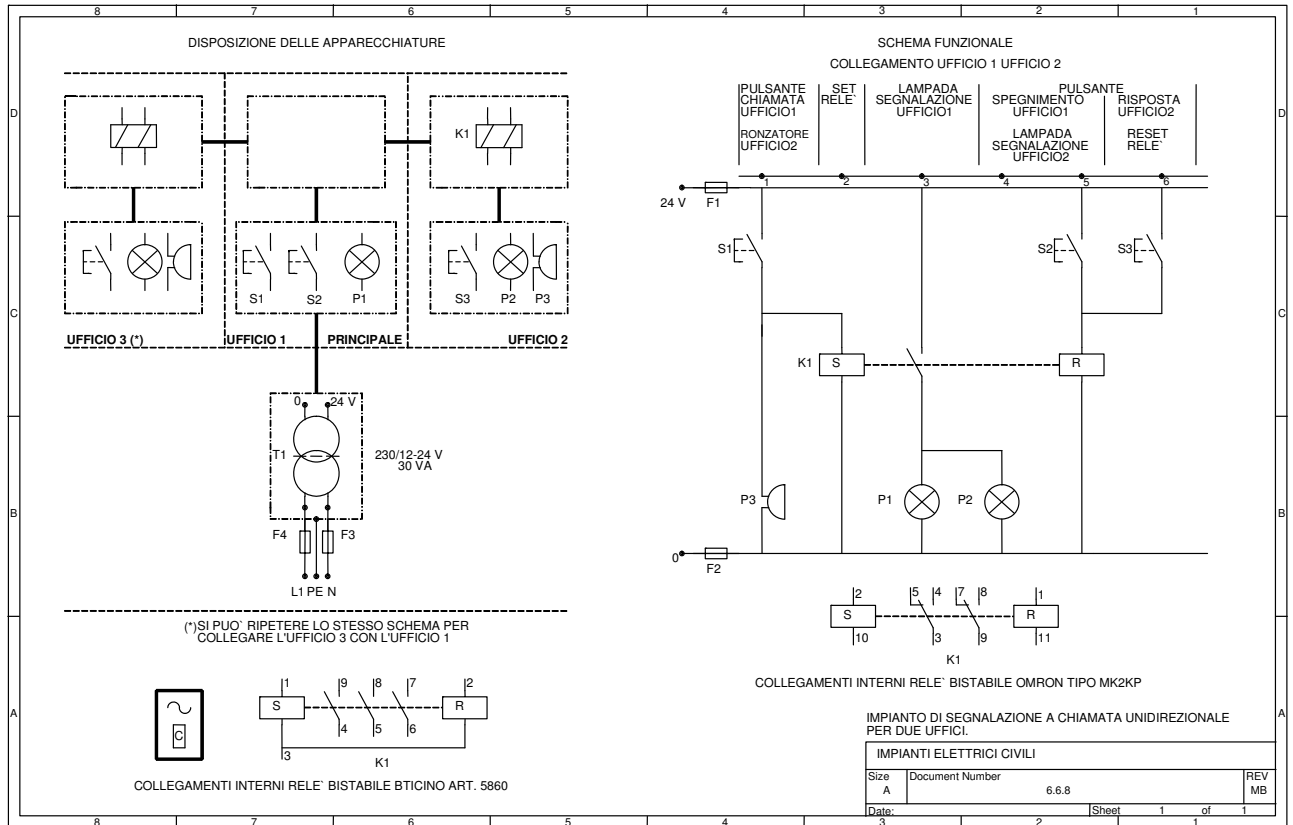
La tavola presenta un impianto di segnalazione a chiamata unidirezionale per due uffici (per esempio, dall'ufficio 1 all'ufficio 2).

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.



6.6.9 Impianto di segnalazione a chiamata bidirezionale per due uffici

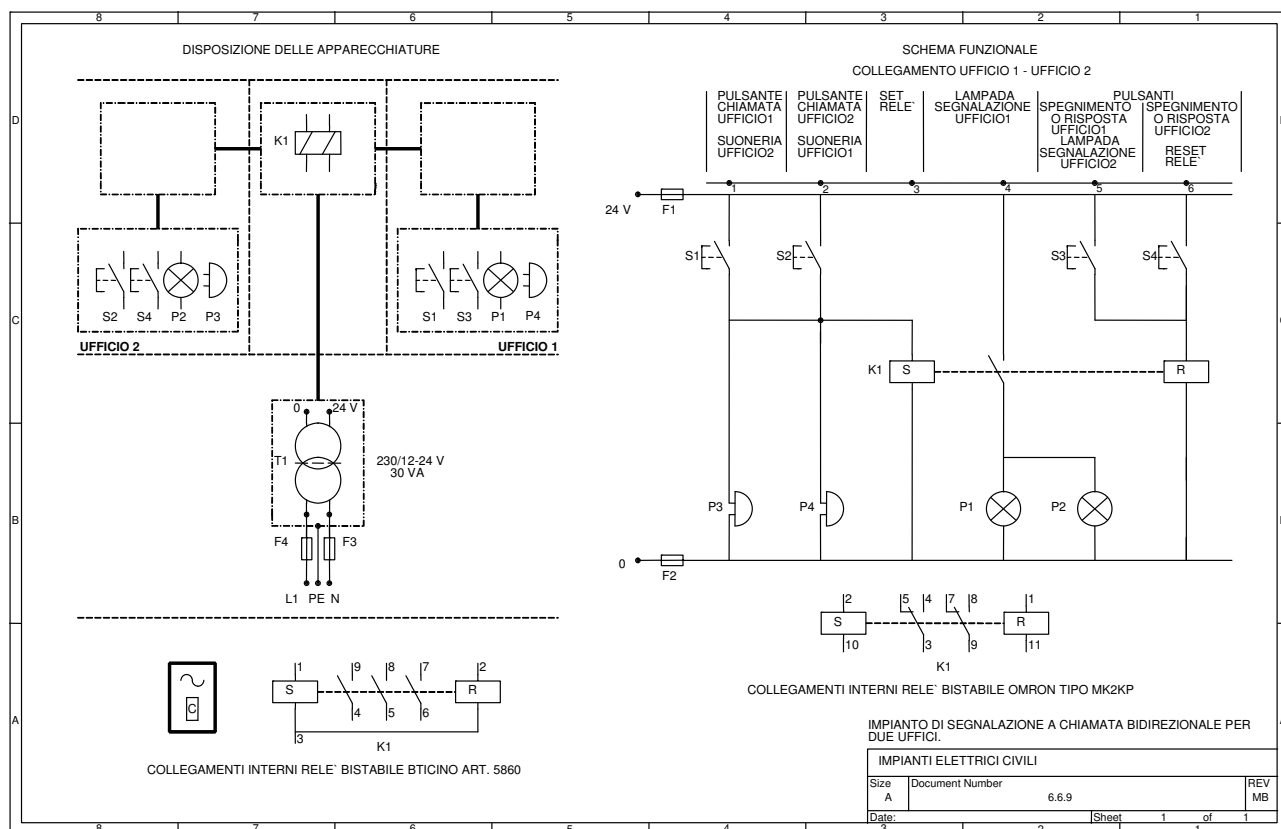
L'impianto che segue consente la chiamata bidirezionale per due uffici (per esempio, dall'ufficio 1 all'ufficio 2 e viceversa).

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.



6.6.10 Impianto di segnalazione occupato con relè bistabili o relè ad immobilizzazione di posizione (relè interruttore)

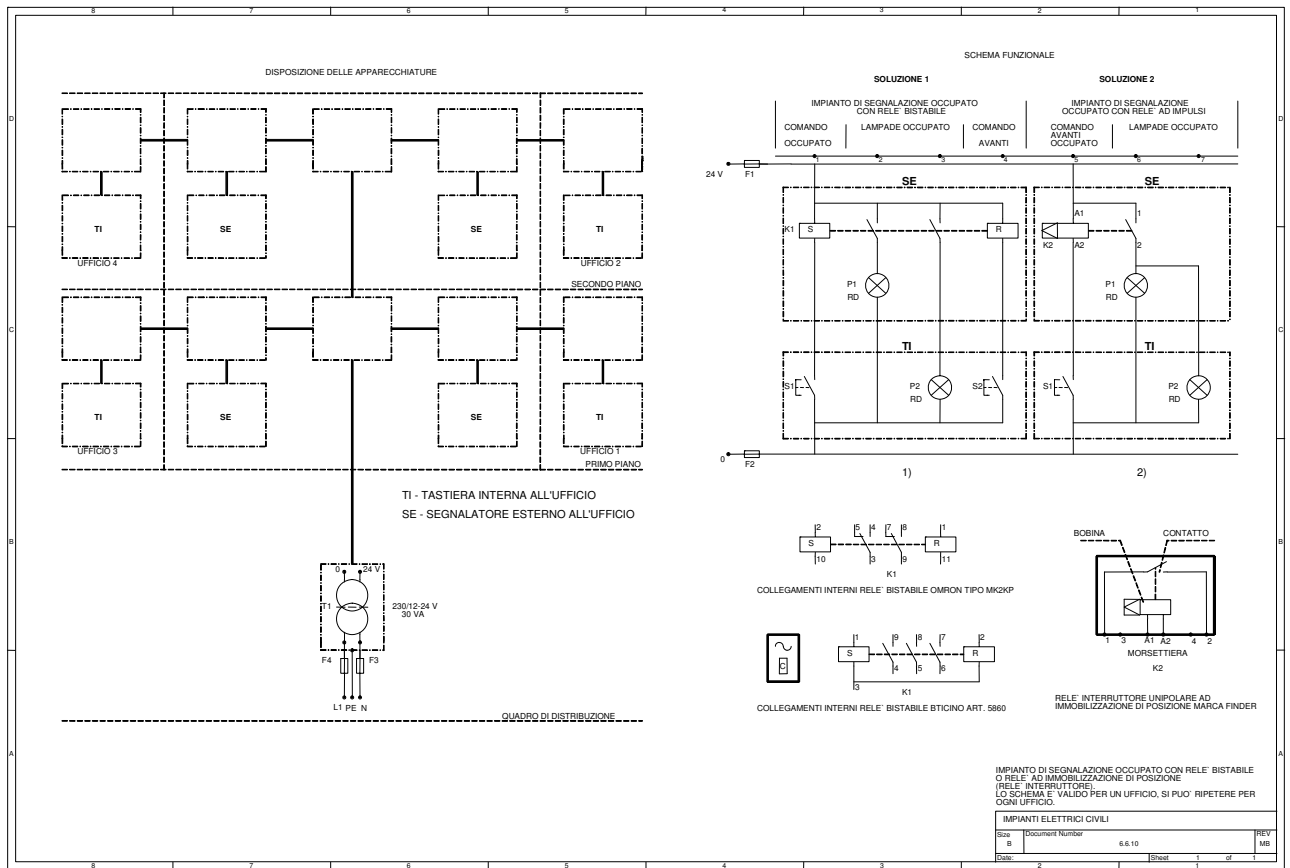
La seguente tavola mostra come un impianto di segnalazione occupato possa essere realizzato utilizzando un relè bistabile (1) oppure un relè interruttore ad immobilizzazione di posizione (2) in grado di far accendere alternativamente le due lampade P1 e P2.

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 e 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.



6.6.11 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.

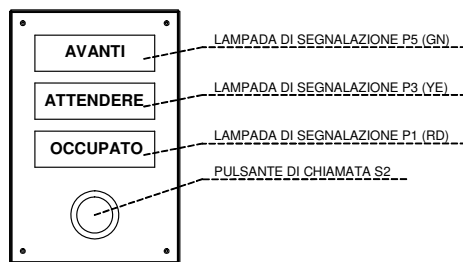


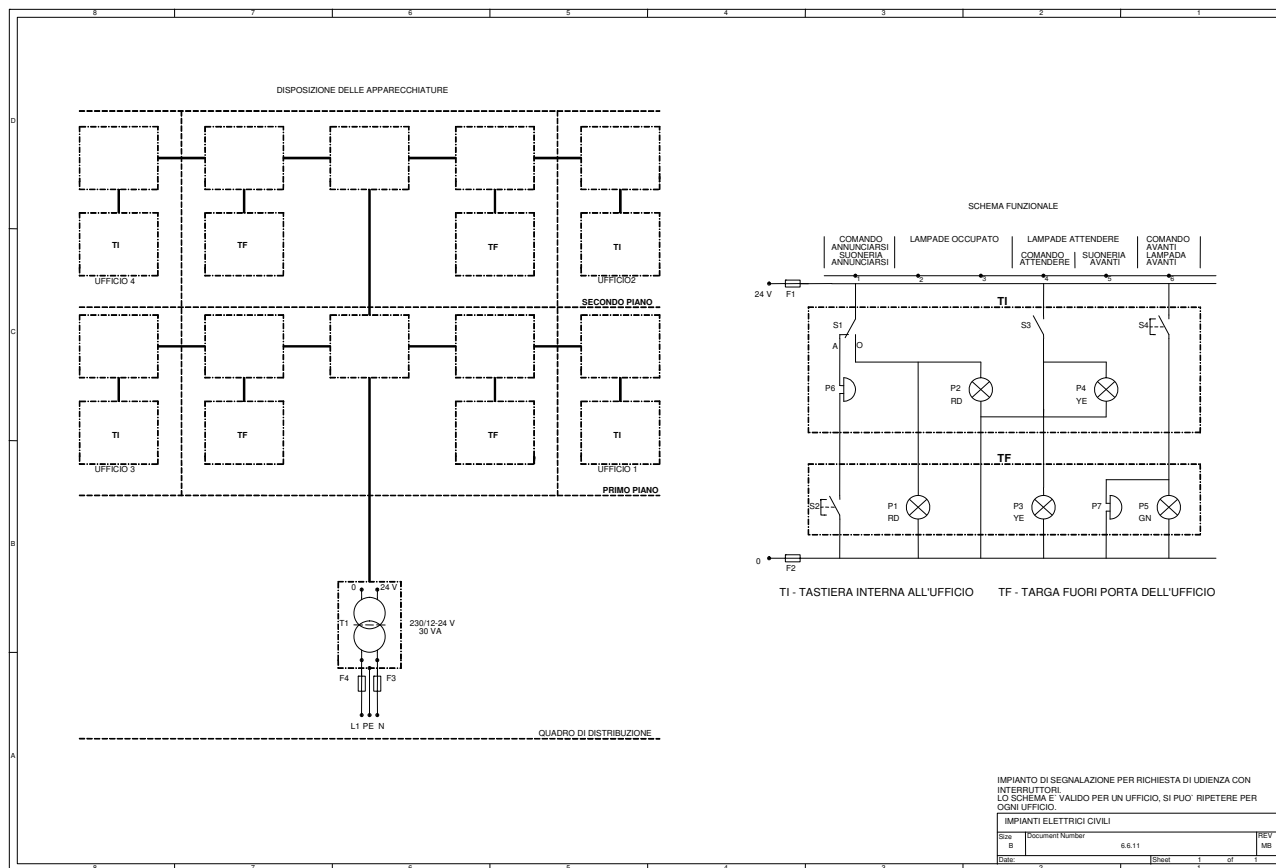
Fig. 6.19 - Esempio di targa fuori dalla porta.

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 per richiesta di udienza per ufficio, simile a quello precedentemente descritto e prodotto dalla ditta bticino, costituito da un minicentralino di segnalazione fuori porta (fig. 6.20b) con il quale il visitatore si annuncia e da una pulsantiera da tavolo (fig. 6.20a).

Nella fig. 6.20c 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 **OCCUPATO** (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 per richiesta di udienze a 12 o 24 V AC.

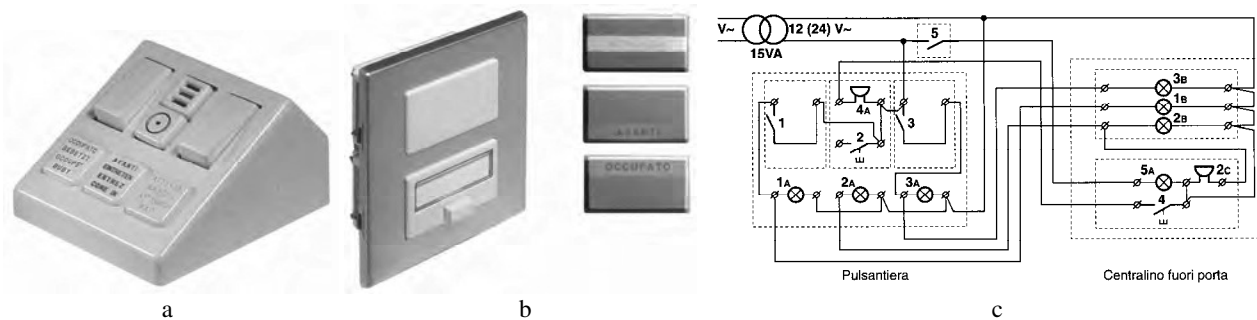


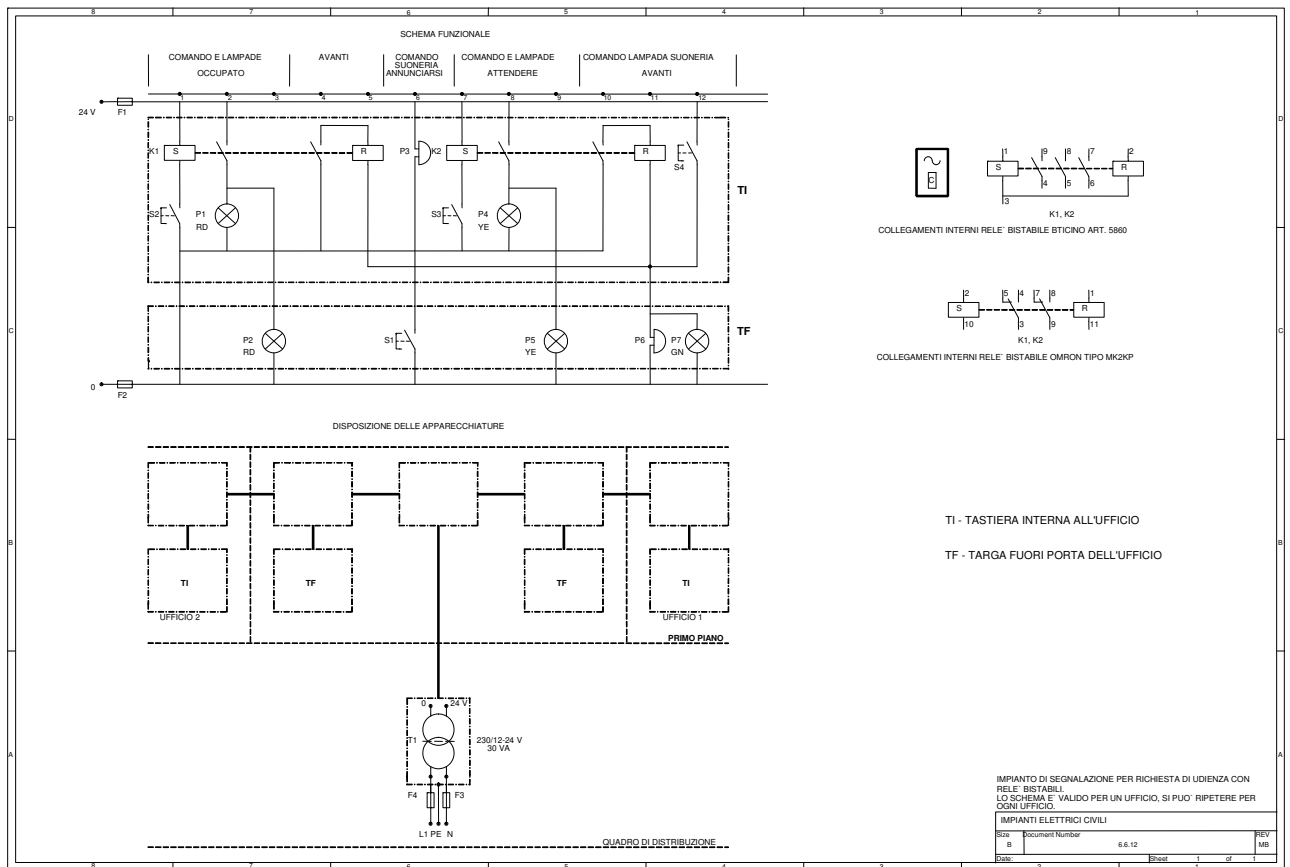
Fig. 6.20 - a) Pulsantiera interna da tavolo per richiesta di udienza - b) Centralino fuori porta per richiesta di udienza - c) Schema di collegamento (bticino).

6.6.12 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.



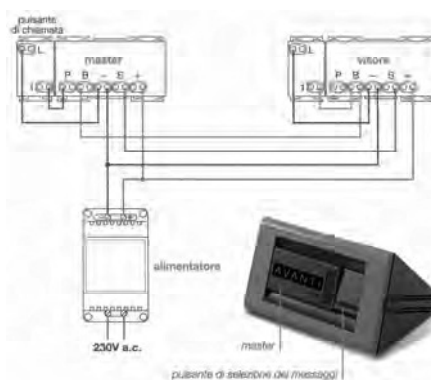
La richiesta di udienza può essere realizzata anche con le moderne tecniche elettroniche mediante apposite apparecchiature tipo quelle mostrate di seguito, nelle quali le scritte appaiono su un visore in forma alfanumerica.

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 e 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



b

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.

Fig. 6.21 - 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 per 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).

6.6.13 Impianto di segnalazione per chiamata fattorini con segnalazione fuori porta e lampade direzionali (nel CD-Rom allegato)

6.6.14 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)

6.6.15 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)

6.7 Esempio di schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo

Negli alberghi è possibile trovare la tasca portabadge, usata per dare il consenso all'accensione delle luci ed eventuali altri utilizzatori, solo in presenza dell'ospite in camera.

La tasca è dotata 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.

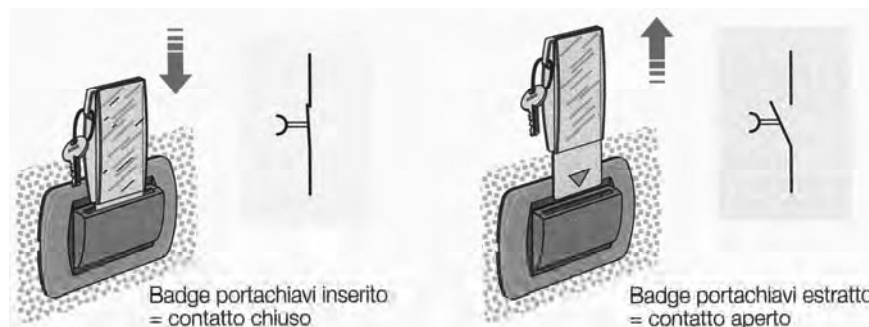


Fig. 6.22 - Principio di funzionamento di una tasca portabadge (bticino).

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. 6.24, 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.

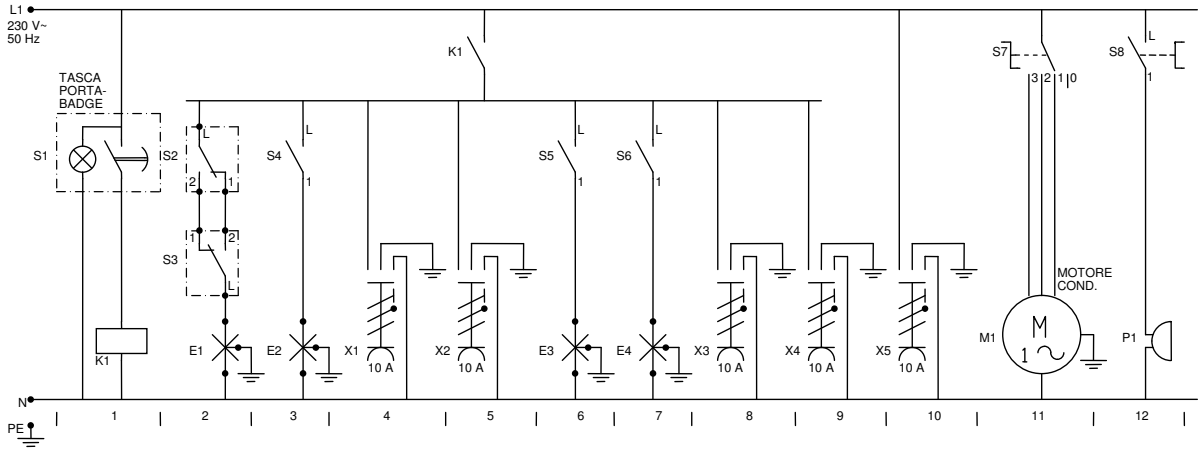
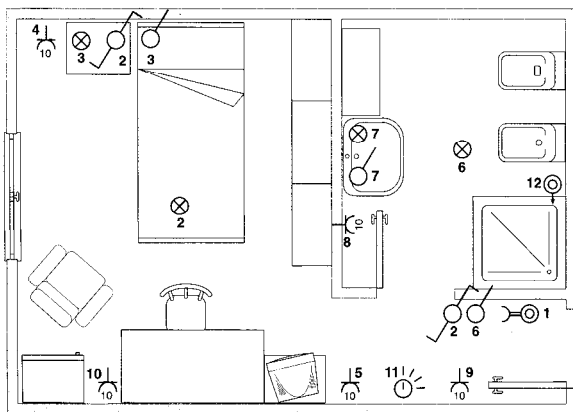


Fig. 6.23 - Schema elettrico di una piccola camera ad un posto letto in un albergo. La funzione attribuita a ciascun dispositivo è descritta nella legenda riportata nella fig. 6.24.



Legenda.

- 1) Tasca portabadge.
- 2) Lampada principale in camera con accensione alla porta e 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. 6.24 - Schema topografico e relativa legenda (bucino).

La camera d'albergo mostrata in fig. 6.24, 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 o 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 muovono fintanto che viene premuto il pulsante; saranno i finecorsa ad arrestare automaticamente il motore a tapparella completamente abbassata o alzata.

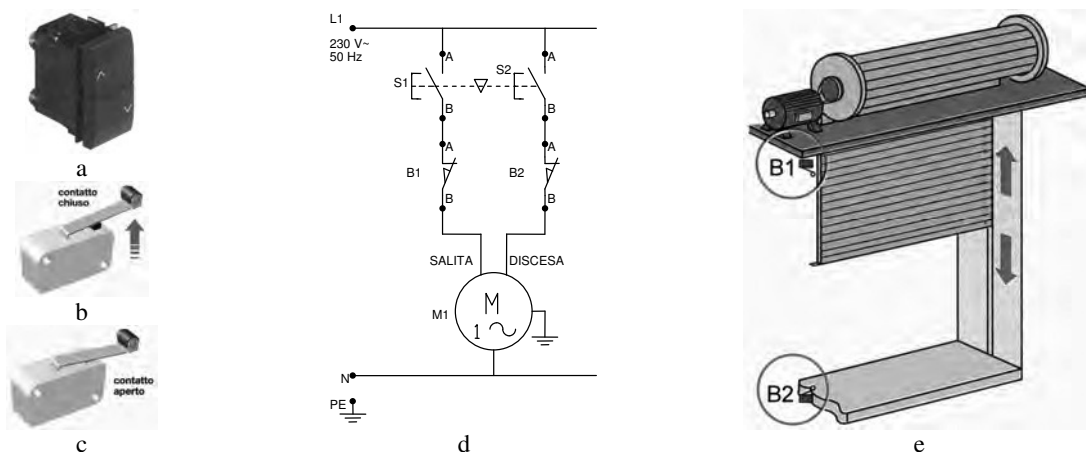


Fig. 6.25 - Motorizzazione di una tapparella: a) Pulsante doppio interbloccato (1NO+1NO) - b) Posizione assunta dalla leva del finecorsa NC se lasciata libera dalla tapparella - c) Posizione assunta dalla leva del finecorsa NC se premuta dalla tapparella - d) Schema elettrico funzionale, i pulsanti sono 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. 6.25a 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 finecorsa.

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.

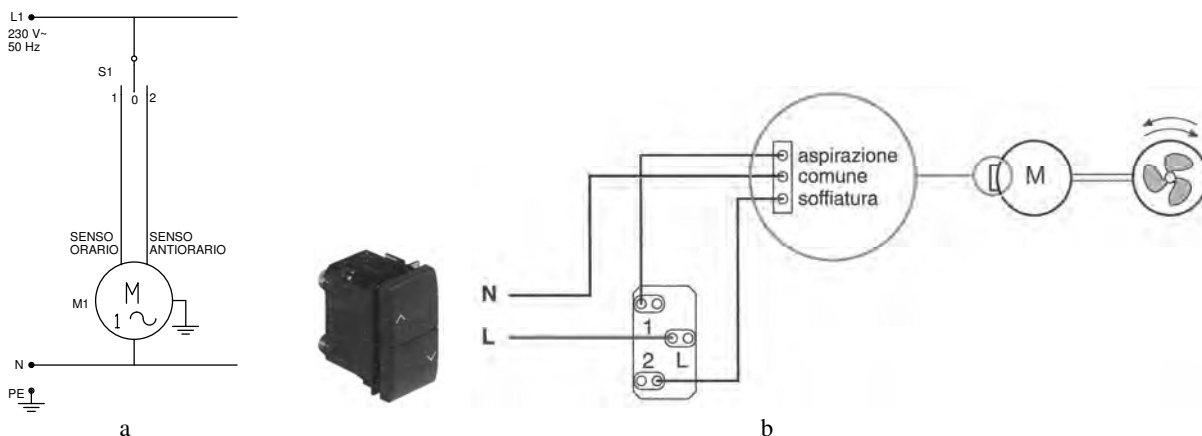


Fig. 6.26 - a) Schema funzionale per il comando di un aspiratore/soffiatore mediante un commutatore a due tasti interbloccati - b) Schema di collegamento. L'aspirazione o la soffiatura è determinata dalla rotazione in senso orario o antiorario della ventola (baticino).

Il commutatore rotativo, mostrato in fig. 6.27a, è dotato di una manopola che, ruotata manualmente, si arresta in posizioni prefissate alle quali corrispondono altrettante commutazioni.

È realizzato costruttivamente con un morsetto comune e con tanti altri morsetti a seconda di quante sono le posizioni che può assumere, eventualmente senza quello corrispondente allo zero. È spesso usato nel settore impiantistico industriale e 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 denominazione 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. 6.23 (riferimento 11).

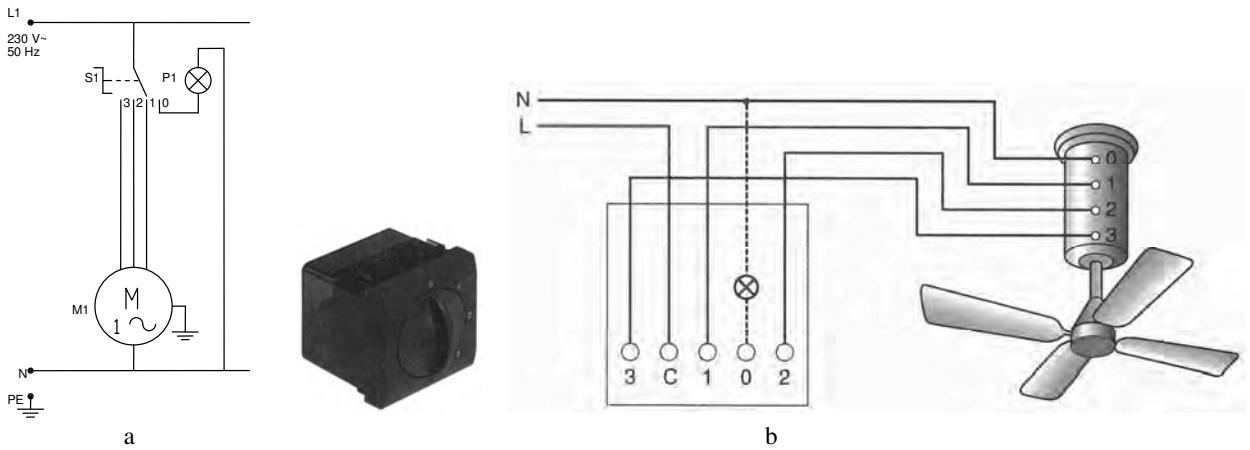


Fig. 6.27 - a) Schema funzionale per il comando di un ventilatore a più velocità mediante un commutatore rotativo unipolare. Le posizioni 1-2-3 alimentano rispettivamente i tre avvolgimenti che consentono altrettante velocità di rotazione delle pale. Il morsetto corrispondente allo zero normalmente non viene utilizzato ma è disponibile per una eventuale lampada di segnalazione di ventilatore spento - b) Schema di collegamento (bucino).

6.8 Impianti citofonici e videocitofonici

6.8.1 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.

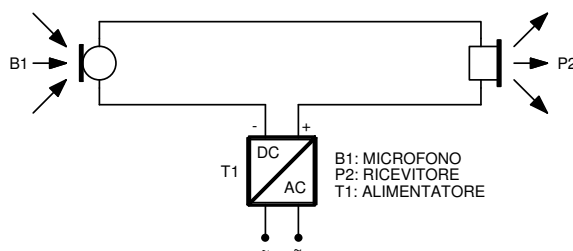


Fig. 6.28 - Esempio di schema di collegamento di un microfono a carbone. La resistenza della capsula microfonica (a sinistra) varia in funzione della pressione dovuta alla voce, in modo da provocare una modulazione della corrente elettrica. L'apparecchio ricevitore (a destra), costituito da un elettromagnete 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 morsettiera per i collegamenti dei cavi e alcuni contatti sensibili al peso del microfono, un ronzatore e, in alcuni casi, dei pulsanti.

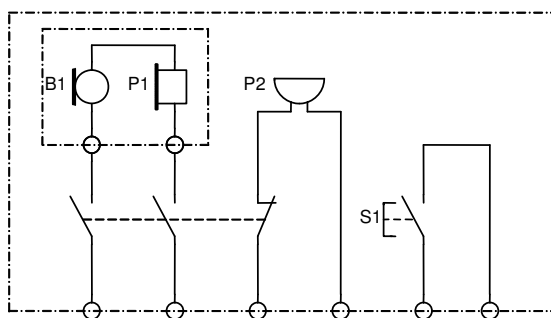


Fig. 6.29 - Esempio di schema dei collegamenti interni di un citofono. I contatti sono rappresentati nella posizione di riposo. Sollevando il microtelefono i contatti commutano, inserendo nel circuito il microfono B1 e il ricevitore P1 e disinserendo la suoneria/ronzatore P2. Il pulsante S1 serve per 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.

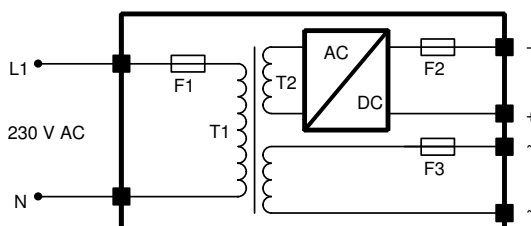


Fig. 6.30 - Esempio di alimentatore per impianti citofonici. Da notare la presenza di un trasformatore T1 che riduce la tensione di rete a valori necessari per l'alimentazione sia del circuito fonico funzionante in corrente continua (DC) sia di chiamata funzionante in corrente alternata (AC); il circuito elettronico T2 di conversione da corrente alternata a corrente continua (AC/DC) necessario al circuito fonico nonché 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 sono i più utilizzati negli edifici residenziali, 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 sia il ricevitore.

Completa l'impianto un'elettroserratura, per il comando di portoni e cancelli, comandata da appositi pulsanti situati sia negli appartamenti sia nei luoghi comuni dello stabile.

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.

Gli impianti citofonici con centralino richiedono la presenza di una persona (per esempio, il portiere) che, ricevuta una richiesta di comunicazione, possa inoltrare la chiamata.

A questi impianti di base si aggiungono quelli di tipo misto che propongono più soluzioni tra quelle considerate.

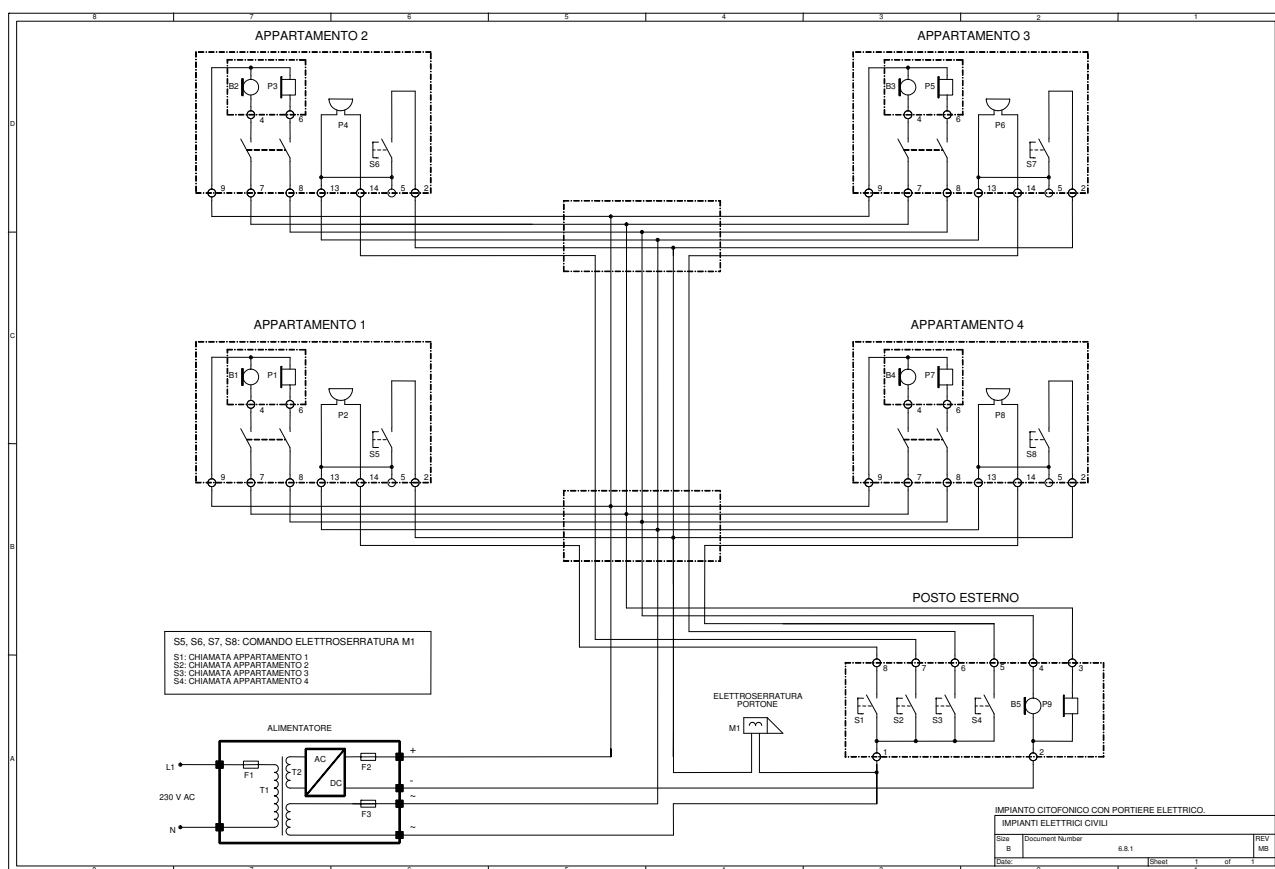
Vengono di seguito forniti alcuni esempi base di collegamento di citofoni, mentre per una conoscenza più approfondita, si rimanda alla lettura degli appositi schemi di installazione forniti dai costruttori di citofoni.

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 P9, 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 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, in 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.

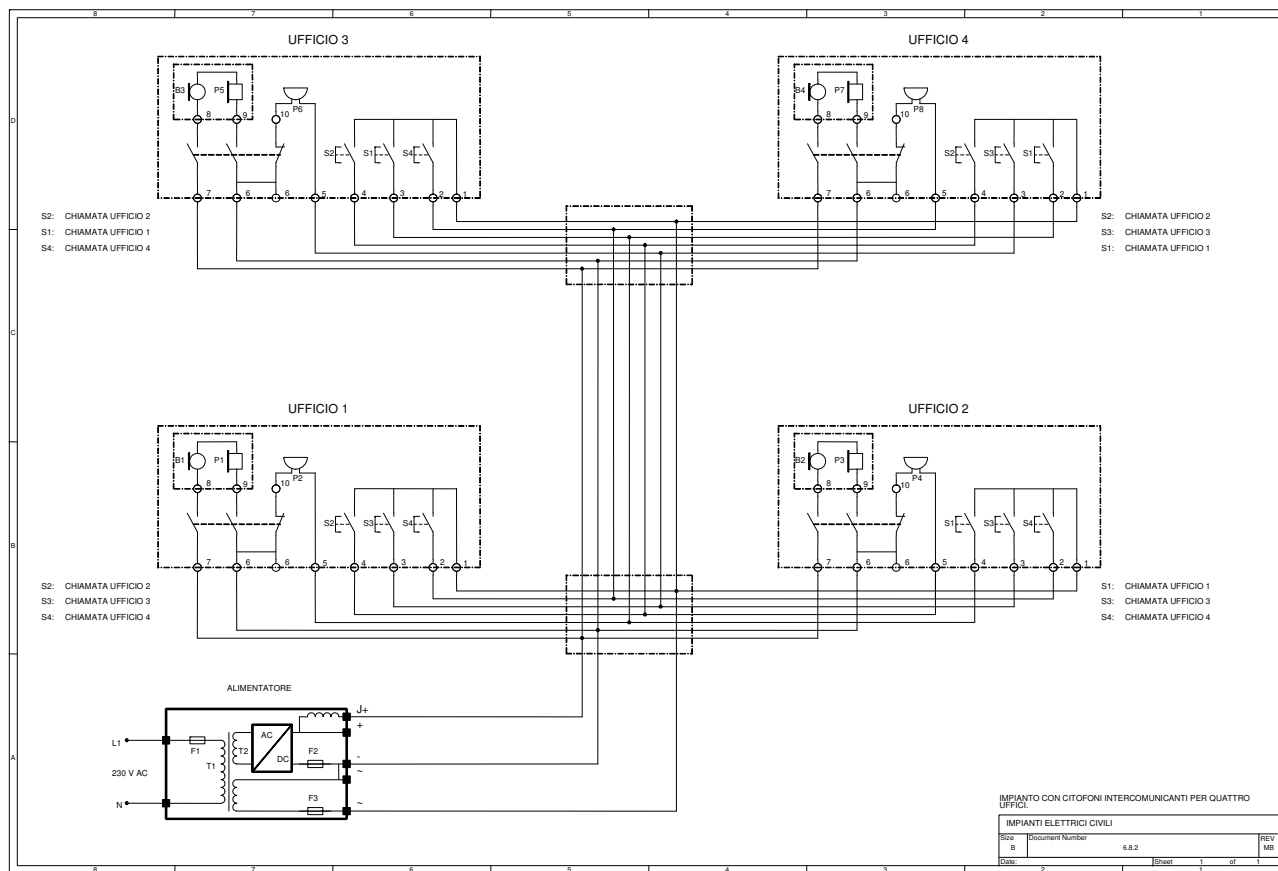
6.8.2 Impianto con citofoni intercomunicanti per quattro uffici

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 P4, 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.

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI		
Doc. N°	Document Number	REV
0206	6.8.2	MB
Sheet		of
2		1

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.

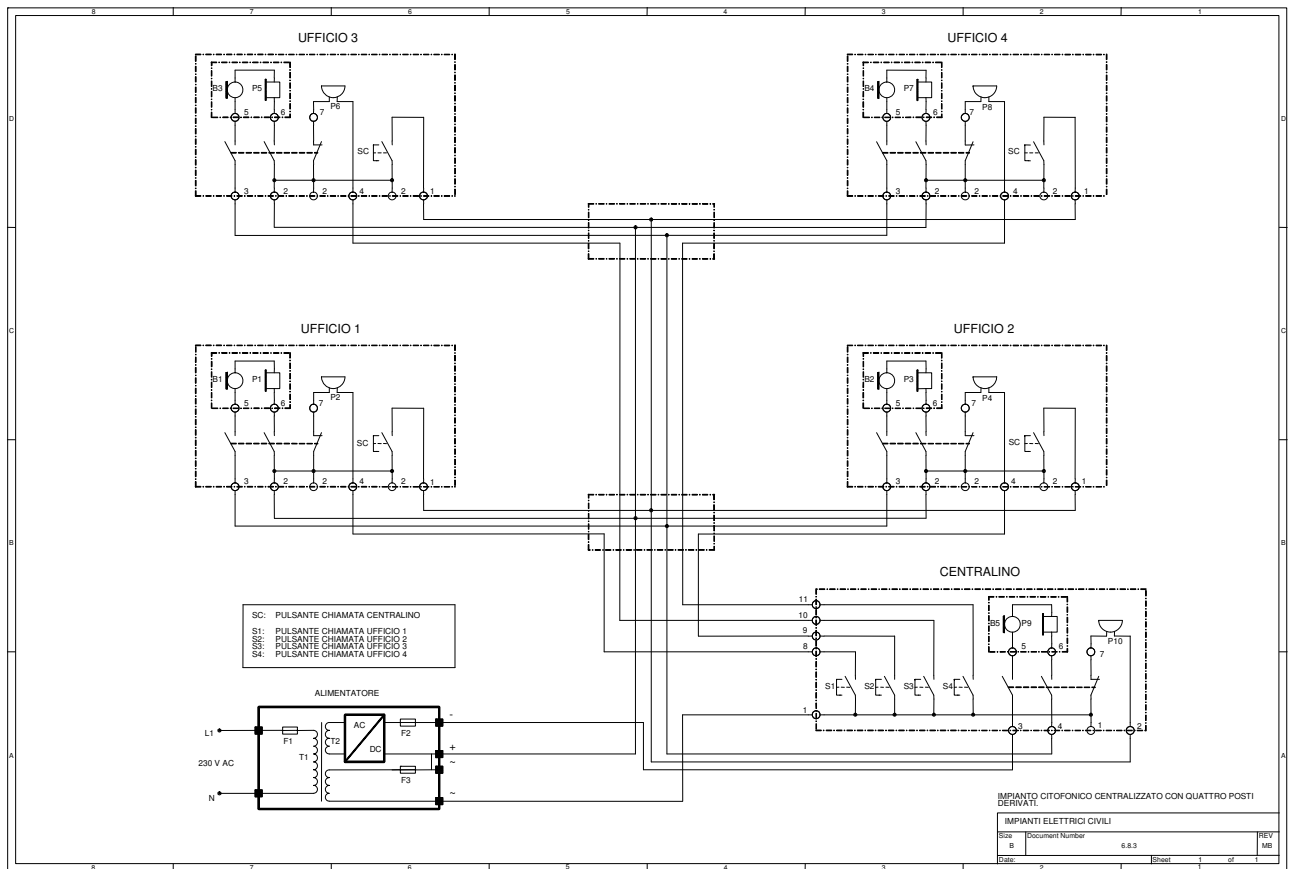
Esistono comunque impianti che consentono più conversazioni contemporanee e segrete fra di loro, anche se la segretezza non è totale in quanto altri posti interni possono inserirsi in una conversazione in atto premendo il tasto corrispondente ad uno degli apparecchi già impegnati.

In questi impianti l'induttanza viene inserita in ogni apparecchio, poiché ciascuno di essi dispone di una propria linea di conversazione.

6.8.3 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, B5 e P9, posti rispettivamente nell'ufficio 1 e nel centralino.



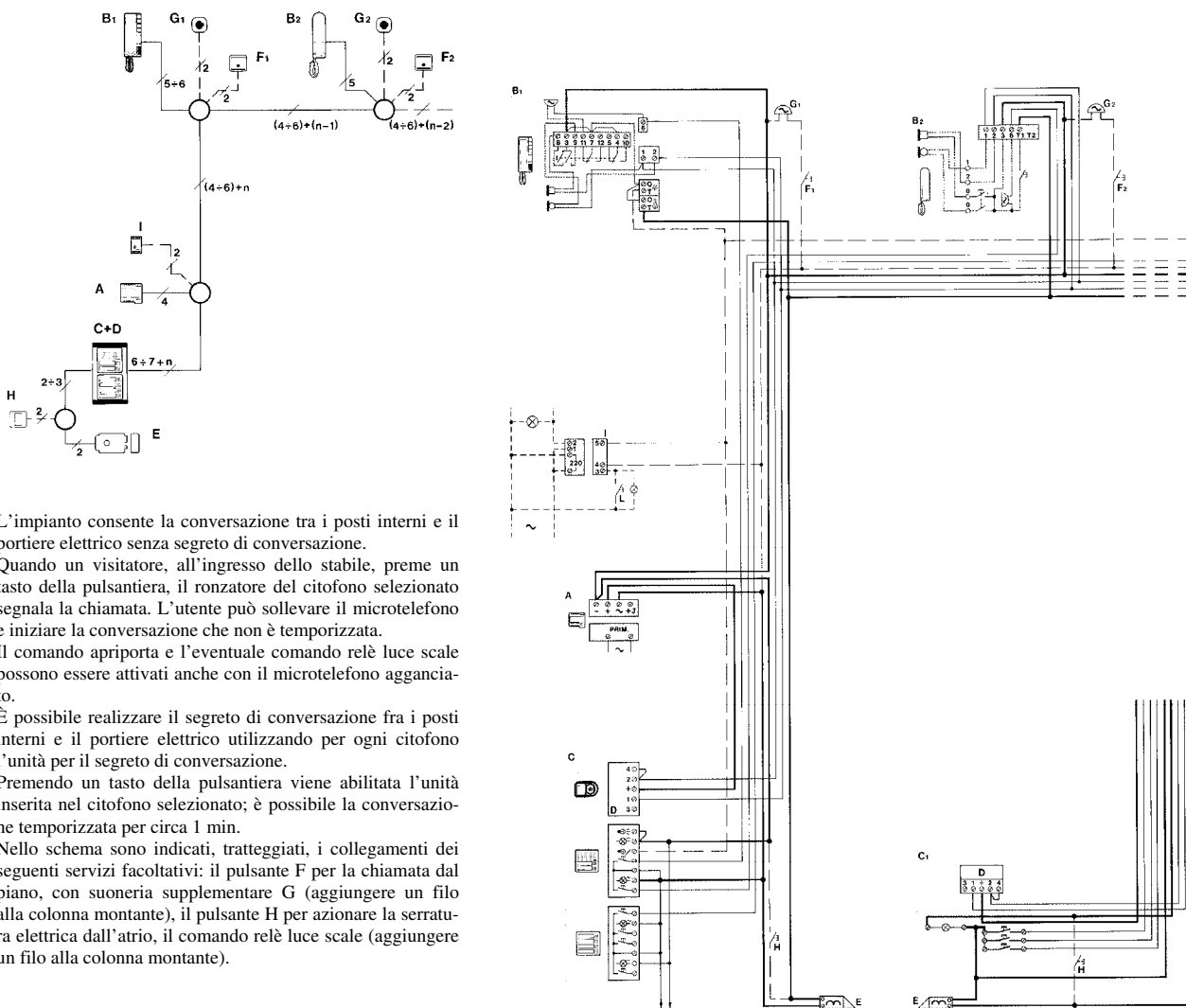
Il funzionamento per gli altri uffici risulta analogo a quello ora descritto.

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.

6.8.4 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.

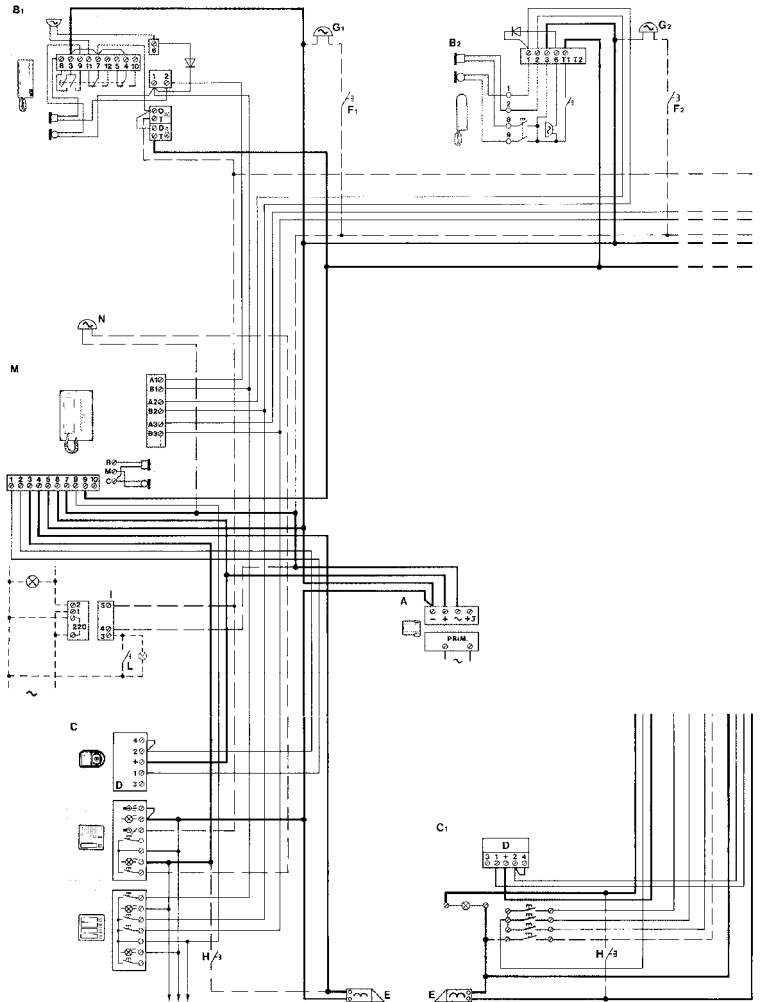
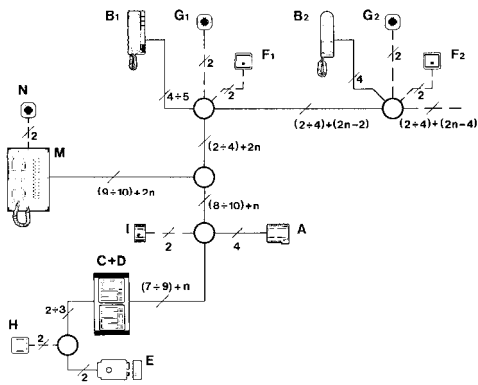


L'impianto consente la conversazione tra i posti interni e il portiere elettrico senza segreto di conversazione. Quando un visitatore, all'ingresso dello stabile, preme un tasto della pulsantiera, il ronzatore del citofono selezionato segnala la chiamata. L'utente può sollevare il microtelefono e iniziare 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. 6.31 - Impianto citofonico con 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. 6.4 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto citofonico con 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 centralinista 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. 6.32 - 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. 6.5 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto con centralino di portineria e posto esterno (LT Terraneo).

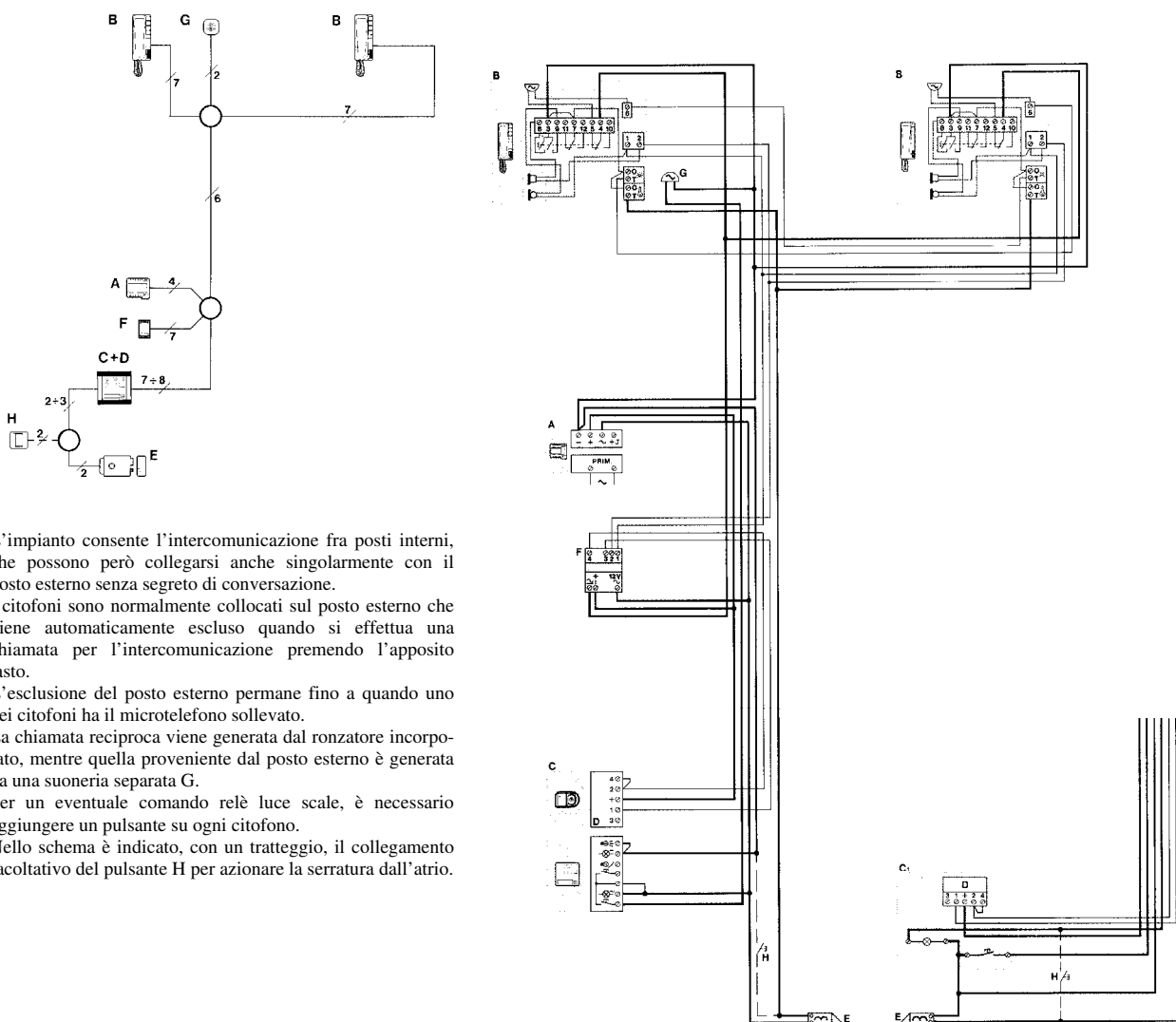


Fig. 6.33 - Impianto citofonico intercomunicante fino a 2 posti interni con un posto esterno (LT Terraneo).

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. 6.6 - Apparecchiature occorrenti per realizzare l'impianto citofonico intercomunicante fino a 2 posti interni con un posto esterno (LT Terraneo).

6.8.5 Impianti videocitofonici

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 (CRT o LCD) 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.

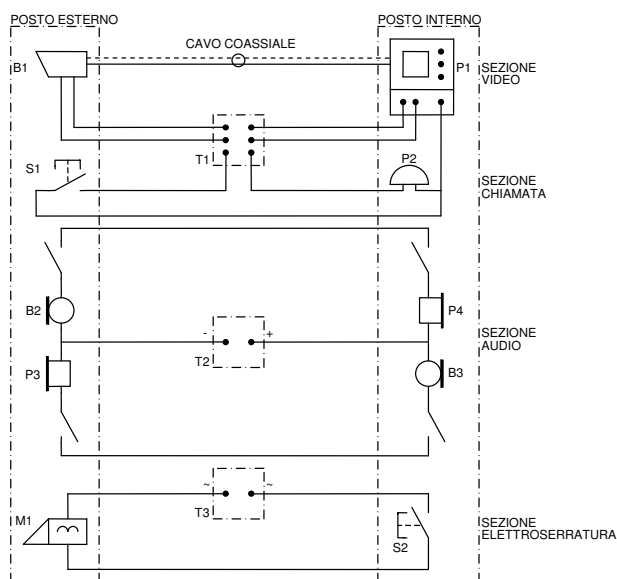
Queste apparecchiature vanno installate seguendo le istruzioni fornite dai costruttori in quanto, oltre ai problemi legati alla distribuzione dei segnali audio, vi sono anche quelli legati alla buona ricezione del segnale video.

Nella fig. 6.35 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. 6.34, 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 con 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. 6.34 - Principio di funzionamento di un impianto videocitofonico monofamiliare.

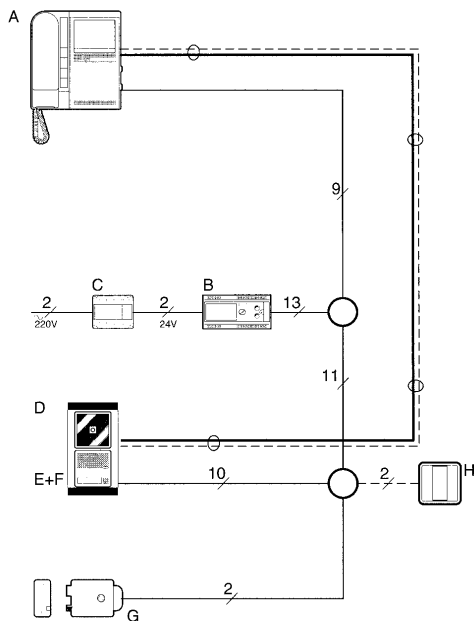
Gli impianti videocitofonici monofamiliari possono essere realizzati in vari modi e possono essere arricchiti con apparecchi aggiuntivi per soddisfare le più svariate esigenze, come, per esempio, il controllo di accensione delle luci delle scale. Le caratteristiche di funzionamento di qualsiasi impianto 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. 6.35.

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 antiscazzo 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 e 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 e iniziare la conversazione, che rimane temporizzata per 60÷70 s.

Il posto interno, inoltre, è 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 e + 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.

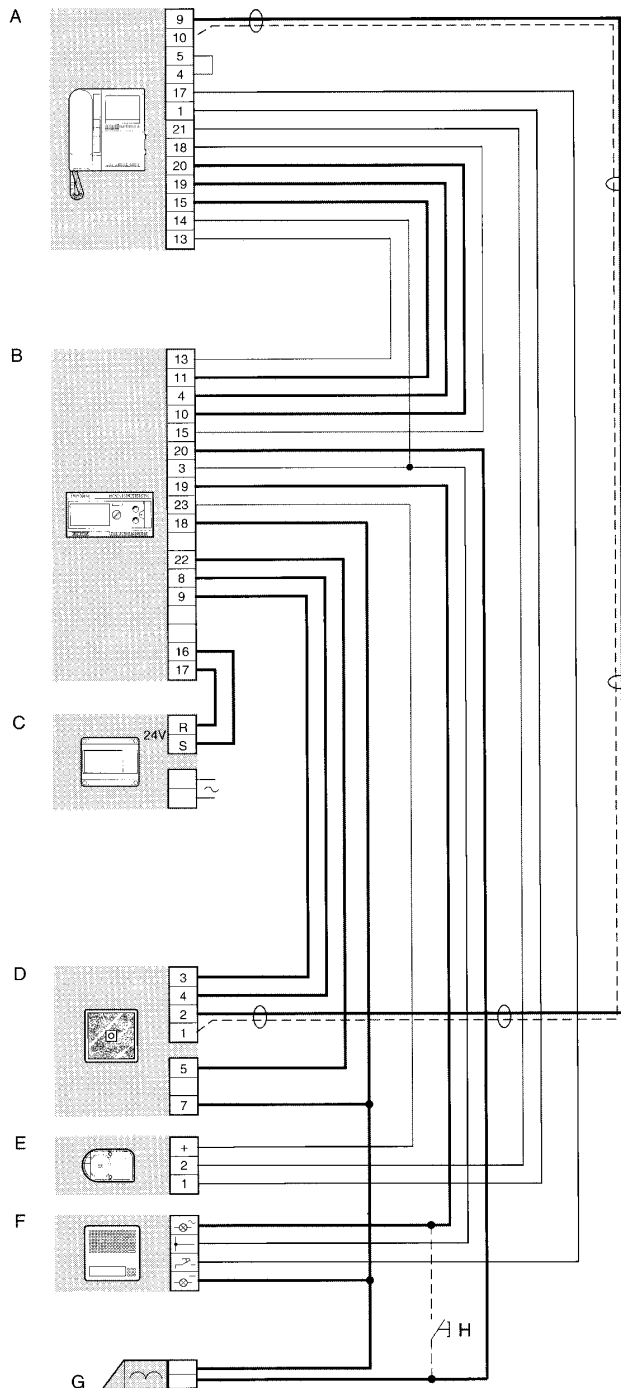


Fig. 6.35 - Impianto videocitofonico monofamiliare (LT Terraneo).

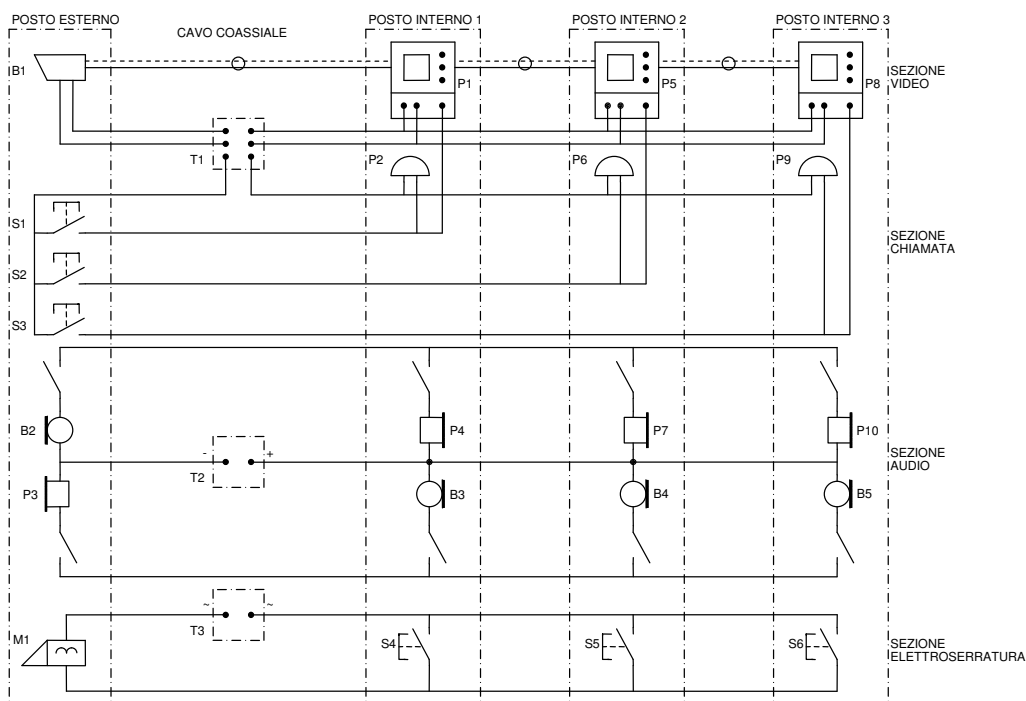
Apparecchiature occorrenti per la realizzazione dell'impianto		
Riferimento schema	Denominazione	Quantità
A	Posto interno, posto interno più presa	1
B	Gruppo elettronico	1
C	Trasformatore	1
D	Telecamera (anche in versione antivandalismo)	1
E	Porter	1
F	Modulo per porter	1
G	Serratura elettrica	1
H	Pulsante apriporta (comando serratura elettrica opzionale)	1

Tab. 6.7 - Apparecchiature occorrenti per realizzare un impianto videocitofonico monofamiliare (LT Terraneo).

Nella fig. 6.36 viene mostrato, invece, un impianto videocitofonico plurifamiliare con portiere elettrico 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. 6.36, 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 con portiere elettrico. Anche questa sezione è temporizzata come la sezione video;
- la sezione elettroserratura per l'apertura del portone o cancello dell'ingresso principale.



Legenda.

Sezione video.
B1: telecamera esterna.
P1, P5, P8: monitor interni.
T1: alimentatore circuito video.

Sezione chiamata.
S1, S2, S3: pulsanti di chiamata.
P2, P6, P9: suonerie.
T1: alimentatore circuito di chiamata.

Sezione audio.
B2, B3, B4, B5: microfoni.
P3, P4, P7, P10: altoparlanti.
T2: alimentatore in corrente continua.

Sezione elettroserratura.
M1: elettroserratura.
S4, S5, S6: pulsanti apertura portone.
T3: alimentatore in corrente alternata.

Fig. 6.36 - 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 aggiuntivi, 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 monofamiliari, ma con le seguenti differenze.

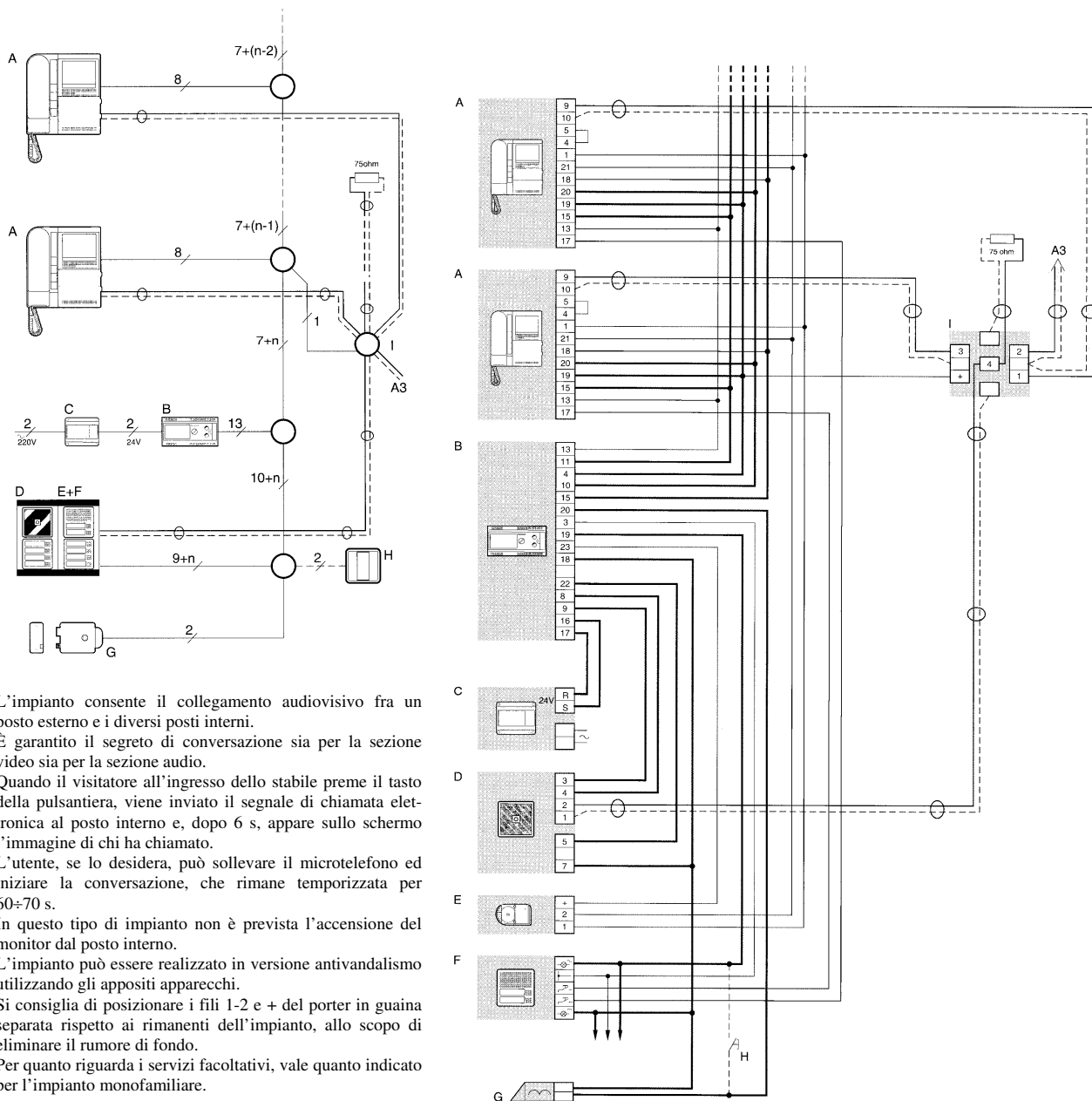
Durante il periodo di collegamento, se il visitatore preme il pulsante di chiamata di un altro posto interno, il collegamento in atto si interrompe immediatamente e si attiva quello con l'altro apparecchio; se, invece, preme ancora lo stesso pulsante, il conteggio del tempo di collegamento riparte da 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 75 Ω. 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. 6.37 (riferimento I).



L'impianto consente il collegamento audiovisivo fra un posto esterno e i diversi posti interni.

È garantito il segreto di conversazione sia per la sezione video sia 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. 6.37 - 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. 6.8 - 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 sia parallelo, la linea deve mantenere una impedenza costante, per cui il cavo coassiale deve essere equipaggiato con una resistenza di chiusura di 75 Ω , come mostrato in fig. 6.37 (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 non 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).

6.8.6 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. Inoltre, trovano 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).

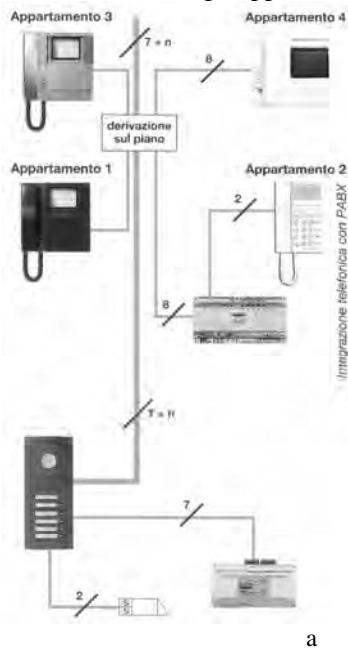
Senza aggiungere o sostituire i conduttori nella colonna montante e negli appartamenti, il servizio esistente di citofonia può essere trasformato in servizio di videocitofonia e/o di portiere elettrico.

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 pul-

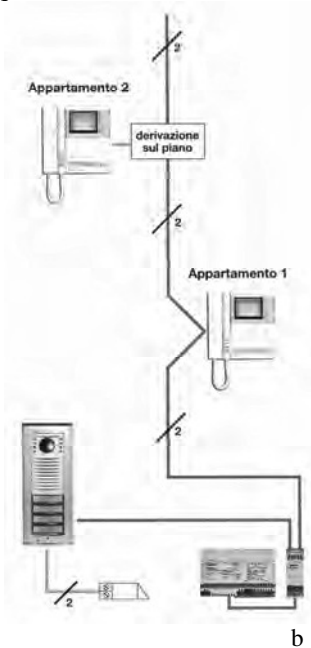
santiera tradizionale o con la chiamata a codice. Servono a effettuare la chiamata verso i posti interni in abitazione e possono essere audio o video (con telecamera a colori o in bianco e nero).

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 il 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. 6.38 - 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 1/4") oppure orientabile a colori con illuminazione a LED bianchi per riprese notturne (CCD 1/4")
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	Si
Possibilità di chiamate intercomunicanti tra appartamenti	Si
Numero di fili aggiuntivi per chiamate intercomunicanti	Nessuno
Possibilità di installazione di un centralino in portineria	Si
Possibilità di attuatori aggiuntivi	Si
Possibilità memoria videocitofoni	Si (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 domotiche 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. 6.9 - 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 a incasso.

Gli **amplificatori** (o rigeneratori di segnale) permettono di estendere le distanze tra le postazioni di chiamata e 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. 6.41, 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.

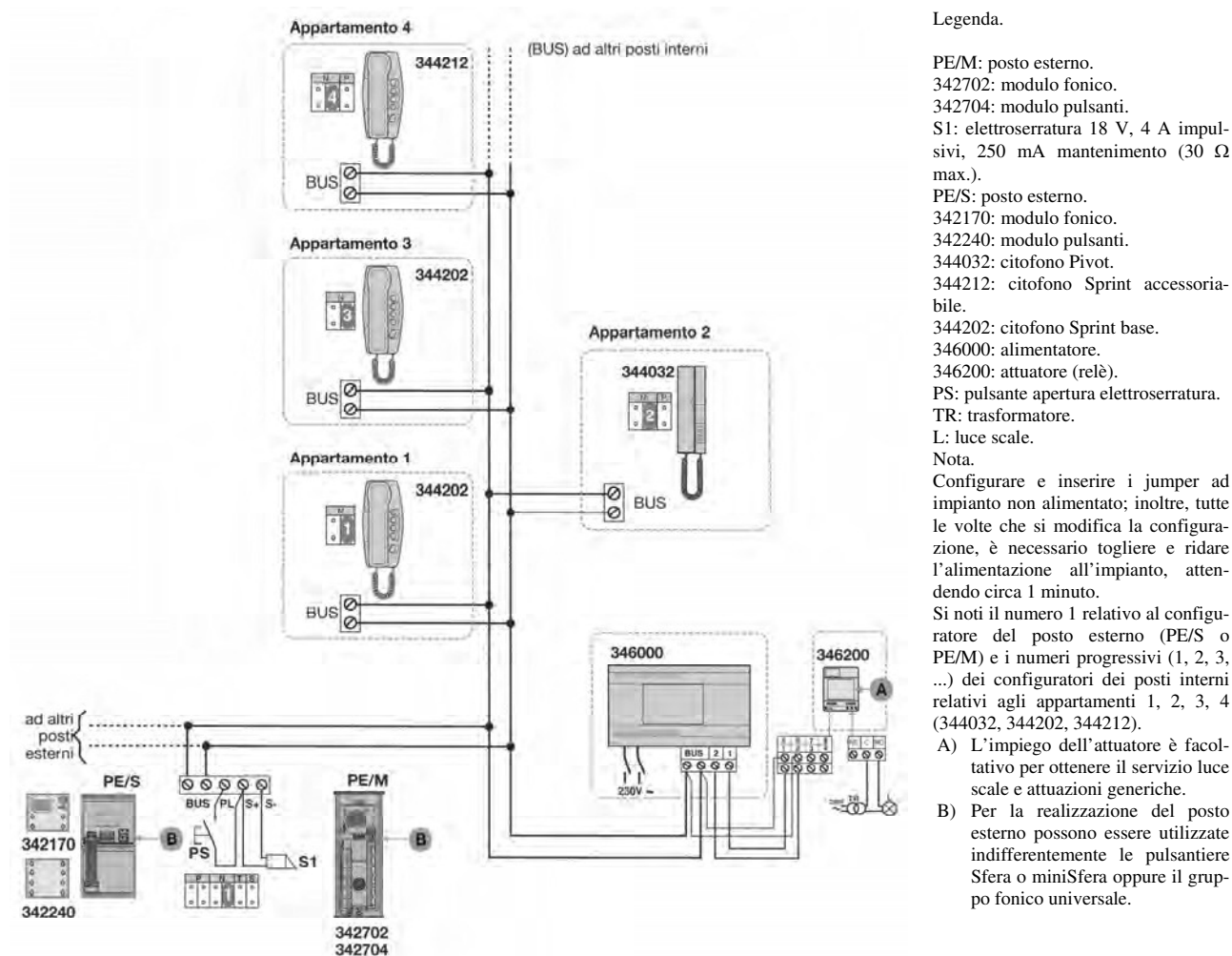


Fig. 6.39 - Esempio di applicazione di un impianto citofonico a 2 fili con uno o più posti esterni audio con un massimo di 100 posti interni (bticino).

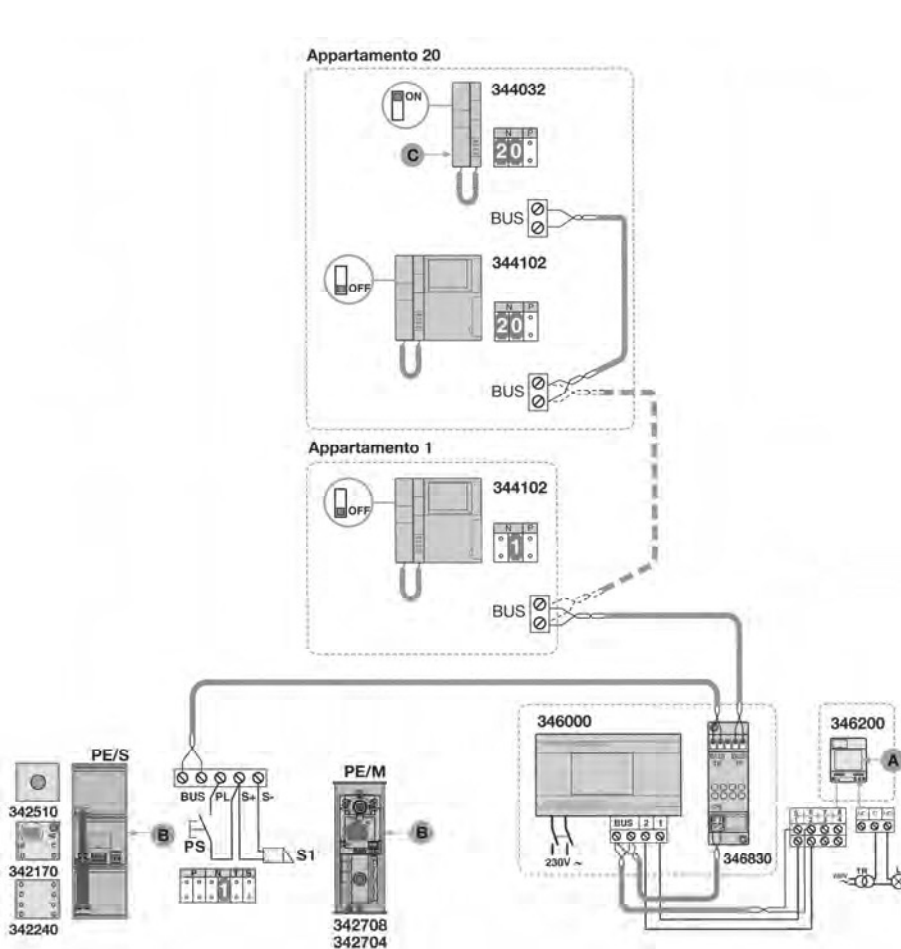


Fig. 6.40 - Esempio di applicazione di un impianto videocitfonico a 2 fili con un posto esterno video, con un massimo di 32 posti interni con cablaggio entra-esce integralmente a 2 fili (bticino). Per quanto riguarda la configurazione valgono le regole viste per l'impianto mostrato in fig. 6.39.

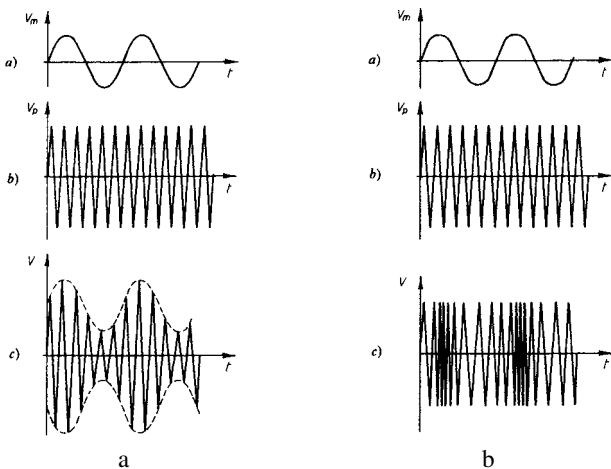


Fig. 6.41 - a) Modulazione di ampiezza: a) Segnale modulante v_m (informazione) nel caso particolare di andamento sinusoidale - b) Andamento della forma d'onda portante v_p non modulata - c) Andamento della portante modulata in ampiezza - b) Modulazione di frequenza: a) Segnale modulante v_m (informazione) 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 modulazione di ampiezza, abbreviata AM (Amplitude Modulation), e la modulazione di frequenza, abbreviata FM (Frequency Modulation), sono delle tecniche usate per la trasmissione di segnali elettromagnetici utilizzando un segnale a radiofrequenza. Nel primo caso viene modulata l'ampiezza del segnale radio che si vuole usare per la trasmissione (detto portante), in maniera proporzionale all'ampiezza del segnale da trasmettere (detto modulante), mentre nel secondo caso viene modulata la frequenza del segnale radio, utilizzato per la trasmissione, in maniera proporzionale all'ampiezza del segnale che si vuole trasmettere. La modulazione di frequenza ha il vantaggio di essere meno soggetta ai disturbi, garantendo una migliore qualità di trasmissione.

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. 6.41. Il segnale di chiamata viene trasmesso sulla portante microfonica del posto esterno la quale, durante la chiamata, raddoppia la sua ampiezza.

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 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) e alimentate separatamente.

La configurazione può avvenire in modo semplice e veloce mediante appositi jumper, come mostrato nella fig. 6.39 e nella fig. 6.40. 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 capitolaio. Rispettare il budget, contenendo i costi dei materiali e dell'installazione. Personalizzare e 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. 6.42 - Esempi di applicazione degli impianti videocitofonici a 2 fili: a) Villa monofamiliare con intercomunicazione dei posti interni - b) Condominio plurifamiliare (bticino).

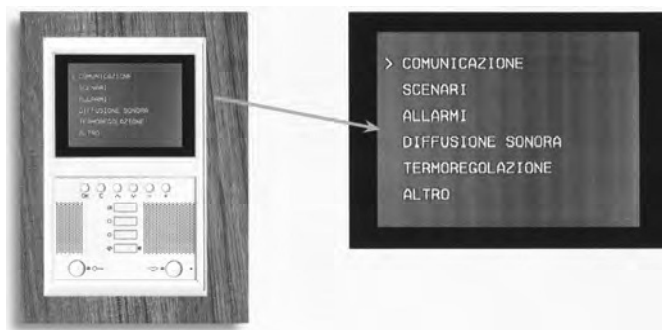


Fig. 6.43 - Esempio di posto interno di un videocitofono. Questa apparecchiatura diventa centro di controllo della casa, da cui si possono comandare e monitorare tutte le funzioni di una moderna abitazione civile: comunicazioni, scenari, impianto di allarme, diffusione sonora, controllo della temperatura 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. 6.44 - Esempio di integrazione ad un impianto videocitofonico a 2 fili: la diffusione sonora.



Fig. 6.45 - Esempio di integrazione ad un impianto videocitofonico a 2 fili: il videocontrollo.



Fig. 6.46 - 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 e 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.

6.9 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 e 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: 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.

Con l'entrata in vigore dal primo settembre 2011 della nuova variante V3 della norma CEI 64-8: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua" vengono adottati dei criteri per la classificazione degli impianti elettrici in tre livelli, con regole da applicarsi agli impianti di unità immobiliari ad uso residenziale. Questa classificazione descrive ciò che gli utenti potranno scegliere nel momento in cui, rivolgendosi alle imprese installatrici di impianti elettrici, decidano di installare un nuovo impianto oppure di rinnovarlo. Per approfondire l'argomento, si rimanda agli esempi riportati alla fine di questo capitolo e ad una descrizione, dei punti principali della norma, riportata nel capitolo successivo.

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 e in distinte scatole rompitratta oppure in un unico condotto con cavi multipolari sotto guaina e 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 sempre.

- **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 e accessori fissi con potenza maggiore (corrente massima di 16 A).

- **Impianti di segnalazione e con 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 con 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, anche perché sono 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 collegati 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. 6.10 - Elenco dei principali attrezzi utili per le operazioni di muratura e di installazione dell'impianto elettrico.

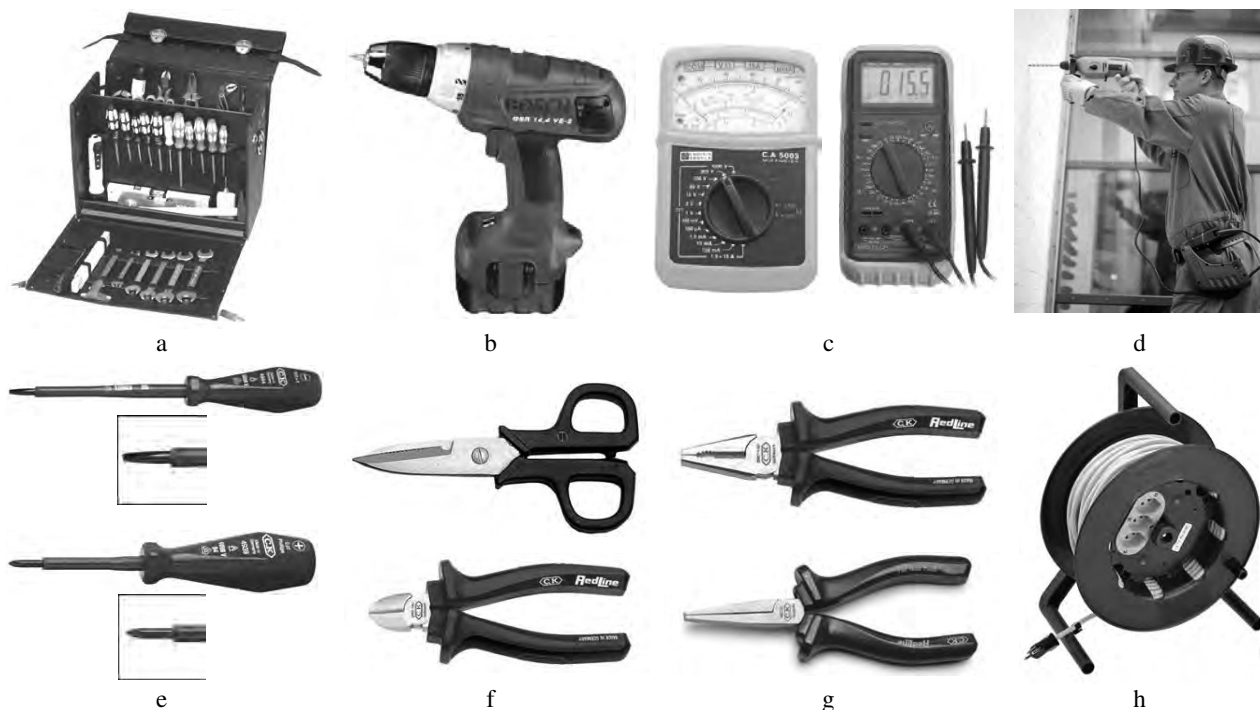


Fig. 6.47 - Alcuni attrezzi, apparecchiature e strumenti utilizzati per la realizzazione degli impianti elettrici: a) Borsa con utensili - b) Trapano e cacciavite ad accumulatore - c) Multimetro analogico e digitale - d) Trapano a percussione ad accumulatore - e) Cacciaviti per elettricisti per viti a taglio e a croce - f) Cesoa per elettricisti e tronchesino - g) Pinza universale e pinza piatta - h) Prolunga con avvolgicavo con tre prese (Distrelec).

6.10 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. 6.48b). 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. 6.48a), che permette l'installazione di 1, 2 o 3 apparecchi componibili che possono venire *coperti* da placche rispettivamente da 1, 2 o 3 fori disponibili anche del tipo con grado di protezione IP55 per essere montate in ambienti umidi oppure all'esterno (fig. 6.48c).

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. 6.48 - Installazione di apparecchi civili modulari come interruttori, deviatori, invertitori, pulsanti, ecc.: a) In scatola rettangolare - b) In scatola rotonda - c) In scatola rettangolare con grado di protezione IP55 (ave).

• Posizionamento delle scatole portafrutto.

Il posizionamento delle scatole portafrutto è normalmente legato alle esigenze e 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 e 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 e 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 e 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 dell'impianto è localizzabile, si può intervenire rapidamente controllando e correggendo l'anomalia.

Nel caso, invece, in cui non sia 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
<ul style="list-style-type: none"> La lampada, pur agendo sull'interruttore, non si accende. 	<ul style="list-style-type: none"> la lampada è bruciata 	<ul style="list-style-type: none"> verificare se il filamento è interrotto e sostituire la lampada controllando che la tensione sia corretta
	<ul style="list-style-type: none"> la lampada è allentata nel portalampada 	<ul style="list-style-type: none"> serrare a fondo la lampada nel portalampada
	<ul style="list-style-type: none"> il portalampada è difettoso 	<ul style="list-style-type: none"> provare la continuità ed eventualmente sostituirlo
	<ul style="list-style-type: none"> manca l'alimentazione generale 	<ul style="list-style-type: none"> 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 e se sono 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
<ul style="list-style-type: none"> La lampada, pur agendo sull'interruttore, rimane sempre accesa. 	<ul style="list-style-type: none"> è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nell'interruttore; b) nel portalampada; c) nella scatola di derivazione 	<ul style="list-style-type: none"> controllare i collegamenti in a), b) e c) e serrare a fondo tutti i morsetti di collegamento
	<ul style="list-style-type: none"> l'interruttore è guasto e non chiude il contatto 	<ul style="list-style-type: none"> provare la continuità e sostituire l'interruttore
	<ul style="list-style-type: none"> l'interruttore è guasto: il contatto è sempre chiuso 	<ul style="list-style-type: none"> provare la continuità e cercare di sbloccare il contatto picchiando il contenitore portacontatti, altrimenti sostituire l'interruttore
	<ul style="list-style-type: none"> il conduttore di fase o quello di fase interrotto è troppo spelato e stabilisce continuità metallica in modo permanente tra i due contatti 	<ul style="list-style-type: none"> isolare correttamente i conduttori

Tab. 6.11 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da un interruttore.

Lampade ad incandescenza comandate da un commutatore		
Anomalia	Probabile causa	Rimedio
<ul style="list-style-type: none"> I due gruppi di lampade, pur agendo sull'apparecchio di comando, non si accendono 	<ul style="list-style-type: none"> controllare come indicato nei primi 4 punti per la lampada comandata da un interruttore 	
	<ul style="list-style-type: none"> è interrotta la continuità metallica del circuito: a) nel morsetto comune del commutatore; b) nella scatola di derivazione; c) nel morsetto comune del lampadario 	<ul style="list-style-type: none"> controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento
	<ul style="list-style-type: none"> il commutatore è guasto 	<ul style="list-style-type: none"> provare la continuità ed eventualmente sostituirlo
<ul style="list-style-type: none"> I gruppi di lampade si accendono sempre contemporaneamente 	<ul style="list-style-type: none"> è errato il collegamento dei conduttori nel commutatore 	<ul style="list-style-type: none"> effettuare correttamente i collegamenti
	<ul style="list-style-type: none"> i conduttori che vanno al lampadario, troppo spelati, si toccano nel commutatore o nel lampadario 	<ul style="list-style-type: none"> isolare correttamente i conduttori
<ul style="list-style-type: none"> Un gruppo di lampade rimane sempre acceso 	<ul style="list-style-type: none"> il commutatore di fase, troppo spelato, tocca uno dei conduttori collegati a un morsetto di comando 	<ul style="list-style-type: none"> isolare correttamente i conduttori
<ul style="list-style-type: none"> Pur agendo sul commutatore, i gruppi di lampade rimangono sempre accesi 	<ul style="list-style-type: none"> il conduttore di fase e i conduttori che vanno alle lampade si toccano nel commutatore o, quelli che vanno alle lampade, nel lampadario 	<ul style="list-style-type: none"> isolare correttamente i conduttori
<ul style="list-style-type: none"> Un gruppo di lampade non si accende da solo 	<ul style="list-style-type: none"> errato il collegamento del conduttore di fase nel commutatore 	<ul style="list-style-type: none"> collegare il conduttore di fase al morsetto comune
<ul style="list-style-type: none"> Un gruppo di lampade non si accende mai pur agendo sul commutatore 	<ul style="list-style-type: none"> è interrotta la continuità metallica: a) nel commutatore; b) nella scatola di derivazione; c) nel lampadario 	<ul style="list-style-type: none"> controllare i collegamenti nei punti a), b), c) e serrare a fondo le viti dei morsetti di collegamento

Tab. 6.12 - 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
	• è guasto uno dei due deviatori	• provare la continuità e sostituire il deviatore guasto
• La lampada, pur agendo sui deviatori, rimane sempre accesa	• 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. 6.13 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da deviatori.

Lampade ad incandescenza comandate da deviatori e 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 e 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. 6.14 - Esempi di possibili anomalie per impianti con lampade comandate da deviatori e invertitori.

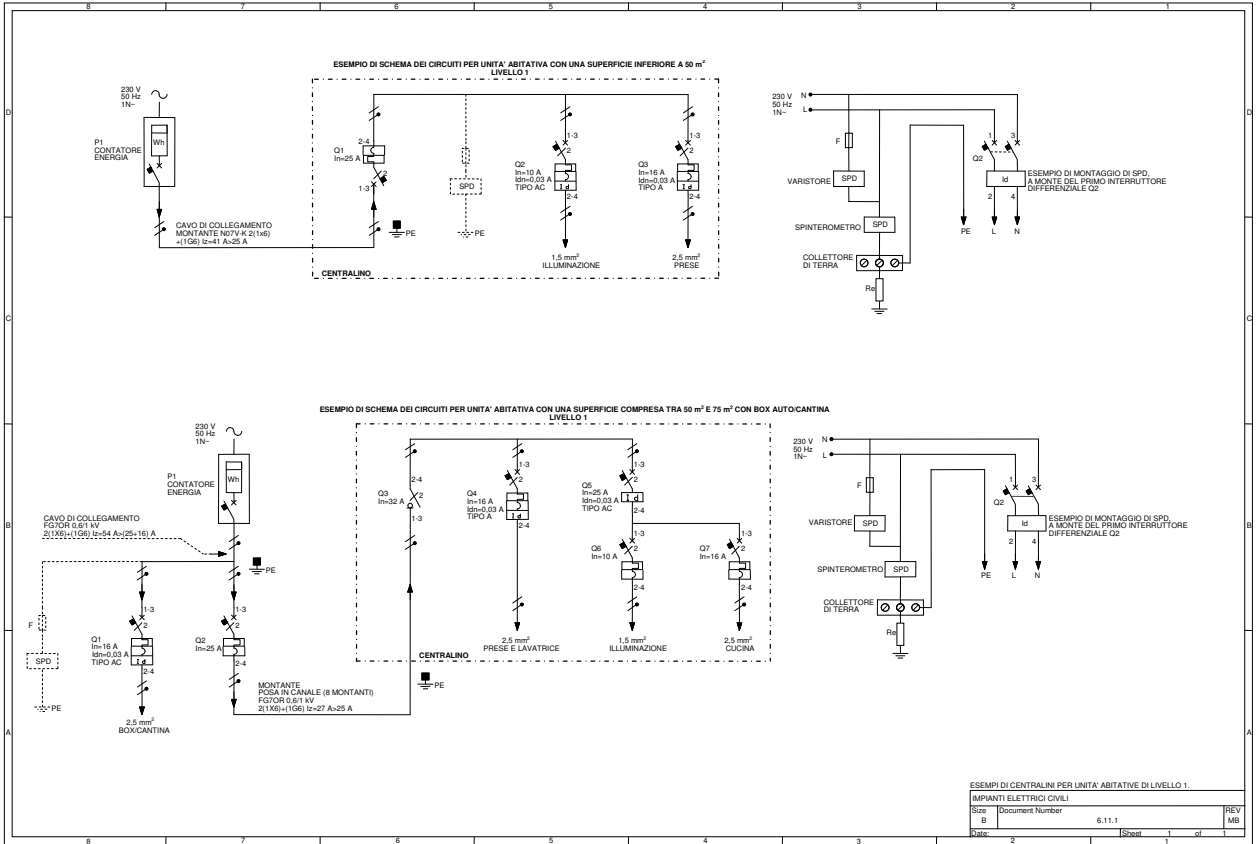
6.11 Esempi di soluzioni impiantistiche secondo le guide CEI: edilizia ad uso residenziale e terziario

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.

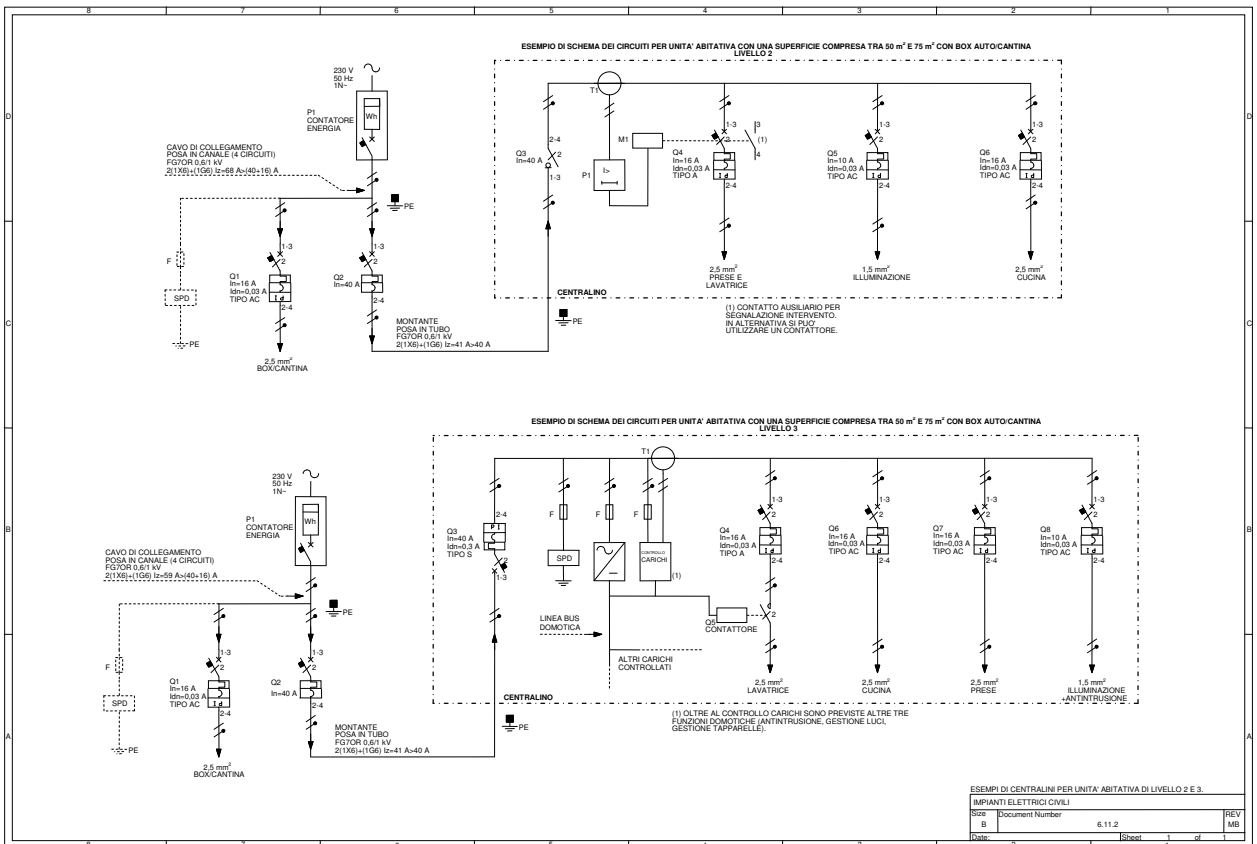
Da qualche anno il CEI pubblica una serie di guide impiantistiche, destinate all'installazione e alla preventivazione tecnica dei lavori nel settore residenziale e similare: CEI 64-50 (Criteri generali), CEI 64-51 (Criteri particolari per centri commerciali), CEI 64-52 (Criteri particolari per edifici 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. Dal primo settembre 2011 è entrata in vigore la nuova variante V3 della norma CEI 64-8 che ha introdotto importanti novità che riguardano l'adozione di una classificazione degli impianti elettrici in tre livelli, con regole da applicarsi agli impianti di unità immobiliari ad uso residenziale.

Di seguito vengono presentate alcune tavole, conformi a queste guide, che mostrano degli esempi relativi a quadri elettrici di distribuzione. 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.

6.11.1 Esempi di centralini per unità abitative di livello 1 secondo la norma CEI 64-8 variante V3



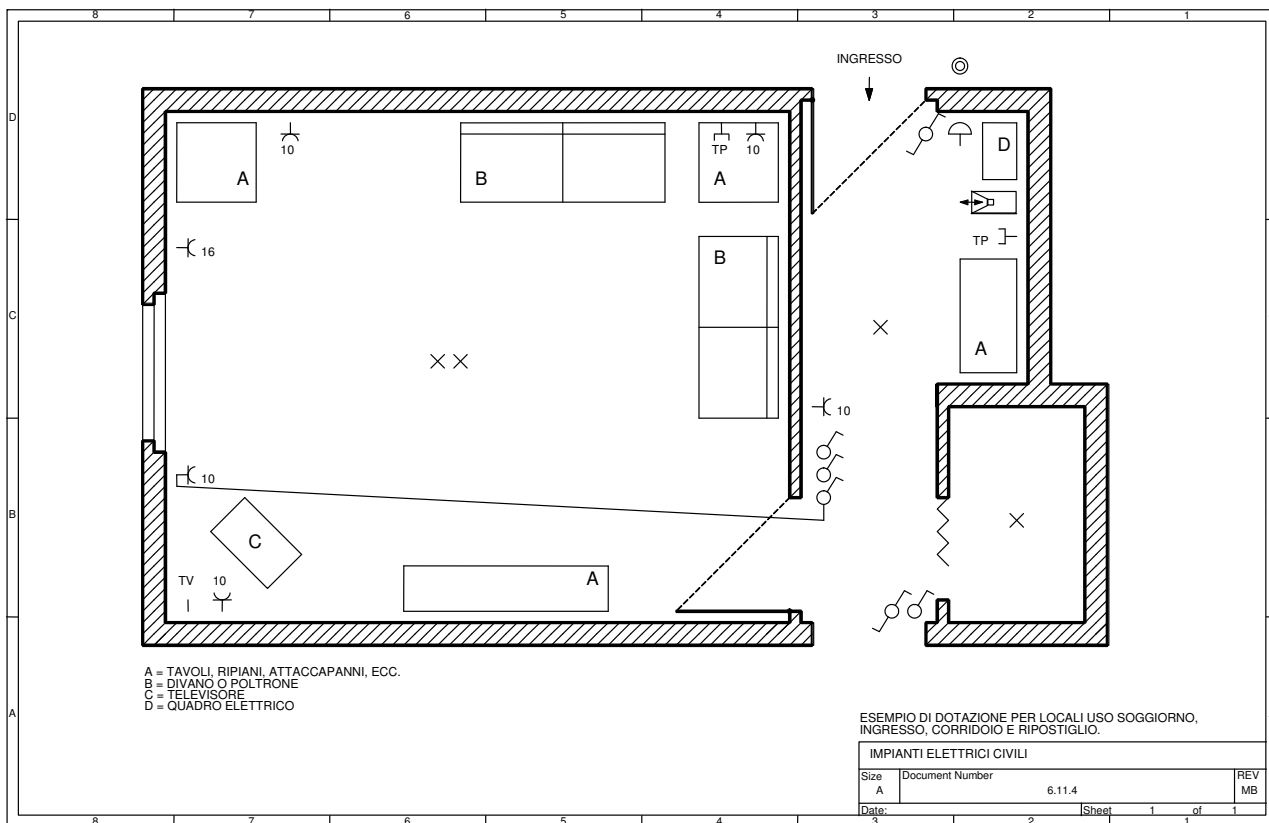
6.11.2 Esempi di centralini per unità abitative di livello 2 e 3 secondo la norma CEI 64-8 variante V3



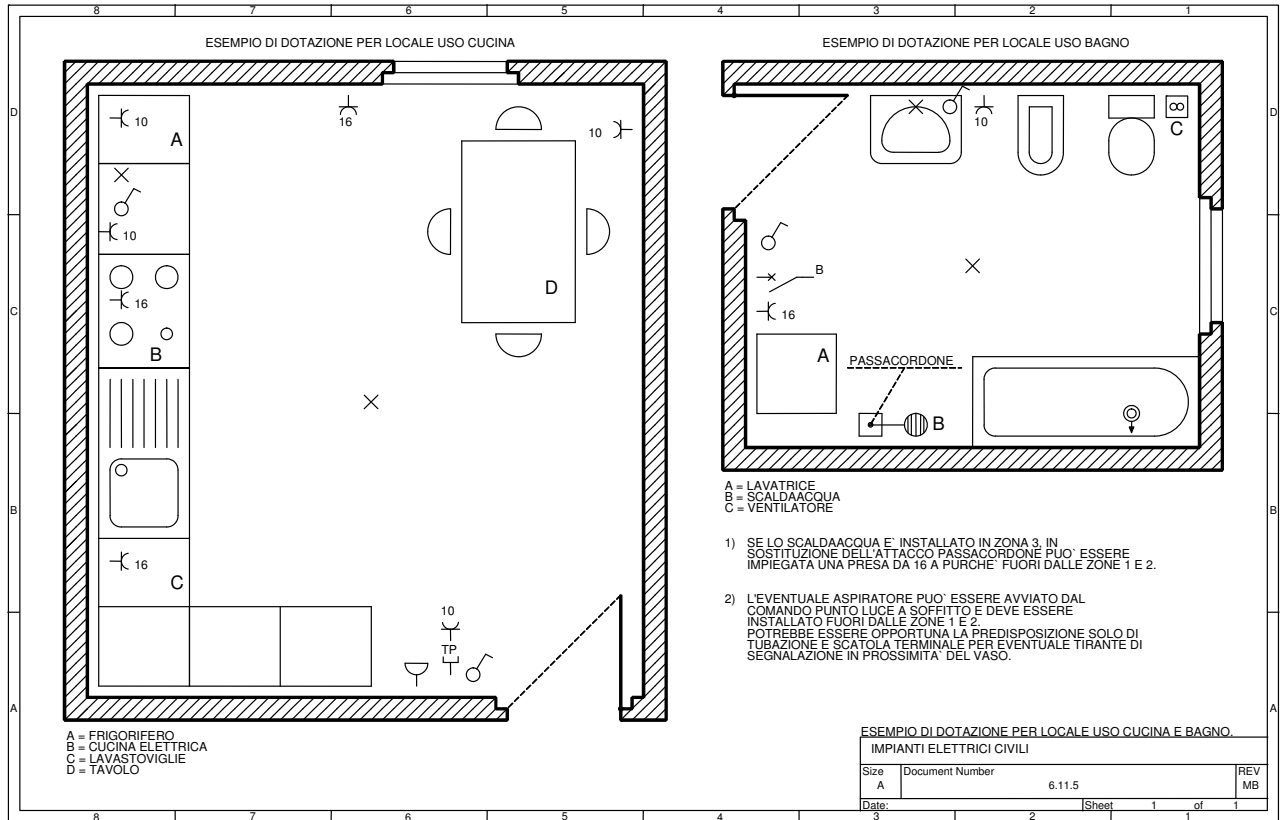
6.11.3 Esempio di modulo per la preparazione dello schema elettrico di un quadro elettrico di distribuzione

		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 _n RELE' DIFFERENZIALE	[A]									
	CORRENTI NOMINALI I _{th} - I _{te}	[A]									
	TENSIONI NOMINALI U _i - U _e	[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 _{sc} LINEA	[kA]									
COGNOME: _____		COMMITTENTE: _____		OGGETTO: _____				DISEGNATO: _____		DISEGNO: _____	
NOME: _____		CLASSE: _____ SEZIONE: _____						REVISIONE: _____ DATA: _____		FOGLIO: _____ DI _____	

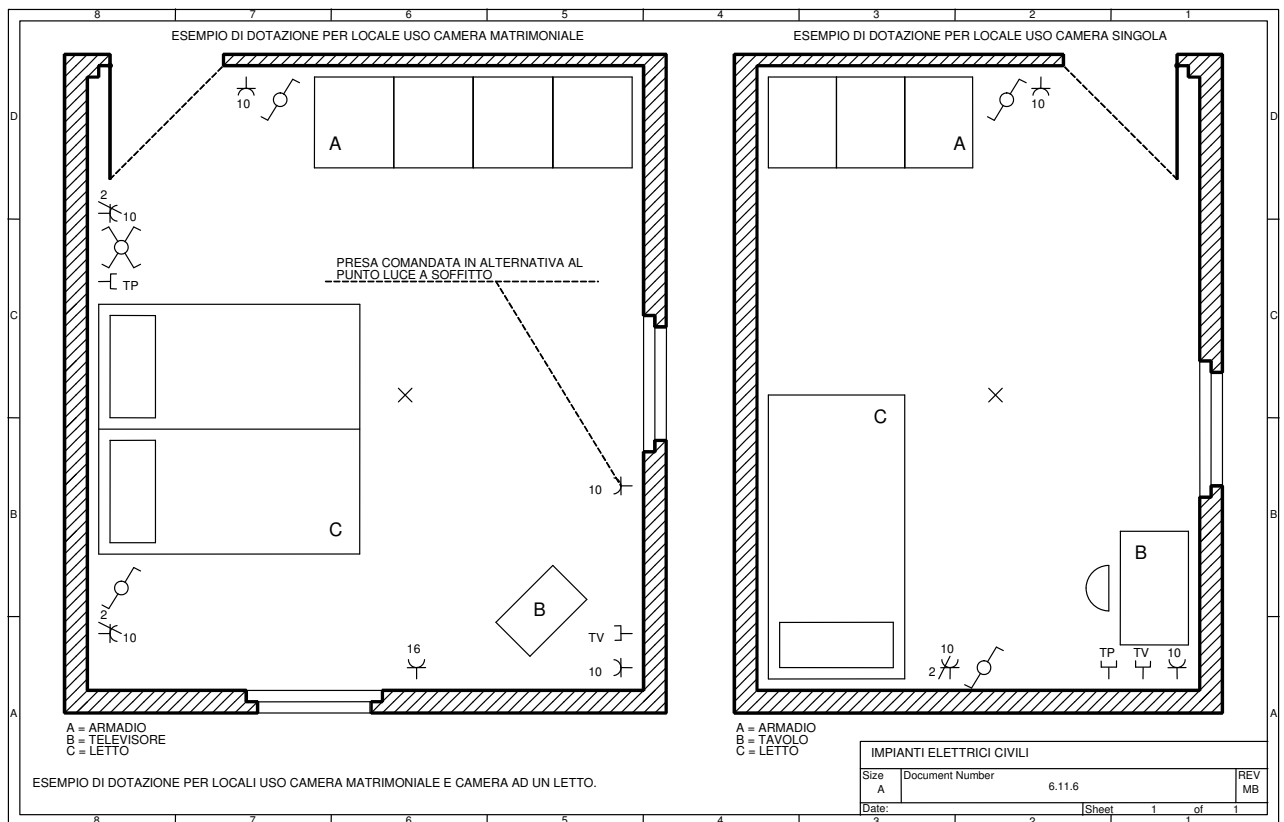
6.11.4 Esempio di dotazione per locali uso soggiorno, ingresso, corridoio e ripostiglio



6.11.5 Esempio di dotazione per locali uso cucina e bagno



6.11.6 Esempio di dotazione per locali uso camera matrimoniale e camera singola



6.11.7 Esempio delle dotazioni relative alle tavole 6.11.4, 6.11.5, 6.11.6

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 interruttori 1 presa 2P + PE 10 A comandata (eventualmente)	3 prese 2P + PE 10 A 1 presa 2P + PE 16/10 A 1 presa telefono 1 presa antenna	2 Prese 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 prese 2P + PE 10 A (una comandata) 3 prese 2P + PE 16/10 A 2 prese 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 inverter 1 presa 2P + PE 10 A comandata (alternativa al punto luce a soffitto)	2 prese 2P + PE 10 A 2 prese 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 2 punto luce a parete 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 Una presa doppia vicino al letto e una 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 6.11.4 - 6.11.5 - 6.11.6.

IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

Size	Document Number	REV
A	6.11.7	MB
Date:	Sheet	1 of 1

6.11.8 Esempio di dotazione per unità uso ufficio e relativo elenco

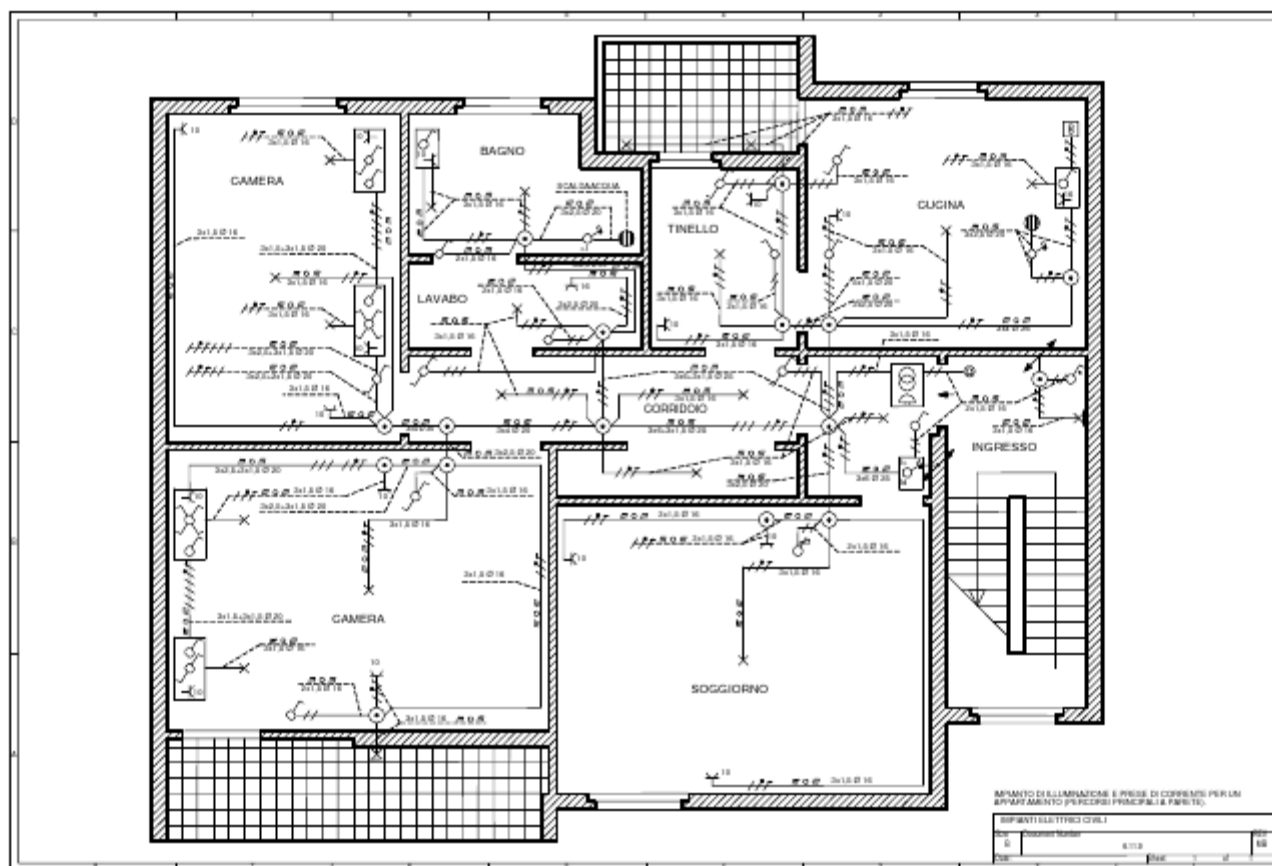
LOCALE	ILLUMINAZIONE	ALTRI USI	OSSERVAZIONI
Ingresso	1 punto luce a soffitto interruttore	1 presa 2P + PE 10 A 1 pulsante suoneria 1 presa 2P + PE 16 A 1 interruttore automatico 1 orologio 3 prese telefoniche/EDP	In questo locale è di solito ubicato il quadro elettrico. In generale si prevedono: 1 circuito prese 16 A 1-2 circuiti illuminazione e prese da 10 A
Ufficio	2 punti luce a soffitto interruttori	4 prese 2P + PE 10 A 1 presa 2P + PE 16/10 A 3 prese telefoniche/EDP	Per una maggiore flessibilità d'impianto, le prese possono essere installate mediante una cassetta 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 suoneria	Comandi almeno alle estremità. Tubazioni di riserva per impianti o cassette 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 UNITA' USO UFFICIO E RELATIVO ELENCO.

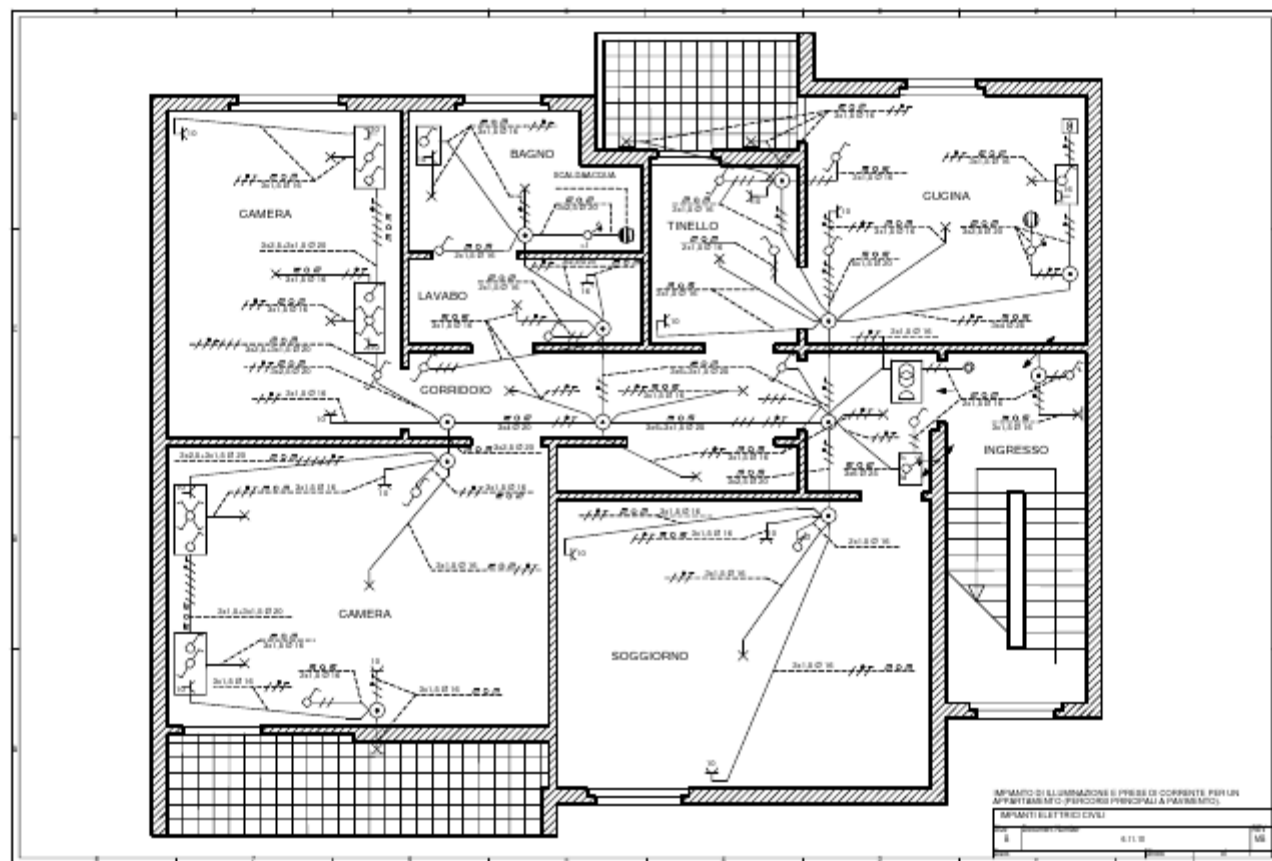
IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

Size	Document Number	REV
B	6.11.8	MB
Date:	Sheet	1 of 1

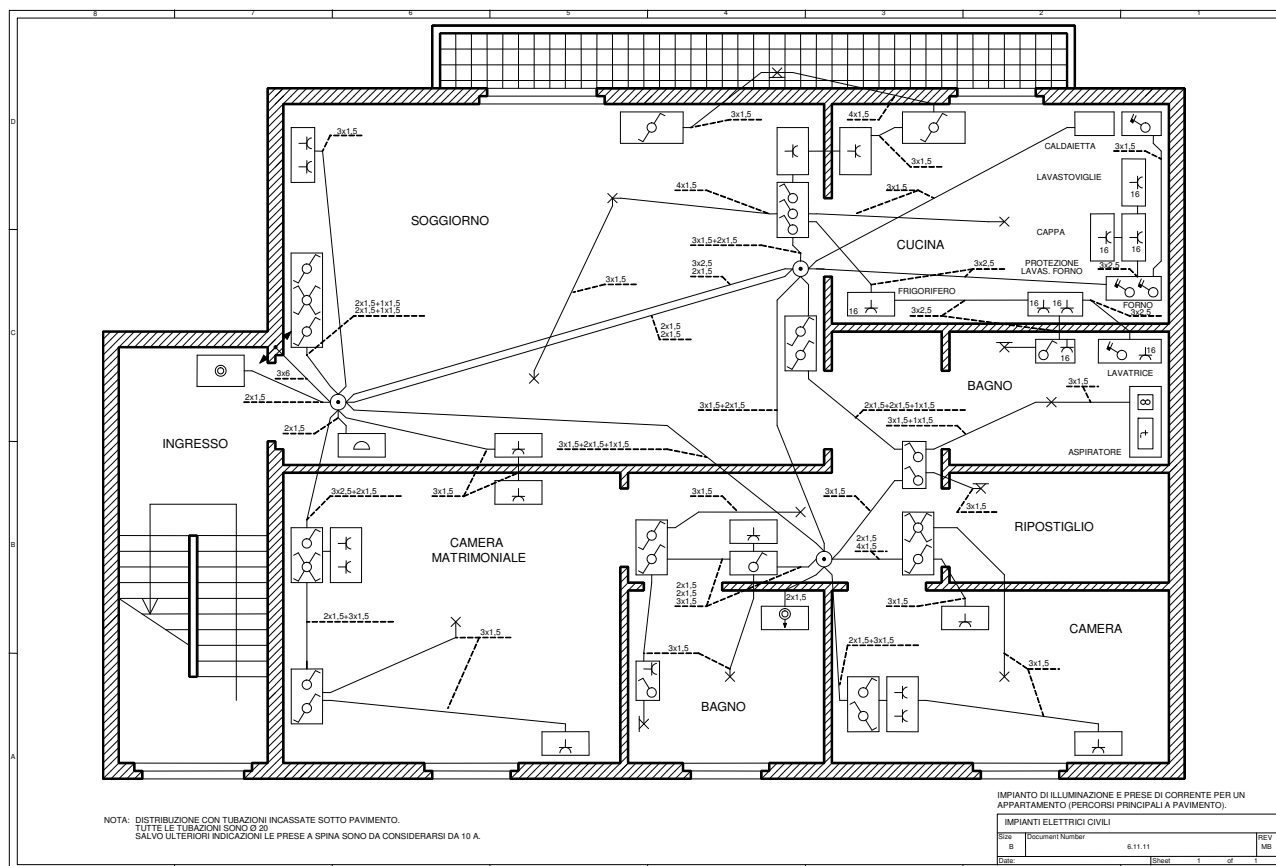
6.11.9 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a parete)



6.11.10 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a pavimento)



6.11.11 Impianto di illuminazione e prese di corrente per un appartamento (percorsi a pavimento)



6.11.12 Esempio di disposizione dell'impianto telefonico per appartamento relativo all'esempio 6.11.11

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.

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 va da 1 fino a 10 appartamenti, da 2 fino a 24.

Le scatole di derivazione hanno dimensioni minime 200x140x70 mm e devono essere messe in opera dal costruttore dell'edificio.

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.

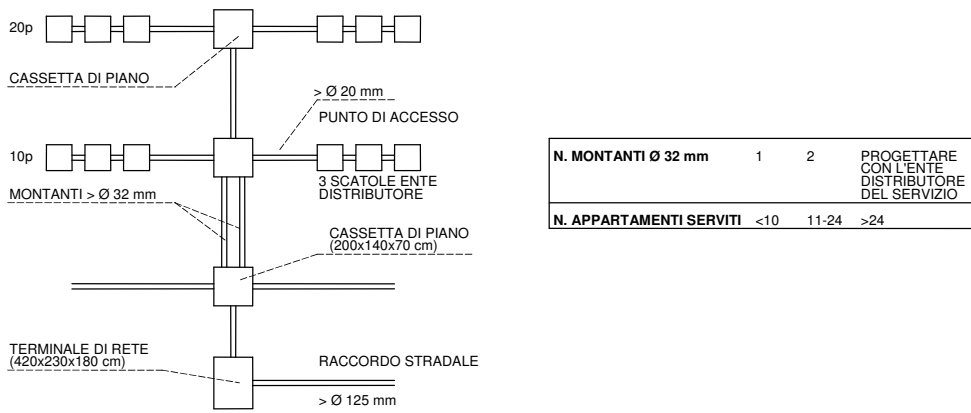


Fig. 6.49 - Distribuzione generale dei tubi per un impianto telefonico.

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.

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).

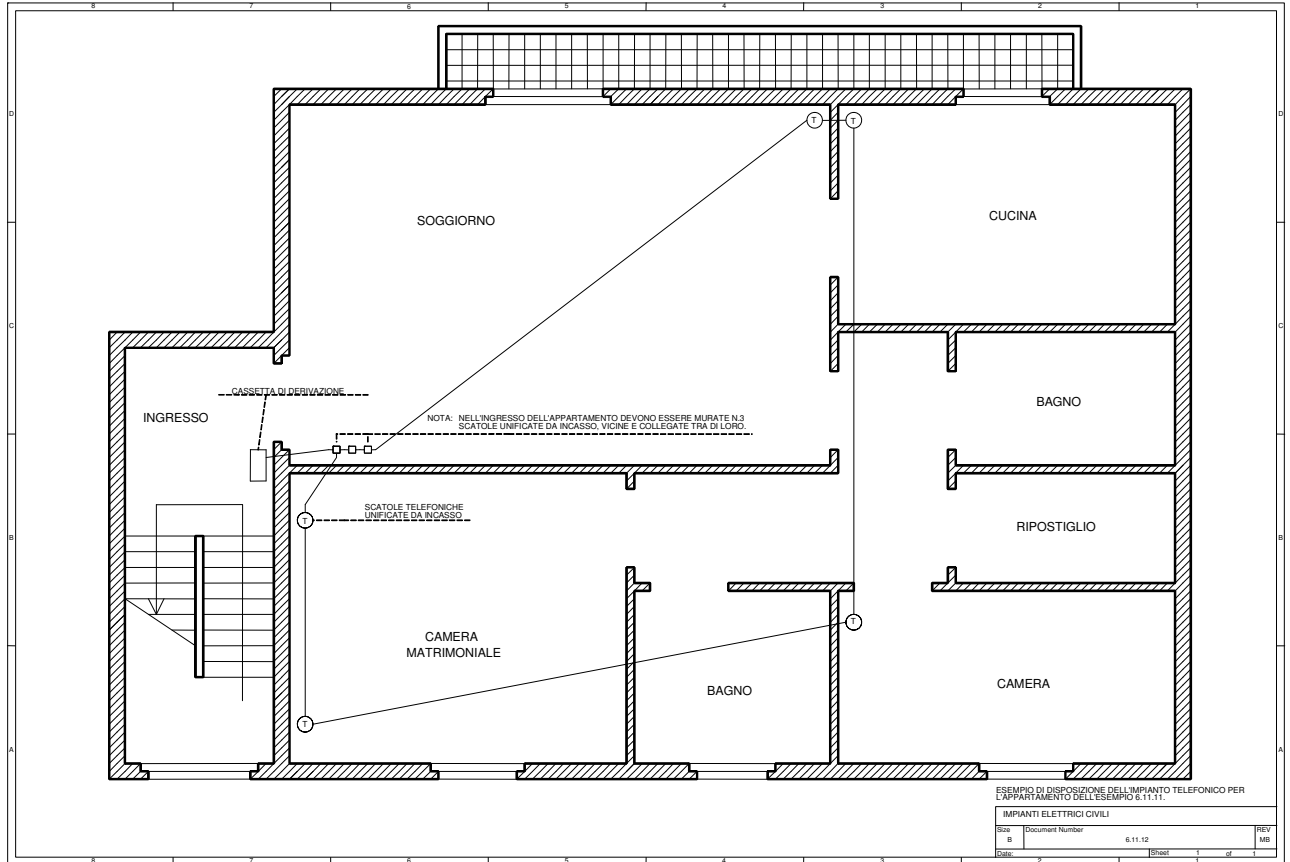


Fig. 6.50 - Esempio di disposizione dell'impianto telefonico per l'appartamento dell'esempio 6.11.11.

Nelle tubazioni devono essere previste due treccie telefoniche (doppini telefonici). Ogni trecciola è costituita da due conduttori in rame da 0,6 mm, stagnati e 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.

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 telefonici 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.

6.12 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.

6.12.1 Domande di verifica (nel CD-Rom allegato)

6.12.2 Esercizi da risolvere (nel CD-Rom allegato)

CAPITOLO 7

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI CIVILI

7.1 Esecuzione degli impianti elettrici negli edifici residenziali, variante V3 della norma CEI 64-8

Vengono ora proposte delle tavole 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 (bticino). 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.

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.

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.

Vale la pena segnalare inoltre che dal primo settembre 2011 è entrata in vigore la nuova variante V3 della norma CEI 64-8: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua".

Le principali novità della variante V3 riguardano l'adozione di una classificazione degli impianti elettrici in tre livelli, con regole da applicarsi agli impianti di unità immobiliari ad uso residenziale.

Questa classificazione descrive ciò che gli utenti potranno scegliere nel momento in cui, rivolgendosi alle imprese installatrici di impianti elettrici, decidano di installare un nuovo impianto oppure di rinnovarlo.

L'utente finale potrà chiedere all'installatore che la realizzazione dell'impianto elettrico sia di livello 1, 2 o 3.

Il livello 1 individua la configurazione minima che deve avere un impianto perché possa essere considerato a norma, mentre i livelli superiori 2 e 3 aumentano le prestazioni dell'impianto e quindi la sua fruibilità che si adegua alle necessità degli utenti e alla morfologia dell'habitat.

La variante V3 contiene l'allegato A nel quale vengono fornite prescrizioni relative ai solo ambienti residenziali. Una grossa novità, rispetto al passato, consiste nel fatto che l'allegato A non riguarda gli aspetti relativi alla sicurezza delle persone e dei beni, bensì fornisce delle prescrizioni che riguardano la funzionalità e la fruibilità degli impianti elettrici di unità immobiliari ad uso residenziale.

Le prescrizioni dell'allegato A si applicano ai nuovi impianti, compresi i rifacimenti totali delle unità immobiliari, ma sono esclusi i casi in cui siano presenti vincoli legislativi (edifici pregevoli per arte e storia di cui al D. Lgs. 42/2004) e non si applicano alle parti comuni dei condomini.

In particolare i livelli prevedono le seguenti caratteristiche.

Livello 1:

- un numero minimo di punti-prese e punti-luce in funzione della metratura o della tipologia di ogni locale dell'appartamento;
- un numero minimo di circuiti in funzione della metratura dell'appartamento;
- almeno due interruttori differenziali al fine di garantire una sufficiente continuità di servizio.

Livello 2:

- rispetto al livello 1, prevede un aumento della dotazione e dei componenti, oltre che alcuni servizi ausiliari quali il videocitofono, l'antintrusione e il controllo carichi.

Livello 3:

- oltre a un ulteriore aumento delle dotazioni, introduce la domotica che va anche a beneficio del risparmio energetico all'interno dell'abitazione;
- l'impianto, per essere considerato domotico, deve gestire almeno quattro delle seguenti funzioni: antintrusione, controllo carichi, gestione comando luci, gestione temperatura, gestione scenari, controllo remoto, sistema diffusione sonora, rilevazione incendio, sistema antiallagamento e/o rilevazione gas.

Come anticipato, la norma individua le dotazioni minime di un impianto elettrico con riferimento a 3 diversi livelli. Vediamo le caratteristiche richieste nel dettaglio riportate in modo schematizzato nelle tabelle 7.1, 7.2 e 7.3.

Superficie unità	Livello 1	Livello 2	Livello 3
<50 m ²	2	3	3
Da 51 m ² a 75 m ²	3	3	4
Da 76 m ² a 125 m ²	4	5	5
Oltre 126 m ²	5	6	7

Tab. 7.1 - Numero di circuiti per unità immobiliare: la variante V3 specifica il numero di circuiti necessari in funzione della superficie dell'unità immobiliare.

Destinazione d'uso del vano		Livello 1	Livello 2	Livello 3
Ingresso		1	1	1
Angolo cottura		--	1	1
Cucina		1	2	2
Lavanderia		1	1	1
Locale da bagno		2	2	2
Servizi (WC)		1	1	1
Corridoi	<5 m ²	1	1	1
	>5 m ²	2	2	2
Balcone o terrazzo se >10 m ²		1	1	1
Ripostiglio se >1 m ²		1	1	1
Cantina/soffitta		1	1	1
Box auto		1	1	1
Giardino se >10 m ²		1	1	1
Altri locali (camera da letto, soggiorno, studio, ecc.)	Fino 12 m ²	1	2	3
	Da 12 a 20 m ²	1	2	3
	Oltre 20 m ²	2	4	4

Tab. 7.2 - Numero di punti luce per tipologia di ambiente: la variante V3 specifica il numero di punti luce minimo, livello per livello, a seconda della destinazione d'uso del locale.

Destinazione d'uso del vano		Livello 1	Livello 2	Livello 3
Ingresso		1	1	1
Angolo cottura		2 (1)	2 (1)	3 (2)
Cucina		5 (2)	6 (2)	7 (3)
Lavanderia		3	4	4
Locale da bagno		2	2	2
Servizi (WC)		1	1	1
Corridoi	<5 m ²	1	1	1
	>5 m ²	2	2	2
Balcone o terrazzo	>10 m ²	1	1	1
Ripostiglio	>1 m ²	1	1	1
Cantina/soffitta		1	1	1
Box auto		1	1	1
Giardino	>10 m ²	1	1	1
Altri locali (camera da letto, soggiorno, studio, ecc.)	Fino 12 m ²	4	5	5
	Da 12 a 20 m ²	5	7	8
	Oltre 20 m ²	6	8	10

Tab. 7.3 - Numero di punti prese per tipologia di ambiente: la variante V3 specifica il numero di punti prese minimo, livello per livello, a seconda della destinazione d'uso del locale. I numeri tra parentesi indicano il numero dei punti prese in corrispondenza del piano di lavoro.

Superficie unità	Livello 1	Livello 2	Livello 3
Cucina	1	1	1
Ingresso	1	1	1
Camera da letto	1	1	1
Soggiorno	1	1	1
Studio	1	1	1

Tab. 7.4 - Numero di prese telefono/dati per vano. Tutte le prese devono avere accanto la predisposizione per una presa energia.

Le prese TV in ambienti quali soggiorno, camera da letto, studio e cucina devono avere accanto la predisposizione per 6 prese energia. Eventuali prese TV in altri ambienti devono avere accanto almeno una presa energia.

Superficie unità	Livello 1	Livello 2	Livello 3
Cucina	1	1	1
Ingresso	1	1	1
Camera da letto	1	1	1
Soggiorno	1	1	1
Studio	1	1	1

Tab. 7.5 - Numero di prese TV per vano. Tutte le prese devono avere accanto la predisposizione per una presa energia.

L'introduzione di questa classificazione è il frutto di una crescente sensibilità nei confronti di una cultura della "buona fattura" degli impianti domestici. Infatti, l'allegato A ha lo stesso valore della norma ed è quindi obbligatorio eseguire gli impianti elettrici nelle unità immobiliari almeno con le dotazioni previste dal livello 1 che rappresenta il livello minimo al di sotto del quale non è consentito scendere.

Questo aspetto rappresenta un buon punto di riferimento per valutare la qualità di un impianto elettrico e, conseguentemente, favorire le imprese installatrici che hanno sempre operato dando priorità alla qualità; infatti ora si potrà valutare un impianto non in base al colore delle placche, ma in base alle reali dotazioni che vengono incorporate nello stesso. Il vantaggio poi per la committenza è immediatamente riscontrabile in sede di preventivo.

Sarà infatti più facile il confronto in quanto le dotazioni che deve avere un impianto ora sono indicate da una normativa sgombrando il campo da possibili incomprensioni tra le parti.

L'allegato normativo rappresenta un'evoluzione culturale che modifica il concetto d'impianto elettrico, ampliando la portata degli obiettivi classici della protezione e dell'affidabilità.

Nella Dichiarazione di Conformità si dovrà quindi indicare non solo che è stata applicata la norma CEI 64-8 e cioè che l'impianto è stato realizzato a regola d'arte (e quindi si è applicato anche l'allegato A) e che si sono installate almeno le dotazioni e le prestazioni previste dal livello 1, ma, se si realizza un impianto di livello 2 o di livello 3, si potrà specificarlo nella Dichiarazione di Conformità, lasciando un documento che attesta la buona fattura dell'impianto realizzato.

Di seguito vengono riportati i punti innovativi della variante.

- Gli impianti devono essere dimensionati per una potenza (contrattuale di fornitura) di almeno 3 kW in unità abitative di superficie fino a 75 m² e di almeno 6 kW per superfici superiori.
- I cavi devono essere sfilabili (ad esclusione degli impianti realizzati in elementi edilizi prefabbricati) come mostrato nella fig. 7.1a. Il diametro interno delle tubazioni deve essere almeno 1,5 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi.
- La sezione del montante che collega il punto di consegna del distributore all'unità abitativa non deve essere inferiore a 6 mm².
- L'interruttore alla base del montante, qualora si tratti di un interruttore differenziale, deve essere selettivo (selettività totale) nei confronti di tutti gli interruttori differenziali situati a valle nell'unità abitativa e/o dotato di SRD (interruttore differenziale con dispositivo di richiusura automatica).
- Al fine di garantire un livello sufficiente di continuità di servizio dell'impianto, la protezione differenziale deve essere suddivisa su almeno due interruttori automatici. Si raccomanda l'uso di interruttori differenziali caratterizzati da un'elevata insensibilità ai disturbi (scatti intempestivi) e/o di interruttori differenziali dotati di SRD (con dispositivo di richiusura automatica). Inoltre, l'allegato A consiglia l'impiego di interruttori differenziali di tipo A, per la protezione dei circuiti che alimentano lavatrici, condizionatori fissi e altri apparecchi dotati di motori a velocità variabile (alimentati con inverter). Gli interruttori differenziali sono classificati in tre categorie secondo il loro intervento alle diverse forme d'onda della corrente differenziale. Il corretto intervento (per soglia e tempo) è assicurato con le seguenti forme d'onda:
 - 1) tipo AC: correnti differenziali alternate sinusoidali;
 - 2) tipo A: come tipo AC e inoltre correnti pulsanti unidirezionali, anche sovrapposte ad una corrente continua di 6 mA;
 - 3) tipo B: come il tipo A e inoltre correnti alternate sinusoidali fino a 1000 Hz e correnti continue senza oscillazioni.
- In alternativa a punti luce a soffitto e/o a parete, devono essere predisposte prese alimentate tramite un dispositivo di comando dedicato (prese comandate) in funzione del posizionamento futuro di apparecchi mobili di illuminazione (da pavimento e da tavolo), come mostrato nella fig. 7.1b.
- Almeno una presa TV in ogni locale deve avere accanto la predisposizione per 6 prese di energia (per eventuali ulteriori prese TV nello stesso locale, è sufficiente una sola presa di energia).
- Accanto alle prese telefoniche, si deve installare almeno una presa di energia (per poter alimentare telefoni cordless o modem).
- In ogni locale, almeno una delle prese e l'interruttore luce devono essere installati in prossimità del lato battuta porta del locale (lato interno o esterno), come mostrato nella fig. 7.1c.

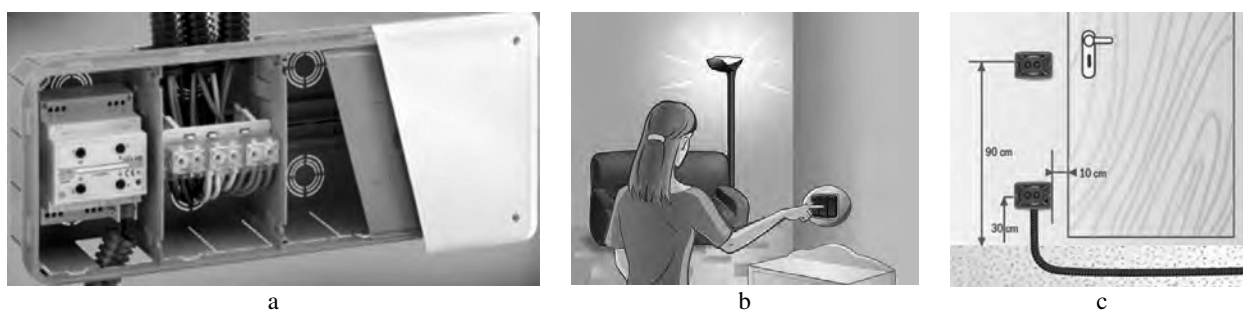


Fig. 7.1 - a) Esempio di scatola di derivazione con cavi sfilabili - b) Esempio di presa comandata - c) Esempio di installazione di una presa e di un interruttore della luce in prossimità del lato battuta della porta (Gewiss).

- Ogni unità abitativa deve essere dotata di uno o più quadri di distribuzione (facilmente accessibili dall'utente) e di un interruttore generale con funzione di interruttore d'emergenza (la precedente versione della norma CEI 64-8 non lo prevedeva). L'interruttore generale, qualora sia differenziale, deve essere selettivo (selettività totale differenziale) nei confronti degli interruttori differenziali a valle, oppure deve essere dotato di SRD. Per permettere successivi ampliamenti, i quadri devono essere dimensionati per il 15% in più dei moduli installati, con un minimo di due moduli.
- Il quadro di arrivo (principale) dell'unità abitativa deve essere raggiunto direttamente dal conduttore di protezione proveniente dall'impianto di terra dell'edificio, al fine di permettere la corretta messa a terra degli eventuali SPD (protezioni contro le sovratensioni).

- Per evitare che troppe prese siano collegate in serie, l'entra-esce sui morsetti delle prese è ammesso soltanto all'interno della stessa scatola porta frutti oppure tra due scatole successive, senza limiti per la loro distanza (questa prescrizione non si applica ai circuiti ausiliari o di segnale). Resta possibile collegare in serie più scatole porta frutto con un unico tubo purché ogni linea non alimenti più di due scatole (v. fig. 7.2).
- I circuiti prese devono essere protetti contro il sovraccarico da dispositivi con corrente nominale non superiore alla corrente nominale più piccola delle prese presenti nel circuito, non protette singolarmente o a gruppi. Per esempio una o più prese da 10/16 A devono essere protette mediante un interruttore magnetotermico con una $I_n = 16$ A; una o più prese da 10/16 A collegate insieme a una o più prese da 10 A devono essere protette con un interruttore magnetotermico con una $I_n = 10$ A e infine una o più prese da 32 A collegate alla stessa linea con una o più prese 10/16 A, protette singolarmente con fusibili con $I_n = 16$ A, devono essere protette con un interruttore magnetotermico avente una $I_n = 32$ A.

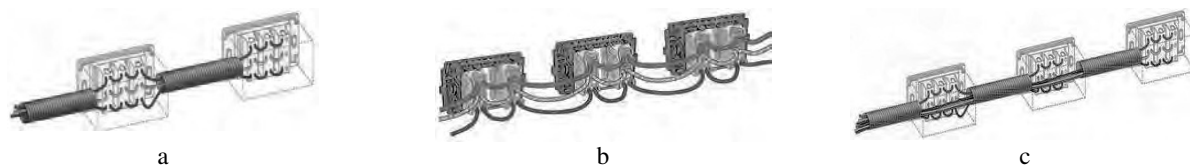


Fig. 7.2 - Collegamento tra più scatole: a) È ammesso entrare ed uscire sui morsetti delle prese nell'ambito della stessa scatola, o al più su due scatole successive - b) Non è ammesso entrare ed uscire sui morsetti oltre le due scatole successive - c) I cavi possono passare attraverso più scatole senza alcun limite.

- I punti presa e i collegamenti diretti, previsti non accessibili, per esempio ubicati dietro i mobili della cucina, devono essere comandati da punti accessibili tramite un interruttore di comando bipolare (le asole nei mobili le rendono accessibili), come mostrato nella fig. 7.3b.
- Si consiglia (ovvero non è obbligatorio) che almeno una presa della cucina e la presa della lavatrice siano S30 (schuko con terra centrale) (v. fig. 7.3a e fig. 7.4a) e di predisporre in prossimità dell'ingresso dell'eventuale tubo del gas una alimentazione elettrica per una eventuale elettrovalvola di intercettazione del gas, come mostrato nella fig. 7.3c.
- Nel locale cucina, oltre ai punti prese del locale, occorre prevedere anche punti prese sul piano di lavoro. Il numero sulla tabella indica il totale di punti prese; il numero tra parentesi indica la parte del totale dei punti prese da installare in corrispondenza del piano di lavoro, come mostrato nella fig. 7.3a. Va anche prevista l'alimentazione per la cappa aspirante, con o senza presa a spina.

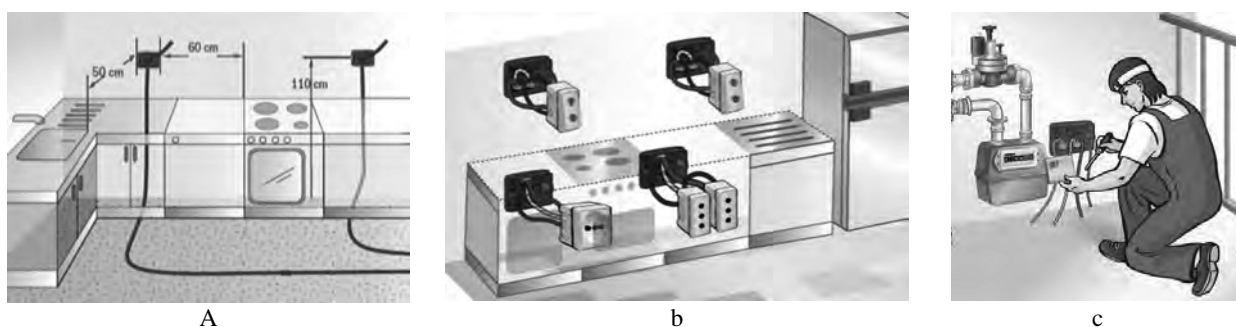


Fig. 7.3 - Predisposizione dei punti prese da installare in corrispondenza del piano di lavoro - b) I punti presa e i collegamenti diretti, previsti non accessibili devono essere comandati da punti accessibili tramite un interruttore di comando bipolare - c) È consigliato predisporre in prossimità dell'ingresso dell'eventuale tubo del gas una alimentazione elettrica per una eventuale elettrovalvola di intercettazione del gas (Gewiss).

- Nel locale da bagno o doccia, sono richiesti almeno due punti luce e due punti prese (in genere, un punto presa per la lavatrice e un altro vicino allo specchio del lavabo).
- Nel locale servizi, un punto luce e un punto presa, qualunque sia il livello dell'impianto.
- Nella cantina, soffitta e box auto sono richiesti un punto luce e un punto presa, qualunque sia il livello dell'impianto.
- È richiesta l'illuminazione di sicurezza nelle abitazioni per permettere la mobilità delle persone (v. fig. 7.4b) in mancanza dell'illuminazione ordinaria, particolarmente utile in presenza di bambini ed anziani. Allo scopo sono sufficienti semplici dispositivi estraibili, ma non alimentati tramite presa a spina. Il numero di tali dispositivi va-

ria da uno (superficie $\leq 100 \text{ m}^2$ e livello 1) fino ad un massimo di tre (superficie $> 100 \text{ m}^2$ e livello 2 oppure livello 3).

- Il comando dei punti luce situati all'esterno (balconi, terrazze, giardini, di superficie $\geq 10 \text{ m}^2$) e in generale per tutti quelli non direttamente visibili (dall'interno dell'abitazione), deve essere associato a una spia di segnalazione, che può essere integrata nel comando medesimo, atta a segnalare lo stato di **accesso** dell'apparecchio comandato (v. fig. 7.4c).

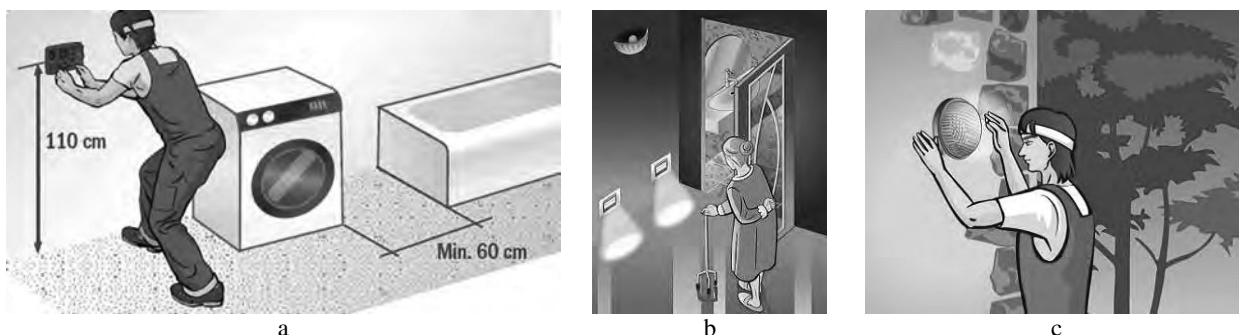


Fig. 7.4 - a) Si consiglia che almeno una presa della cucina e la presa della lavatrice siano del tipo S30 (schuko con terra centrale) - b) È richiesta l'illuminazione di sicurezza nelle abitazioni per permettere la mobilità delle persone - c) Il comando dei punti luce situati all'esterno e in generale per tutti quelli non direttamente visibili, deve essere associato a una spia di segnalazione (Gewiss).

Tabella riassuntiva per la verifica se un impianto elettrico residenziale è conforme alla norma 64-8 variante V3				
1	Dimensionamento dell'impianto	a)	$> 75 \text{ m}^2 \rightarrow$ almeno 6 kW	O
		b)	$\leq 75 \text{ m}^2 \rightarrow$ almeno 3 kW	O
2	Il montante	a)	6 mm^2	O
		b)	Garantire la massima selettività tra gli interruttori differenziali	C
3	Il centralino	a)	Garantire uno spazio libero maggiore del 15% con un minimo di 2 moduli	O
		b)	Il conduttore di protezione (PE) va sempre portato al centralino	O
		c)	Verificare il numero minimo dei circuiti a seconda del tipo di livello	O
		d)	Utilizzare le targhette identificative sugli interruttori	O
4	L'interruttore generale	a)	Deve essere sempre presente	O
		b)	Attenzione al coordinamento	C
5	Gli interruttori differenziali	a)	Almeno 2	O
		b)	Si consiglia il tipo A (per lavatrici e climatizzatori fissi) oppure del tipo SRD	C
6	Caratteristiche dell'impianto	a)	Sfilabilità dei cavi dalle condutture	O
		b)	No entra-esce delle prese (solo fino a 2 scatole)	O
7	Prese per il prelievo dell'energia, punti luce e prese dati e TV	a)	Numero minimo in relazione del livello e tipo di locale	O
		b)	Verificare la presenza e il numero minimo accanto alle prese TV e le prese telefoniche	O
8	Altre prescrizioni	a)	Presenza scaricatori (SPD)	O
		b)	Presenza lampade anti black-out	O
		c)	Pulsanti illuminabili per le luci esterne	O
		d)	Presenza di interruttori onnipolari per comandare prese non accessibili	O
		e)	Predisporre alimentazione per cappa di aspirazione cucina	O
9	Ausiliari	a)	Citofono/videocitofono e campanello	D
		b)	Relè per la gestione dei carichi	D
		c)	Impianto antintrusione	D
10	Certificato di livello	a)	Livello 1: impianto minimo	O
		b)	Livello 2: maggiore fruibilità	D
		c)	Livello 3: dotazioni ampie ed innovative (domotica)	D

Legenda: O: obbligatoria, C: consigliata, D: discrezione

Tab. 7.6 - Punti fondamentali di un impianto elettrico residenziale secondo la norma CEI 64-8 variante V3.

7.2 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. 7.7a.

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 .

Il fattore di contemporaneità di un quadro è definito come il valore rapportato all'unità della corrente nominale assegnata dal costruttore con cui i circuiti di uscita del quadro possono essere caricati simultaneamente, tenendo conto delle mutue interferenze termiche.

Per i quadri di potenza, la norma CEI 17-114, in assenza di dati specifici dichiarati dal committente, consente di utilizzare i vecchi fattori convenzionali ammessi dalla decaduta norma CEI 17-13/1, riportati nella tab. 7.7b

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

Esempio di applicazione dei fattori di contemporaneità

Numero dei circuiti in uscita	2÷3	4÷5	6÷9	≥10
Fattore di contemporaneità	0,9	0,8	0,7	0,6

Tab. 7.7 - Coefficienti di contemporaneità: a) Consigliati (bticino) - b) Convenzionali secondo la norma CEI 17-114.

Suddivisione e protezione dei circuiti. La norma CEI 64-8 richiede che gli impianti siano in genere suddivisi su più circuiti, secondo le esigenze. L'allegato A dà attuazione pratica a questo principio generico nelle abitazioni, per quanto attiene le prestazioni (selettività). Il numero minimo di circuiti dipende dalla superficie dell'unità immobiliare e dal livello dell'impianto, come riportato nella tab. 7.1.

Non vanno messi in conto gli eventuali circuiti della cantina, box e soffitta, coerentemente con il fatto che la loro superficie non è considerata per stabilire l'area dell'unità abitativa, né i circuiti che alimentano direttamente gli apparecchi come per esempio la caldaia o lo scaldacqua per i quali ogni circuito deve essere protetto alla sua origine (centralino o quadro elettrico) dal cortocircuito e, se soggetto, anche dal sovraccarico.

La suddivisione dei circuiti può avvenire sia per destinazione (circuito luce, circuito prese, circuito lavatrice, ecc.) sia per zone (ufficio A, ufficio B, servizi, magazzino, ecc.), o da una loro combinazione.

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. 7.10).

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.

Circuiti terminali (4 conduttori attivi in tubo)				Colonne montanti (2 conduttori attivi in tubo)				
$I_n = 10 \text{ A}$	$I_n = 15 \text{ A}$	$I_n = 25 \text{ A}$	$I_n = 32 \text{ A}$	$I_n = 20 \text{ A}$	$I_n = 25 \text{ A}$	$I_n = 32 \text{ A}$	$I_n = 47 \text{ A}$	$I_n = 60 \text{ A}$
$S = 1,5 \text{ mm}^2$	$S = 2,5 \text{ mm}^2$	$S = 4 \text{ mm}^2$	$S = 6 \text{ mm}^2$	$S = 2,5 \text{ mm}^2$	$S = 4 \text{ mm}^2$	$S = 6 \text{ mm}^2$	$S = 10 \text{ mm}^2$	$S = 16 \text{ mm}^2$
$I_z = 14 \text{ A}$	$I_z = 19 \text{ A}$	$I_z = 25 \text{ A}$	$I_z = 32 \text{ A}$	$I_z = 24 \text{ A}$	$I_z = 32 \text{ A}$	$I_z = 41 \text{ A}$	$I_z = 57 \text{ A}$	$I_z = 76 \text{ A}$

Tab. 7.8 - Protezione dalle sovracorrenti mediante interruttori automatici magnetotermici bipolari.

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 necessario effettuare la distribuzione su 2, 3 e 4 circuiti, in funzione della superficie dell'unità immobiliare e dal livello dell'impianto, come riportato nella tab. 7.1.

Vengono proposti alcuni esempi nella fig. 7.5a e fig. 7.5b nonché nelle tavole presentate nel sesto capitolo nel paragrafo 6.11, che riportano gli schemi elettrici di alcune soluzioni impiantistiche secondo le norme CEI 64-8.

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 normalmente problemi di temperatura. La situazione termica favorevole consente la miniaturizzazione dei centralini, con possibilità di distribuzione anche su 6÷8 circuiti.

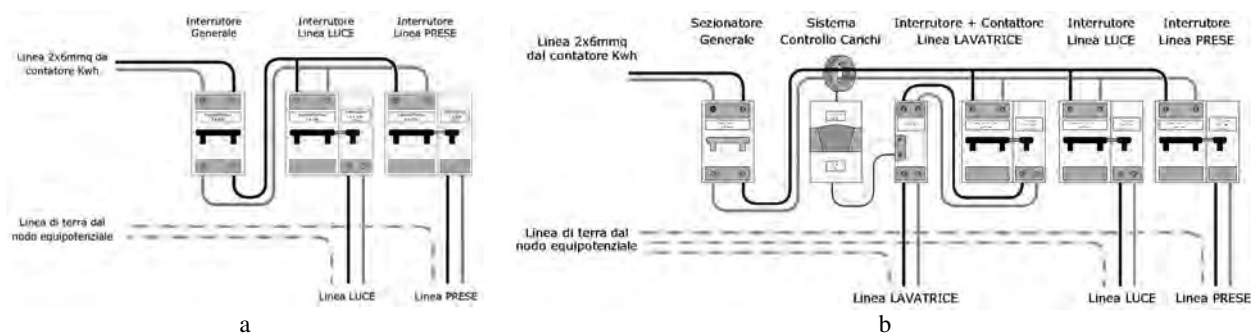


Fig. 7.5 - a) Esempio di circuiti di distribuzione per unità abitativa con una superficie $A \leq 50 \text{ m}^2$, livello 1 - **b)** Esempio di circuiti di distribuzione per una unità abitativa con una superficie $50 \text{ m}^2 < A \leq 75 \text{ m}^2$, livello 2. Si noti la presenza del dispositivo per il controllo dei carichi (per esempio la lavatrice).

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. 7.10 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 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	25	6	41	6	28
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

(**) 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: $I_n = 25 \text{ A}$; cavi $2 \times 6 \text{ mm}^2$ (il PE può essere unico per più utenti); portata massima del montante 41 A.

Tab. 7.9 - Dimensionamento dei montanti in funzione della potenza installata.

Per un dimensionamento di massima dei montanti, è possibile considerare le seguenti potenze in funzione delle dimensioni e della collocazione dell'edificio: per l'illuminazione, circa 10 W/m^2 (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/m^2 se l'edificio è collocato in zone urbane, 20 W/m^2 se è posizionato in una zona rurale.

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 (v. tab. 7.11).

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. 7.10 - Determinazione delle correnti presunte di cortocircuito all'ingresso dell'appartamento.

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. 7.11 - Limiti di lunghezza di linee dorsali monofase 220 V $\cos \varphi = 1$ per $\Delta U = 2$ %.

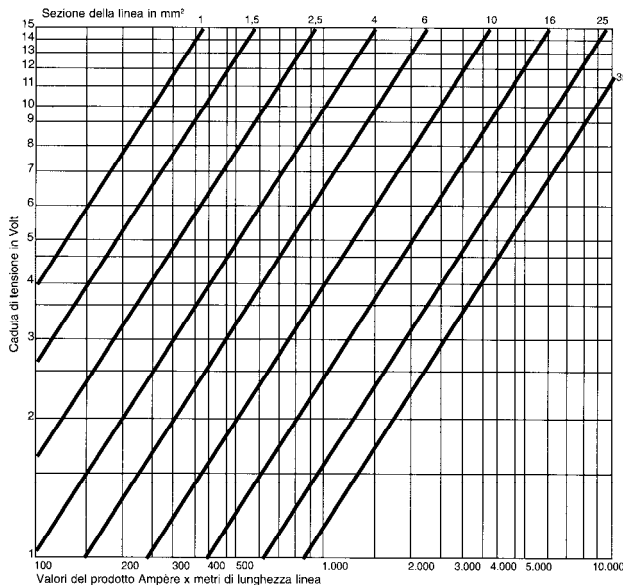


Fig. 7.6 - Caduta di tensione di una linea di 2 cavi unipolari in monofase $\cos \varphi = 0,9$.

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.

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. 7.12 - Tipi di cavo più usati per realizzare colonne montanti.

Esempio 1.

Una linea bifilare realizzata con un cavo avente una sezione di 6 mm², 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 mm², 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.

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. 7.13 - Caratteristiche dimensionali dei tubi protettivi flessibili adatti a realizzare colonne montanti incassate.

7.3 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	
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. 7.14 - 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 $13225xS^2$, 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. 7.15.

Esempi di utilizzo della tab. 7.15.

- 1) 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.
- 2) 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. 7.15 - 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. Nella tab. 7.16 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. 7.16 - 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.



Negli impianti di livello 2 è previsto la presenza di un dispositivo di controllo carichi (secondo la norma CEI 64-8 V3). Tale dispositivo è dotato di un display in grado di misurare la potenza istantanea assorbita ed è situato in alto nella prima fila a destra.

Questa apparecchiatura è realizzata mediante l'uso di un relè di massima corrente, collegata ad un trasformatore amperometrico. Il dispositivo è in grado di determinare l'apertura dell'interruttore automatico o la diseccitazione di un contattore che alimenta un circuito prese e/o lavatrice/lavastoviglie, quando la corrente supera la soglia prestabilita (il dispositivo è dotato in genere di un relè ritardato per permettere l'avviamento del carico).

I carichi possono essere riattivati automaticamente dopo un tempo prestabilito, al venire meno del sovraccarico, per evitare dei disservizi.

Fig. 7.7 - Esempio di centralino con dispositivo di controllo dei carichi (in alto a destra). Si noti il sovradimensionamento del 15% dei moduli necessari, con un minimo di due moduli di riserva.

7.4 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 standardizzare 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.

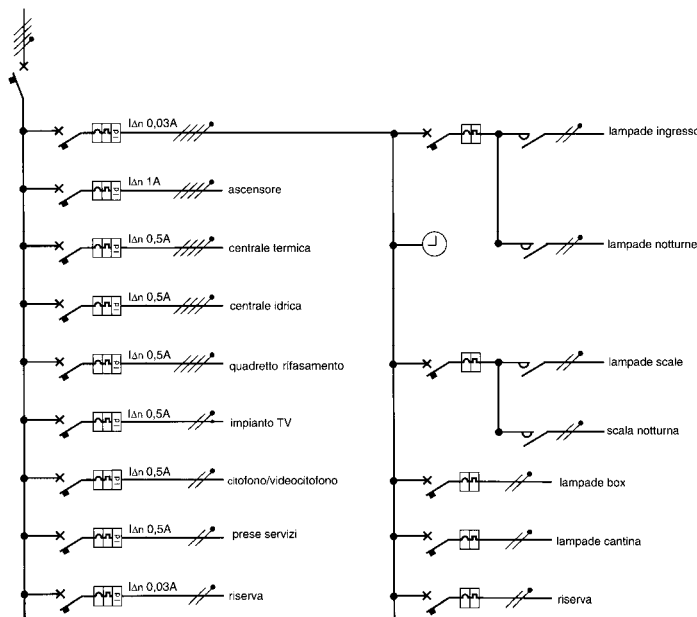


Fig. 7.8 - Esempio di schema dei circuiti di un quadro per servizi generali.

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 o 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.

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. 7.17 - Sezioni minime protette dalle sovracorrenti mediante interruttori magnetotermici.

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 conduttura protetta.

La tab. 7.17 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.

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_{cco} .

La tab. 7.18 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_{cco} [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			

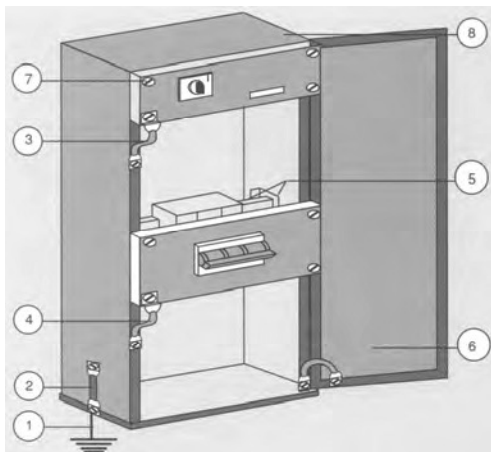
Tab. 7.18 - Corrente nominale di cortocircuito I_{ccn} in relazione alla I_{cco} (corrente di cortocircuito al contatore) del rapporto tra la lunghezza e la sezione della linea di alimentazione del quadro.

Esempio di utilizzo della tab. 7.18.

Corrente di cortocircuito al contatore 5 kA. Linea tra il contatore e il quadro con le seguenti caratteristiche: 14 m con un cavo $2 \times 6 \text{ mm}^2$. 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 $I_{ccn} \geq 3 \text{ kA}$.

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.

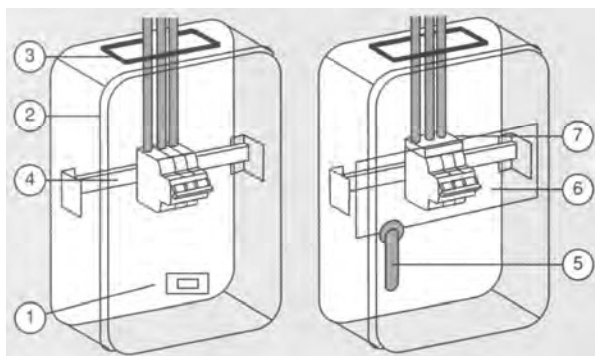
Di seguito vengono riportati anche i punti necessari per la realizzazione di quadri elettrici aventi l'involucro in materiale isolante. Infine, viene riportato un esempio di schema completo delle indicazioni obbligatorie.



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 mm^2).
- 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, $60 \times 60 \text{ mm}$).
- 8) Il quadro è bene che abbia un grado di protezione minimo contro la penetrazione dei corpi solidi di IP20.

Fig. 7.9 - Provvedimenti necessari secondo la norma CEI 17-13/1 contro i contatti diretti e indiretti per la realizzazione di quadri elettrici in lamiera (Gewiss).

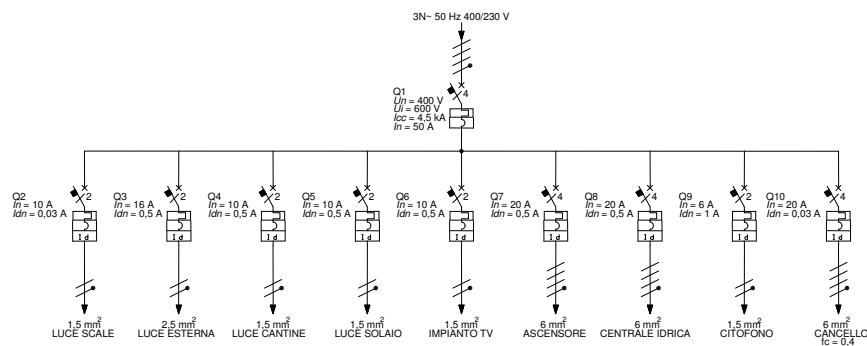


Riferimenti della figura.

- 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. 7.10 - 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. 7.11 - Esempio di schema per quadro elettrico e relative indicazioni obbligatorie.

7.5 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. 7.12 - 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.

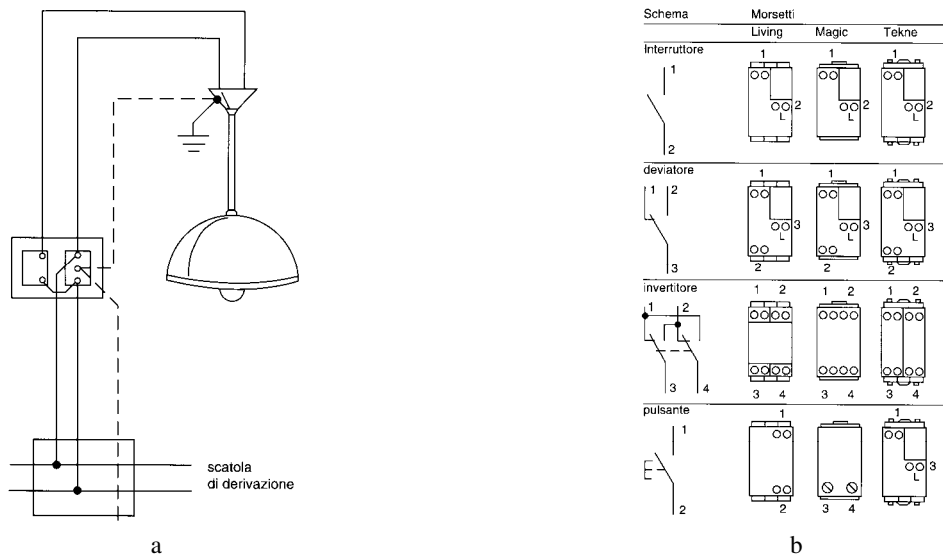


Fig. 7.13 - a) Esempio di utilità dei morsetti doppi - b) Schemi di collegamento di alcune apparecchiature di comando fondamentali bticino.

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).

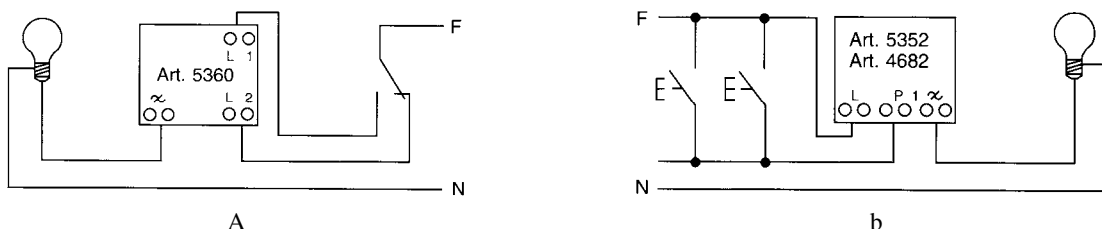


Fig. 7.14 - Schemi di collegamento di regolatori di luminosità: a) Tipo 2 - b) Tipo 3 (bticino).

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.

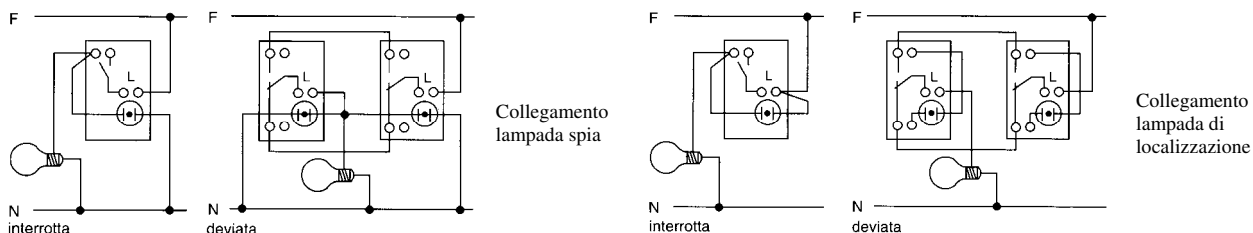


Fig. 7.15 - Schemi di collegamento di comandi luminosi con apparecchiature bticino.

7.6 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 mm² 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 mm²;
- punti presa da 10/16 A per usi occasionali. In questi casi si 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 mm² (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 mm².

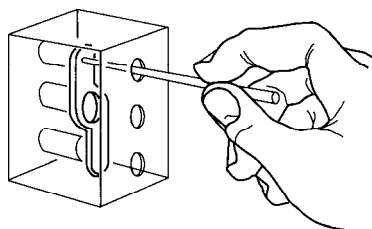
Prese di sicurezza. Le prese di sicurezza con grado di protezione 2, previste dalla norma CEI 23-50, hanno gli alveoli completamente protetti mediante un apposito diaframma mobile che rende impossibile il contatto accidentale anche impiegando oggetti filiformi.

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 Ø 1 mm



impedito contatto di spinotti in tensione con filo Ø 1mm

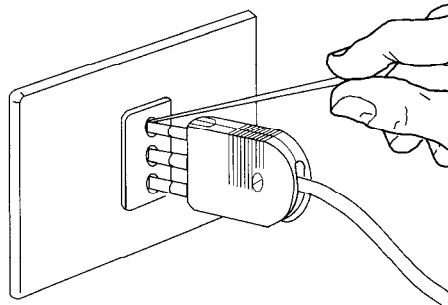


Fig. 7.16 - Prese e spine di sicurezza.

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.

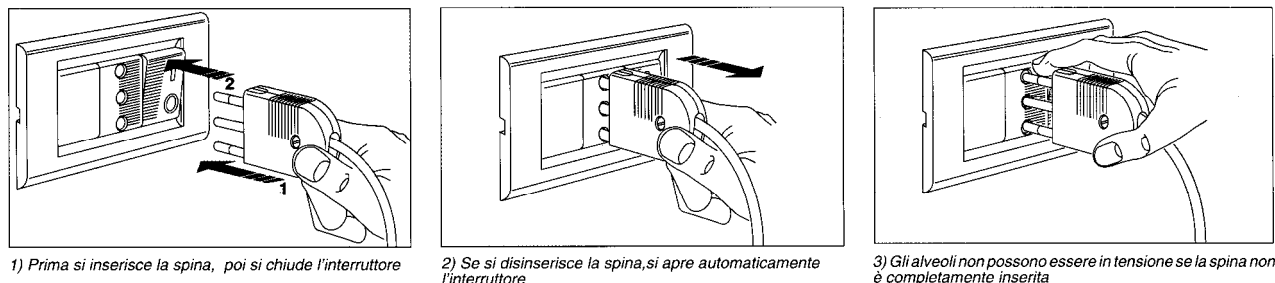


Fig. 7.17 - Funzionamento di una Presa Sicura interbloccata (bticino).

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. 7.18 - 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.

7.7 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. 7.18, 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. 7.19 - 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 inserzione 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. 7.20.

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. 7.20 - Tubi protettivi flessibili in PVC conformi alle norme CEI.

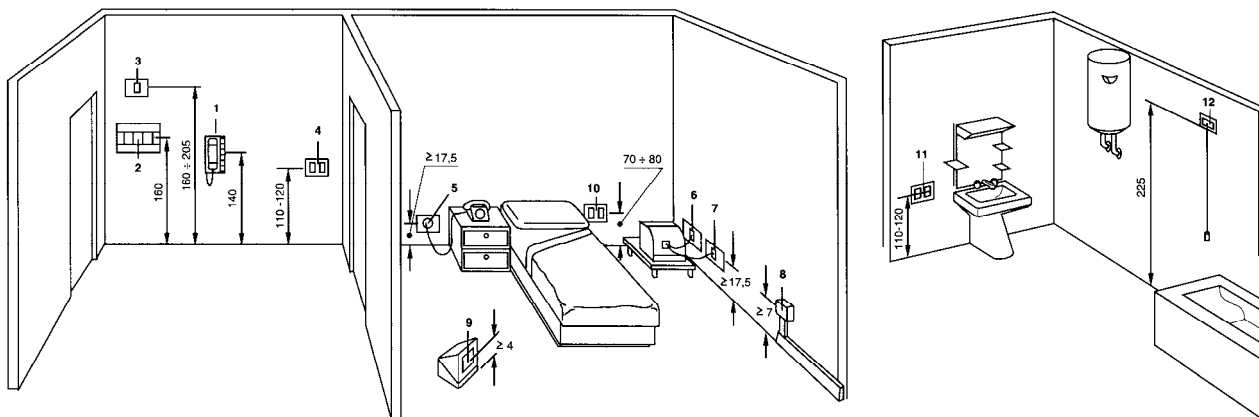


Fig. 7.19 - Altezze di installazione consigliate per apparecchi di comando e prese (vedere tab. 7.21a).

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. 7.21a - Altezze di installazione consigliate per apparecchi di comando e prese (vedere fig. 7.19).

7.8 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).

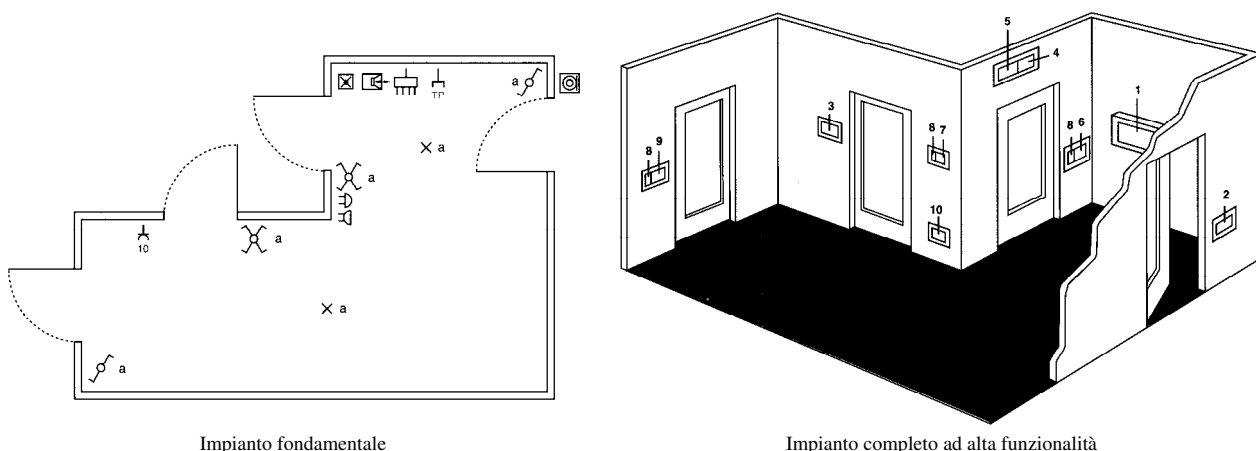


Fig. 7.20 - Ingresso dell'appartamento.

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
Presse interbloccate 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 segna passo	10

Tab. 7.21b - Elenco apparecchiature per l'ingresso dell'appartamento.

7.9 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.

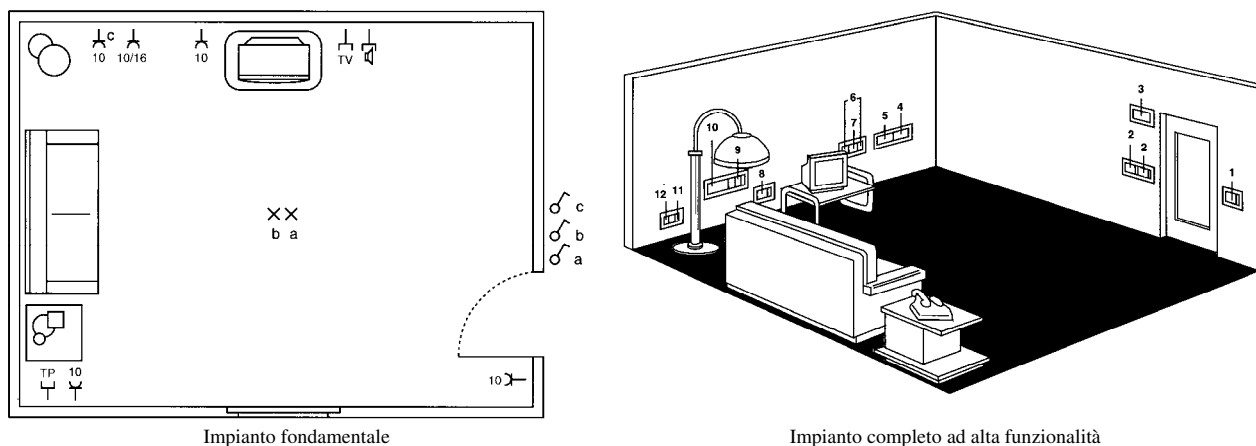


Fig. 7.21 - Soggiorno.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Preso Sicura 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
Preso TV a bassa attenuazione passante e derivata	7
Preso di sicurezza 10 A con scaricatore	8
Pulsanti per il telecomando del dimmer per lampada e lampadario	9
Stazione meteorologica	10
Preso da 10 A	11
Preso bipasso 10/16 A	12

Tab. 7.22 - Elenco apparecchiature per il soggiorno.

7.10 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. 7.23 - 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.

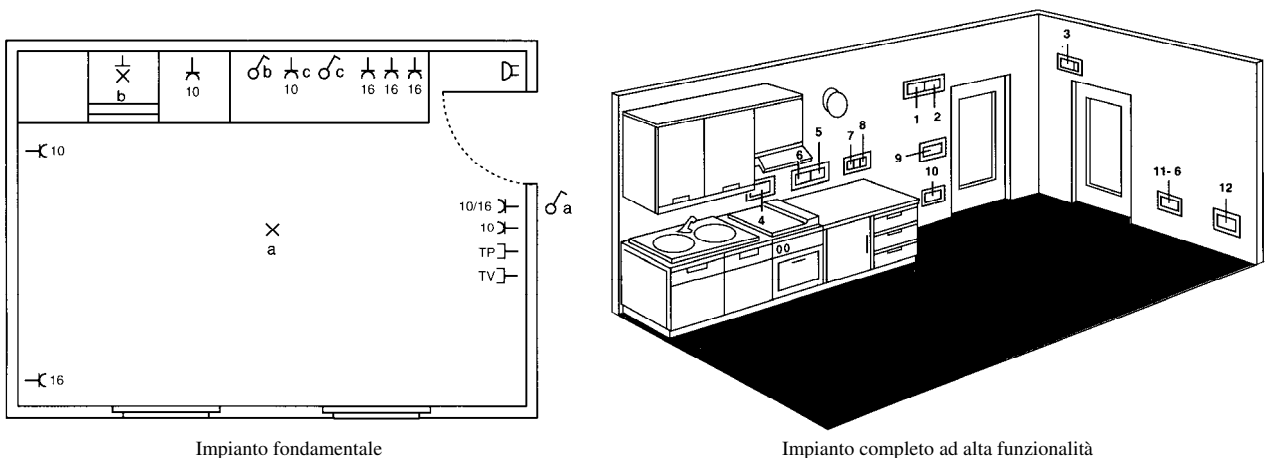


Fig. 7.22 - Cucina.

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

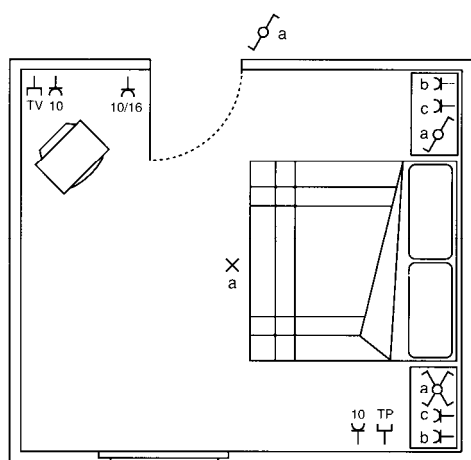
Tab. 7.24 - Elenco apparecchiature per la cucina.

7.11 Camera matrimoniale

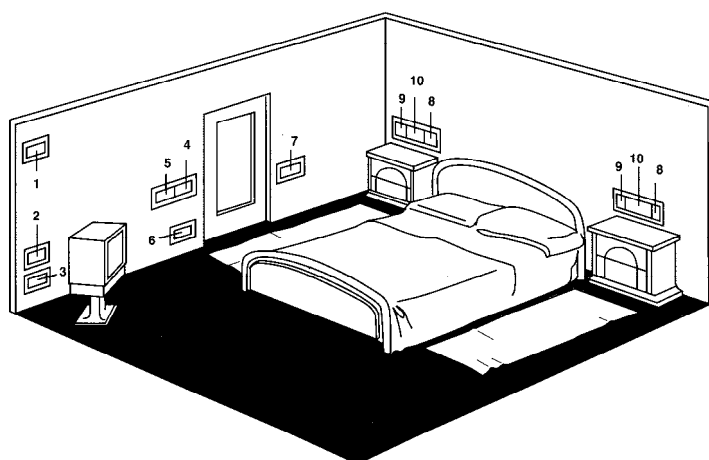
Impianto fondamentale. Sono essenziali il punto luce a soffitto, comandato dall'ingresso della camera e da entrambi i posti letto (a) (comodini), due prese da 10 A per lampade da comodino (b) ed una presa 10/16 A per elettrodomestici mobili da pulizia (lucidatrice, aspirapolvere, battitappeto, ecc.).

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).



Impianto fondamentale



Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 7.23 - 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. 7.25 - Elenco apparecchiature per la camera matrimoniale.

7.12 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).

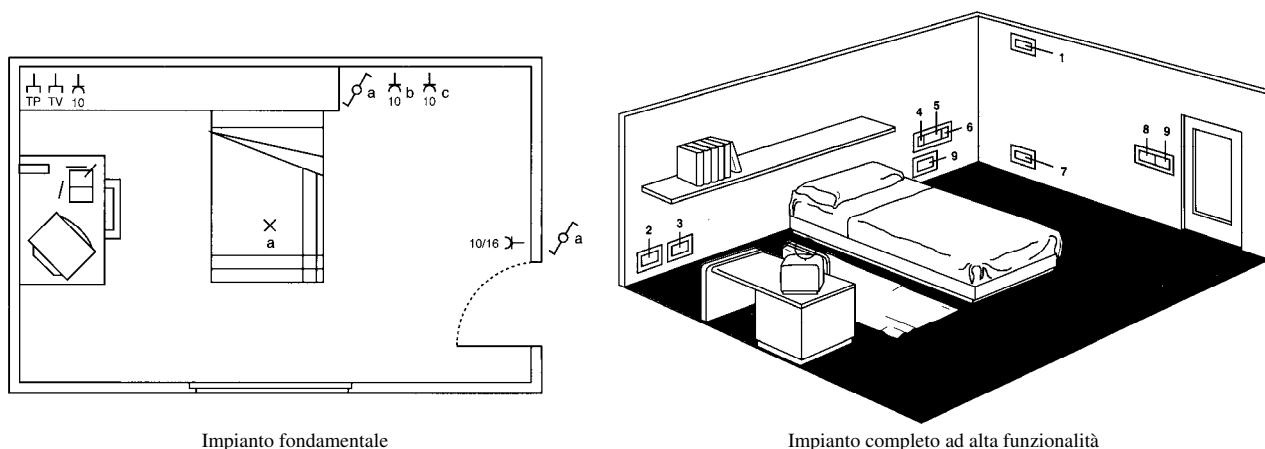
Impianto completo ad alta funzionalità. La televisione crea gli stessi problemi già visti per la camera matrimoniale, accentuati dalle citate esigenze di soggiorno.

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.



Impianto fondamentale

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 7.24 - 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. 7.26 - Elenco apparecchiature per la camera ad un letto.

7.13 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).

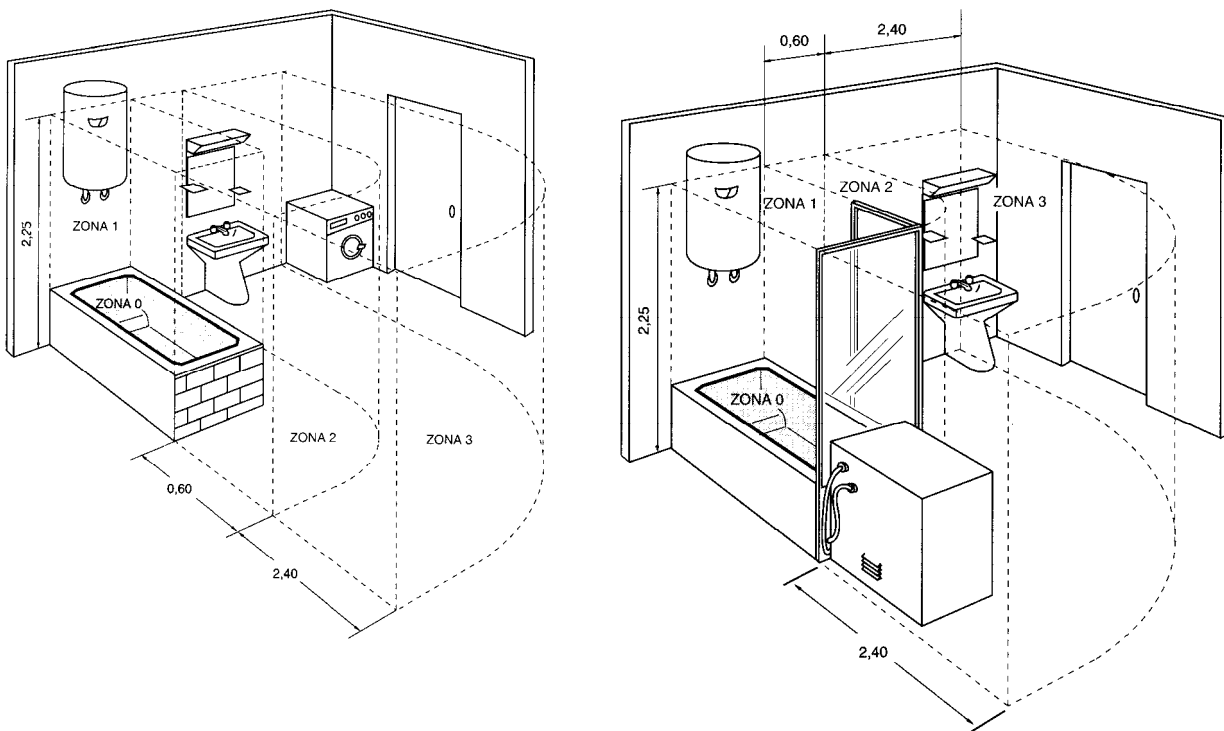
Le prese a spina sono ammesse solo se rispondono almeno a uno dei seguenti requisiti:

- 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. 7.25 - Zone di rispetto.

Tutte le masse estranee devono essere collegate ad un conduttore di equipotenzialità locale avente sezione non inferiore a 2,5 mm² se è provvisto di protezione meccanica (tubo) o 4 mm² 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.

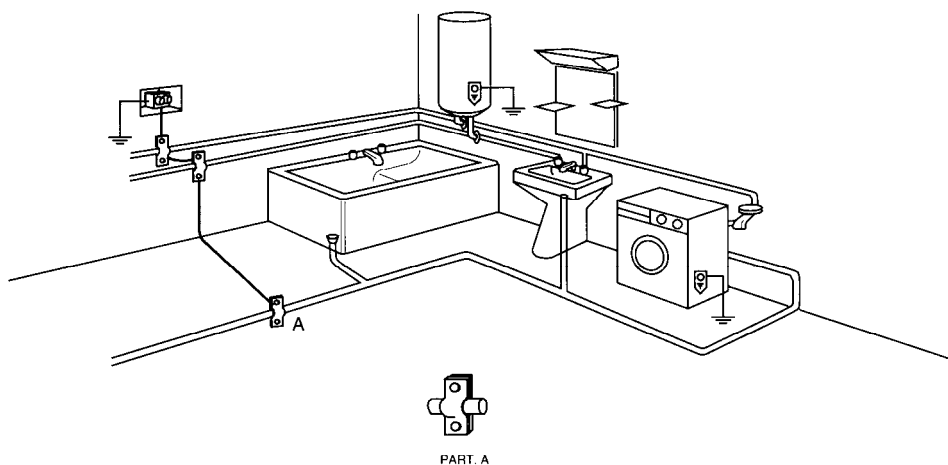


Fig. 7.26 - Collegamenti equipotenziali.

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 specchio, 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 specchio 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 aggirati 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.

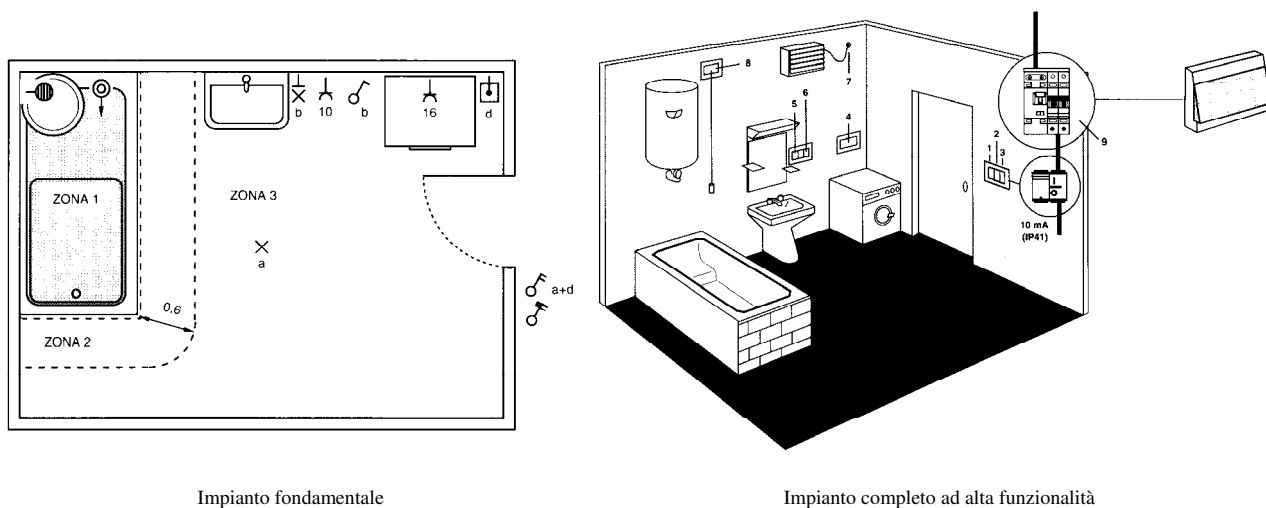


Fig. 7.27 - Bagno.

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
Presca Sicura da 16 A per lavatrice	4
Interruttore per lampada specchiera	5
Presca 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. 7.27 - Elenco apparecchiature per il bagno.

7.14 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.

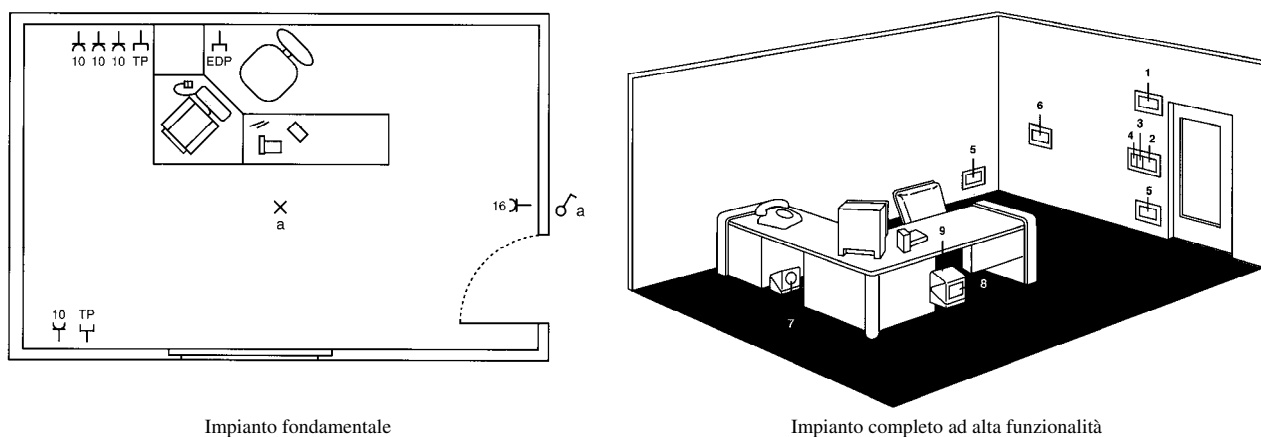


Fig. 7.28 - Ufficio.

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 sottomquette 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
Presse interbloccate 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

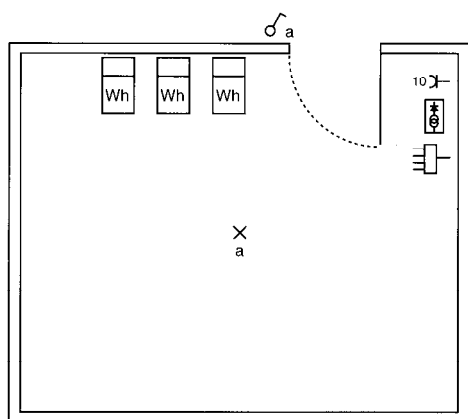
Tab. 7.28 - Elenco apparecchiature per un ufficio.

7.15 Locale contatori e colonne montanti

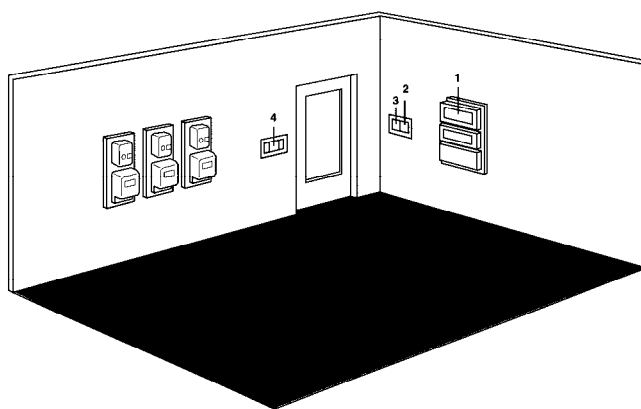
Impianto fondamentale. I vani destinati alla centralizzazione dei gruppi di misura devono essere concordati con l'Ente distributore per permetterne l'accesso anche in assenza dell'utente. Ogni unità immobiliare servita da un contatore deve essere collegata, con una propria linea separata, al centralino 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.



Impianto fondamentale



Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 7.29 - 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
Presse protette da interruttore magnetotermico differenziale	4

Tab. 7.29 - Elenco apparecchiature per il locale contatori e colonne montanti.

7.16 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. 7.30 - Idoneità del materiale elettrico all'installazione in luoghi aperti (IEC 364).

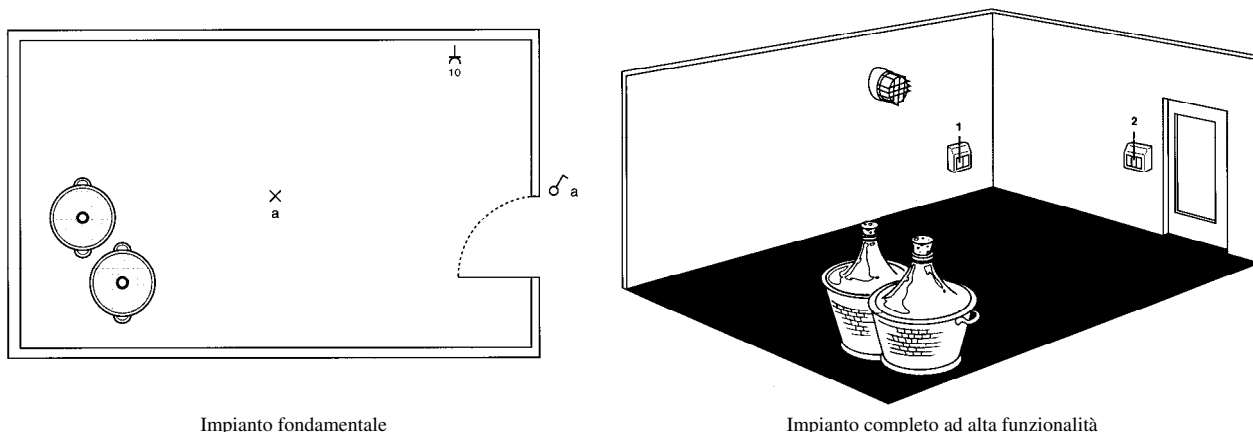
Nelle cantine e nei solai, se si devono prevedere normalmente solo dei centri luce comandati da interruttore, l'alimentazione viene prelevata dal contatore dei servizi generali della casa o del condominio. L'installazione di prese di corrente, infatti, potrebbe essere causa di discussioni e liti condominiali 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 elettroutensili (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.



Impianto fondamentale

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 7.30 - 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. 7.31 - Elenco apparecchiature per cantine e solai.

7.17 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.

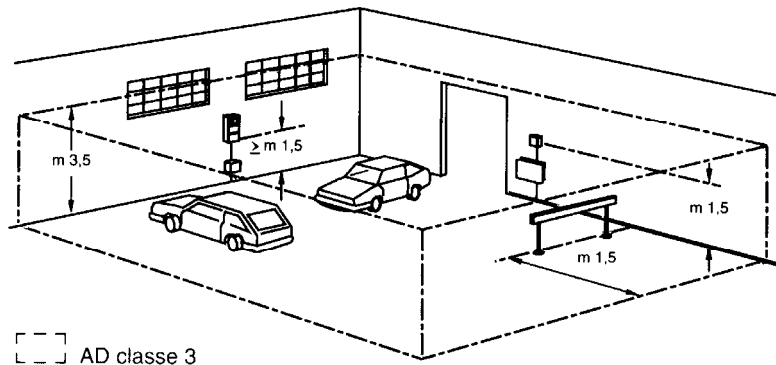
Queste brevi note forniscono informazioni indicative, ma è indispensabile consultare attentamente le norme CEI 64-8 prima di accostarsi alla realizzazione di questo tipo di impianto.

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).

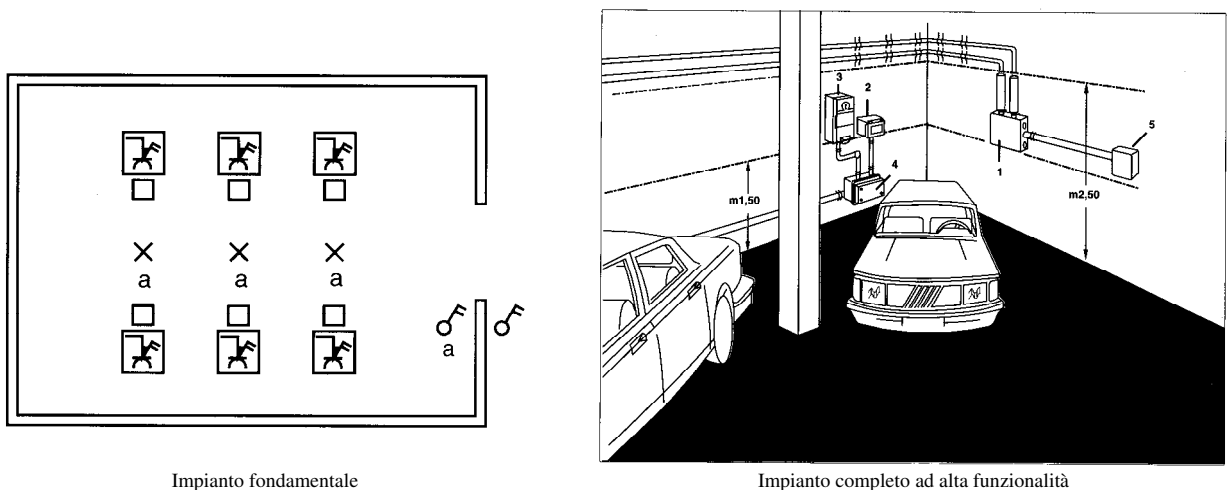


AD classe 3

Fig. 7.31 - 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. 7.32 - 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. 7.32 - Elenco apparecchiature per il locale posti macchina interni per più di nove macchine.

7.18 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.

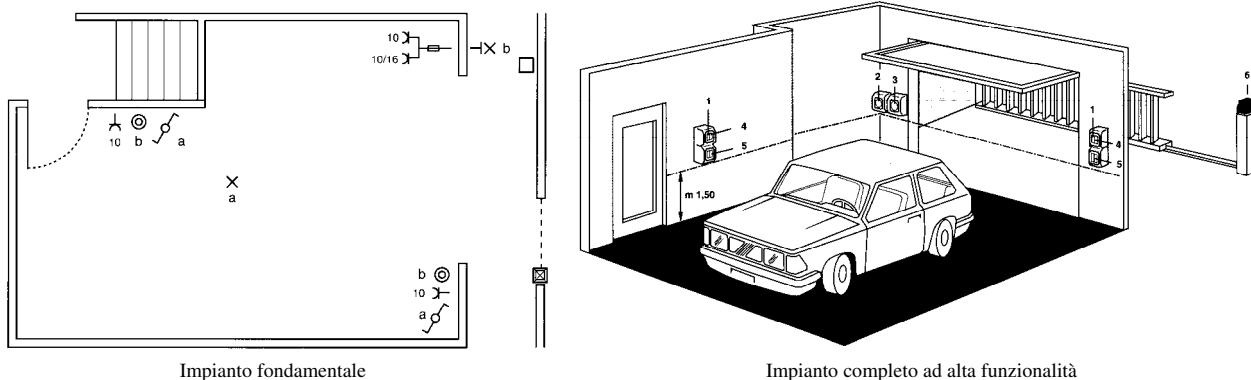


Fig. 7.33 - Box.

Servizi ad alta funzionalità	Riferimento figure
Prese di sicurezza	1
Prese di sicurezza UNEL	2
Presa 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. 7.33 - Elenco apparecchiature per il box.

7.19 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 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.

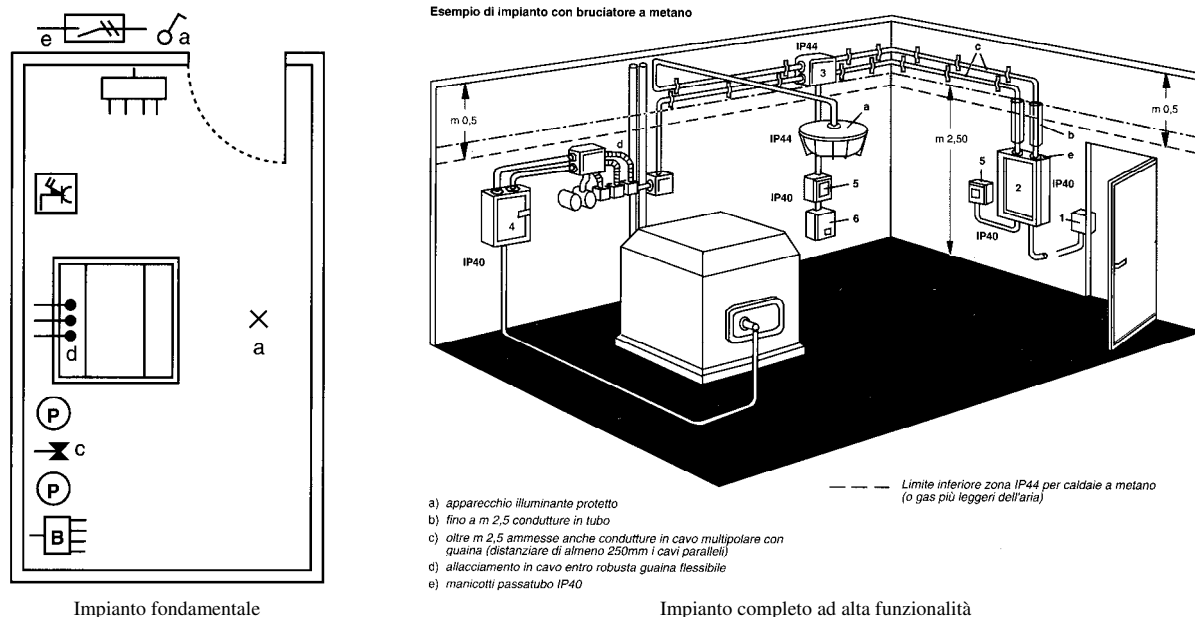


Fig. 7.34 - Locale caldaia.

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. 7.34 - Elenco apparecchiature per il locale caldaia.

7.20 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.

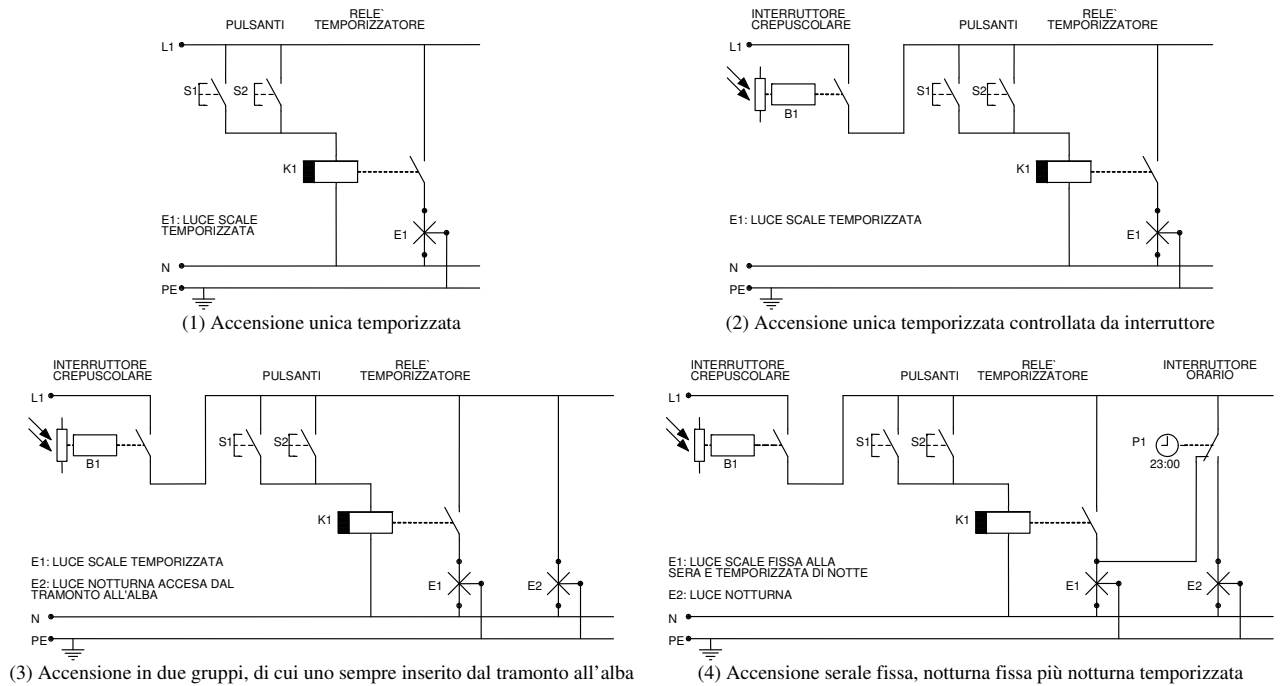


Fig. 7.35 - Schemi di principio per il comando di luce scale, atri ed ingressi.

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.

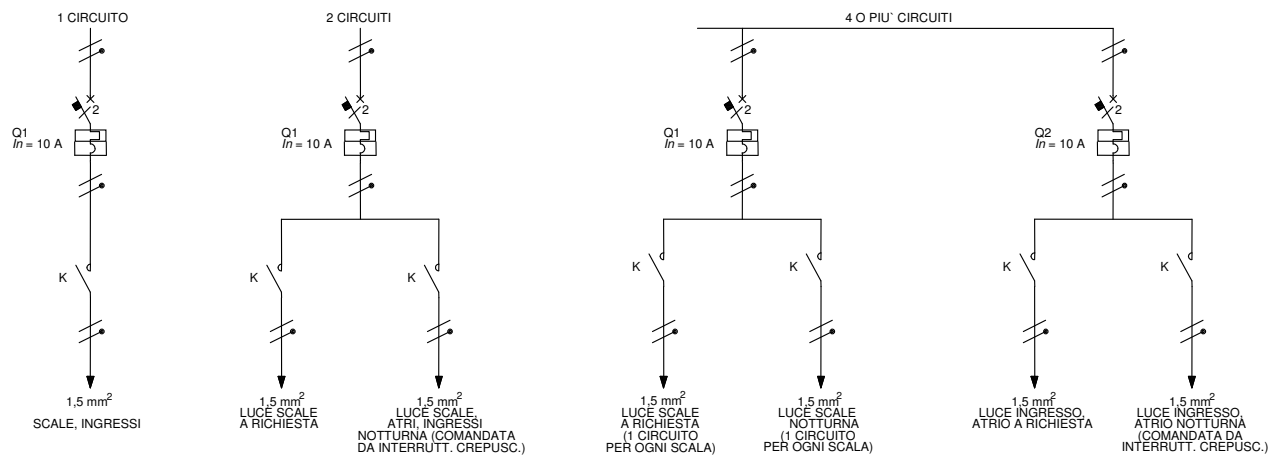


Fig. 7.36 - Suddivisione e dimensionamento dei circuiti di alimentazione luce scale, atri e ingressi.

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.

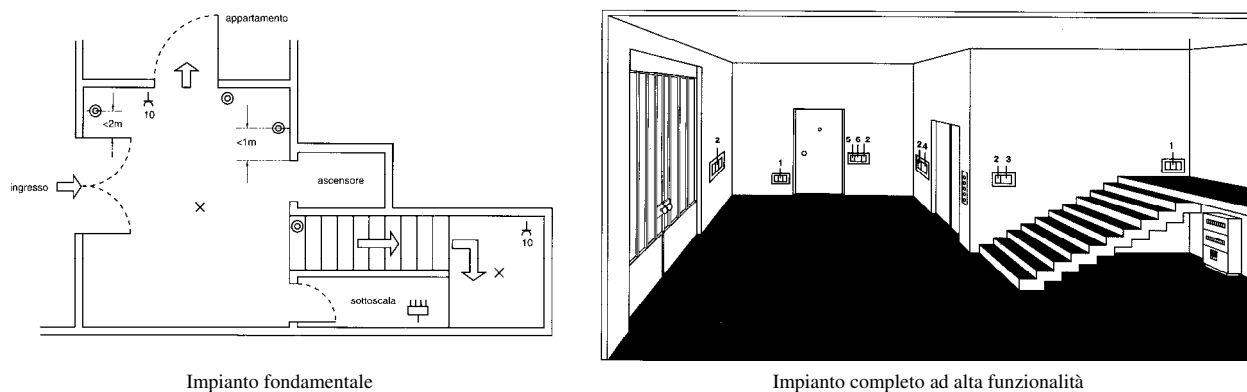


Fig. 7.37 - Ingressi e scale.

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.

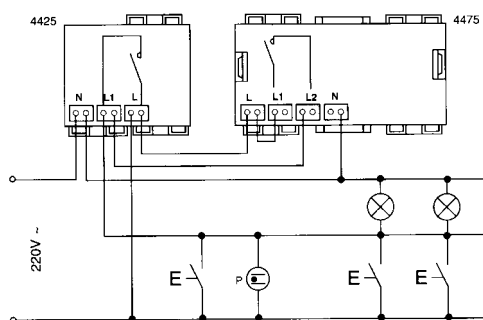


Fig. 7.38 - Esempio di impiego di un programmatore e temporizzatore per l'accensione della luce scale: temporizzata/continua della ditta bticino. Si noti la P di localizzazione.

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. 7.35 - 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.

7.21 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. 7.36 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).

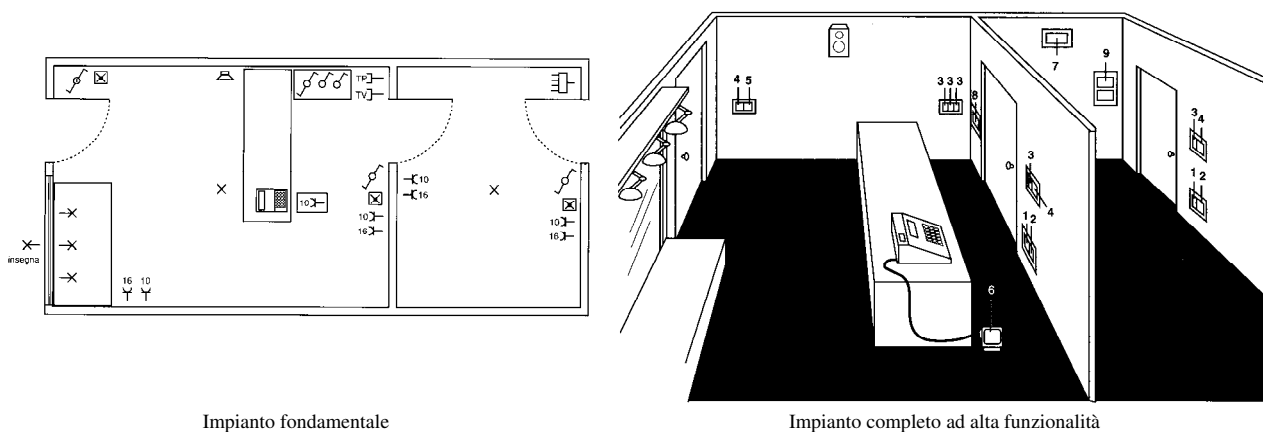


Fig. 7.39 - Negozio e retro adibito a magazzino.

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. 7.36 - Elenco apparecchiature per un negozio e retro adibito a magazzino.

7.22 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. 7.37 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 mescita.

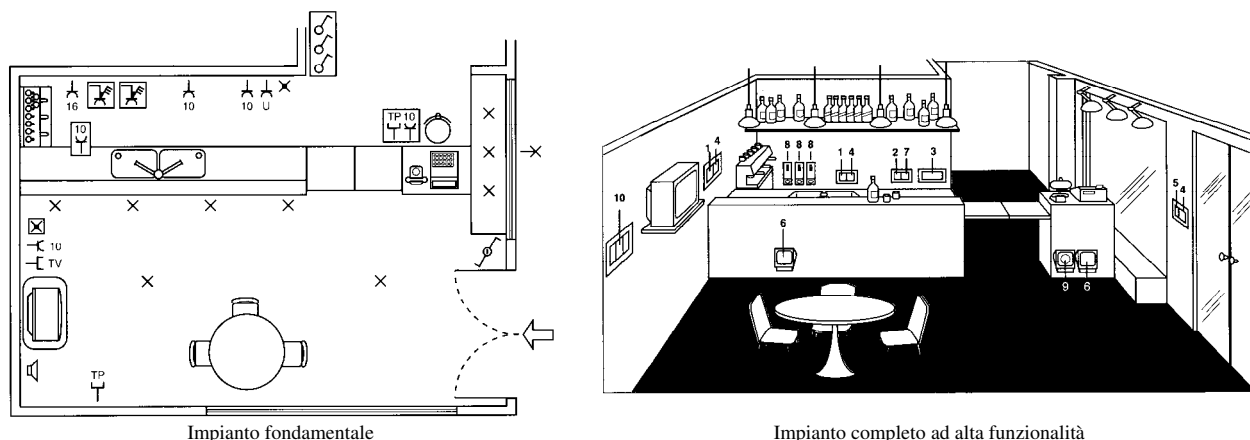


Fig. 7.40 - Bar.

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. 7.37 - Elenco apparecchiature per un bar.

7.23 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:

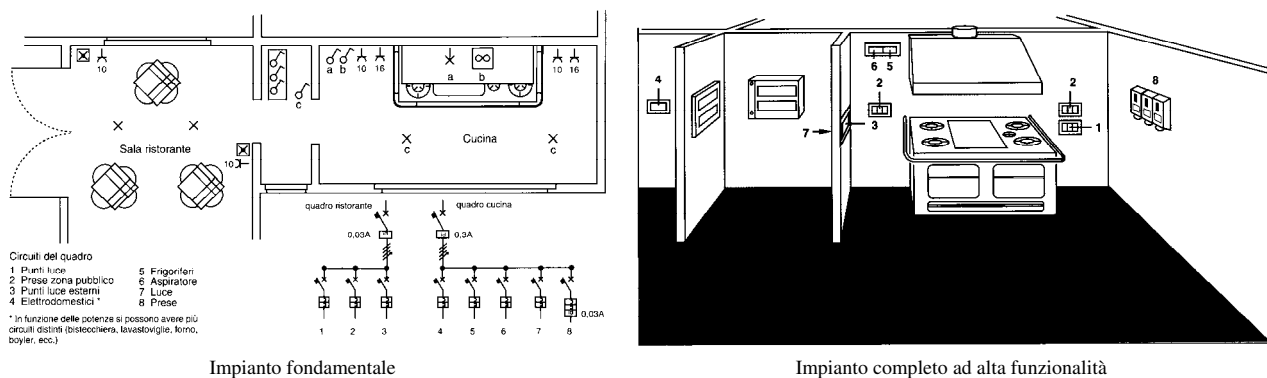
- ogni apparecchio utilizzatore deve far capo ad una propria presa fissa oppure essere collegato direttamente al proprio circuito terminale (evitare assolutamente adattatori multipli e prolunghe);
- il grado di protezione deve essere adeguato alle sollecitazioni ambientali che solitamente sono più gravose 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.



Impianto fondamentale

Impianto completo ad alta funzionalità

Fig. 7.41 - 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, presenza 2P+PE 16 A, presenza 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. 7.38 - Elenco apparecchiature per ristoranti e grandi cucine.

7.24 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.

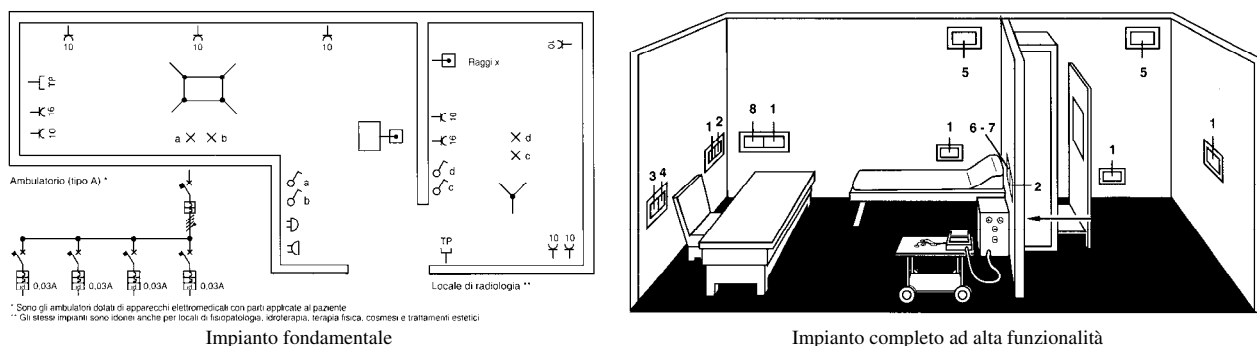


Fig. 7.42 - Locali ad uso medico.

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. 7.39 - Elenco apparecchiature per un locale ad uso medico.

7.25 Strutture alberghiere

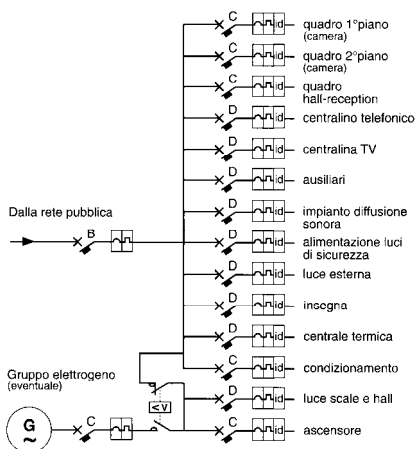
Per la realizzazione dell'impianto elettrico nelle strutture alberghiere, si deve fare riferimento per tutti gli ambienti ordinari alla norma CEI 64-8 e alla guida CEI 64-55.

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. 7.43 un esempio di quadro elettrico generale di una struttura alberghiera, mentre nella fig. 7.44 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 $I_{dn} = 10 \text{ mA}$ per la protezione di ogni singola camera,
- b) termostato ambiente,
- c) gruppo di comando a fianco letto.

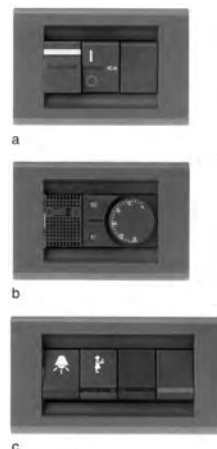
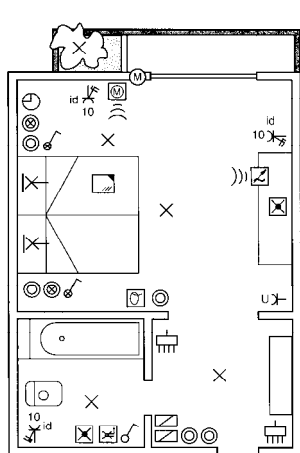
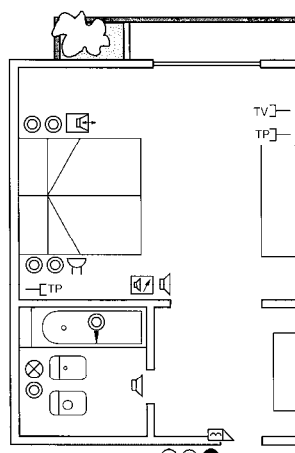


Fig. 7.43 - Esempio di quadro elettrico generale di una struttura alberghiera.



Camera tipo (impianto di energia)

Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	Altri
Presse Sicure Salvavita 10A	5126	4526	
Presse 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	
Punto luce			
Punto luce a parete			
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
Presse TV	5172D	4672D	
Presse telefono	5021	4521	
Pulsante	5005	4505	
Pulsante a tirante	5006N	4506	
Lampada fuori porta	5651		
Ronzatore	5048N	4548	
Citofono			
Altoparlante		4958	
Comando diffusione sonora		4955/1	
Jack annullamento chiamata	5124	4679	
Serratura elettrica			

Fig. 7.44 - Esempio di piani di installazione tipici di una struttura alberghiera.

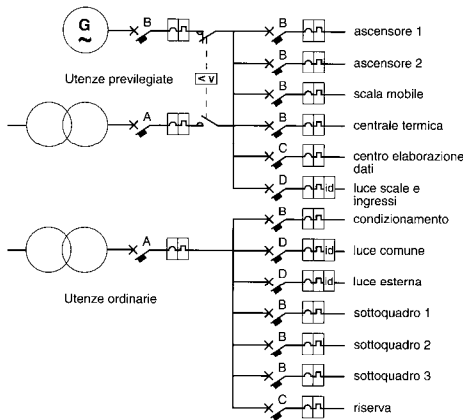
7.26 Centri direzionali e commerciali

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 $P > 30 \div 100 \text{ kW}$).
- 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 chiamati 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. 7.45 è riportato un esempio di quadro elettrico generale di un centro direzionale e commerciale, mentre nella fig. 7.46 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).



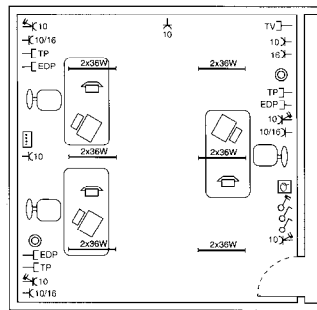
Legenda interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali.

- 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.

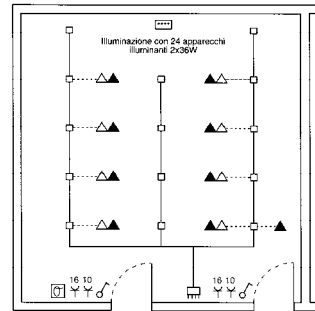


Fig. 7.45 - Esempio di quadro elettrico generale di un centro direzionale e commerciale.



Ufficio con struttura a locali separati

Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	Altri
Presse 10A	5113	4513	
Presse 16A	5129	4519	
Presse 10/16 bypass	5180	4580	
Presse Sicure 10A	5114	4514	
Presse TV	5172D	4672D	
Presse telefono	5021	4521	
Connettori EDP	5973	4973	
Interruttore unipolare	5001	4501	
Interruttore automatico magnetotermico 2P	5230S	4630	
Pulsante chiamata	5005	4505	
Termostato ambiente	5339	4429	
Rivelatore di fumo		4434N	
Apparecchio telefonico			



Ufficio con struttura open-space (esempio 16x16 m)

Impianto	Apparecchi necessari		
	Magic	Living	Altri
Presse 10A	5113	4513	
Presse 16A	5129	4519	
Presse telefono	5021	4521	
Connettori EDP	5986	4986	
Presse altoparlante			
Interruttore unipolare	5001	4501	
Interruttore differenziale magnetotermico	5250S	4650	
Interruttore automatico magnetotermico	5230S	4630	
Quadro distribuzione	Multi-a system		
Apparecchio telefonico			
Rivelatore di fumo		4434N	
Termostato ambiente	5339	4429	

Fig. 7.46 - Esempio di piani di installazione tipici di un centro direzionale e commerciale.

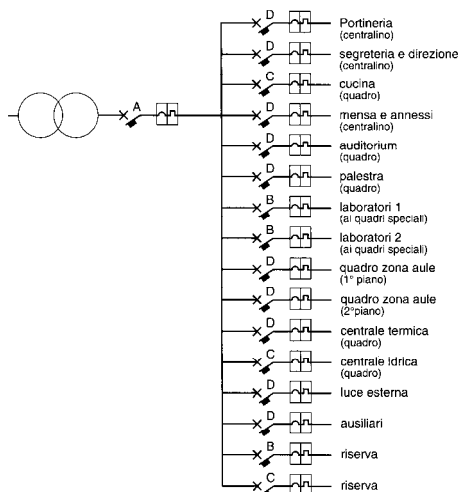
7.27 Strutture scolastiche

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 $P > 30 \div 100$ 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 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. 7.47 è riportato un esempio di quadro elettrico generale di una struttura scolastica, mentre nella fig. 7.48 vengono mostrati esempi di piani di installazione tipici di un'aula generica, di un'aula da disegno e di una biblioteca.



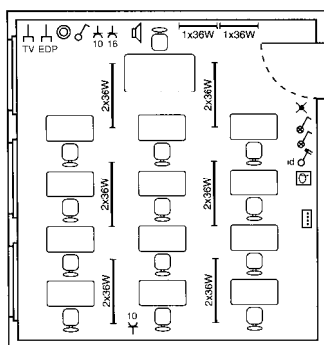
Legenda interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali.

- 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.

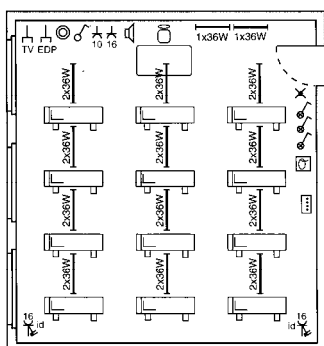
Si noti nella figura a destra un esempio di quadro da incasso per la zona aule; ogni quadro alimenta un gruppo di 610 aule mediante un interruttore magnetotermico differenziale.



Fig. 7.47 - Esempio di quadro elettrico generale di una struttura scolastica.



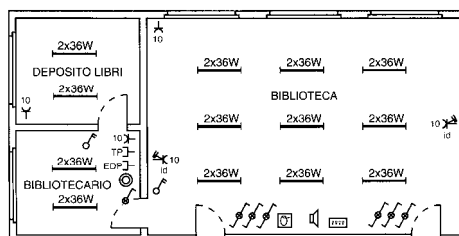
Aula generica



Aula da disegno

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
TV Presa telefono	5021	4521
EDP Connettore EDP	5974	4974
EDP Interruttore unipolare	5001	4501
Interruttore unipolare con spia	5001LN	4501LE
10 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



Biblioteca

Fig. 7.48 - Esempio di piani di installazione tipici di una struttura scolastica.

7.28

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 sesto 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. 7.40.

Distanza tra posto esterno e citofono più lontano	Tipo di circuito	
	Fonia e chiamata	Alimentazione
[m]	[mm ²]	
50	0,5	0,75
100	0,75	1,5
200	1	2,5

Tab. 7.40 - Scelta della sezione minima in mm² 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 75 Ω (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	Componente				
	Telecamera	Modulo ripresa	Monitor	Elettroserratura	Chiamata
[m]	[mm ²]				
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. 7.41 - Scelta della sezione minima in mm² 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;
- 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.

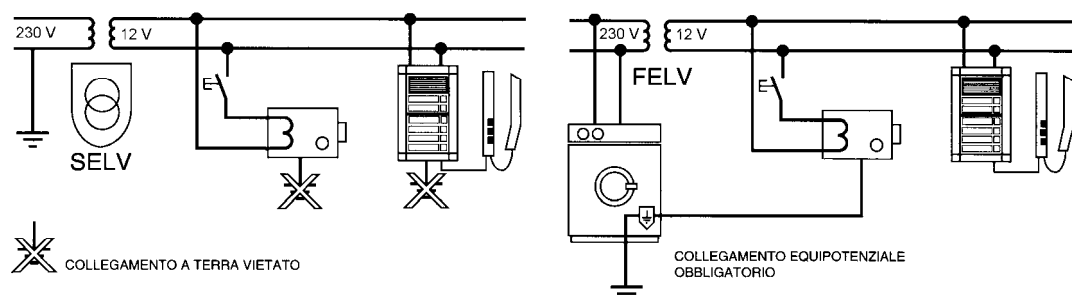


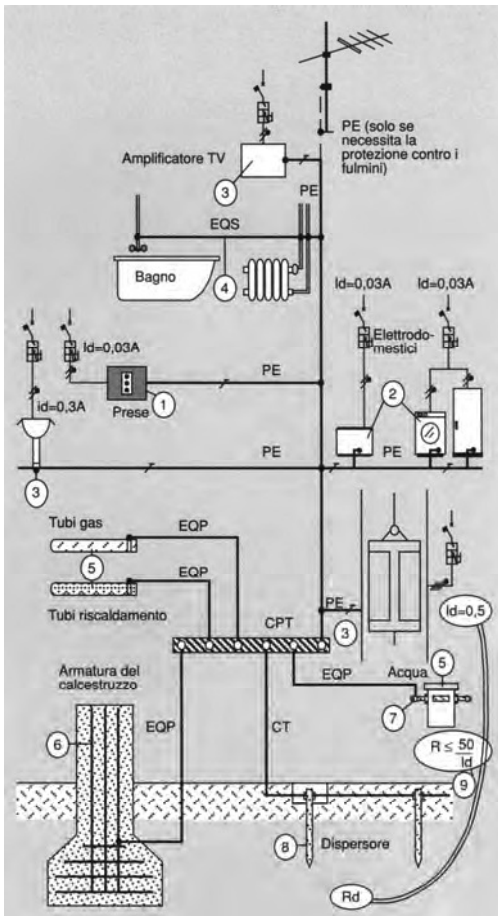
Fig. 7.49 - Differenza tra impianti SELV e FELV.

7.29 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 (CPT) 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: $I_{dn} = 0,5 \text{ A}$.

CT: conduttore di terra.

EQP: collegamenti equipotenziali principali.

(*) Teoricamente esiste ancora la possibilità di usare interruttori magnetotermici e fusibili.

Fig. 7.50 - 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. 7.51b 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. 7.51b 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. 7.51b, 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.

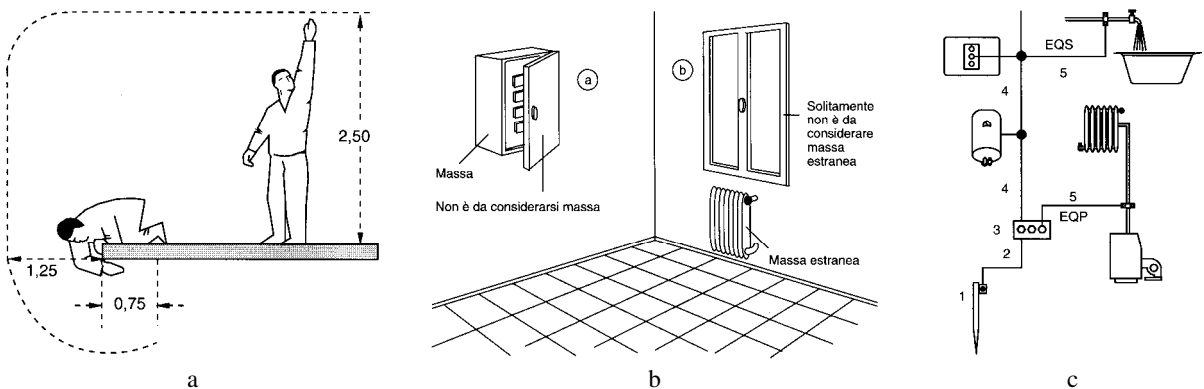


Fig. 7.51 - a) Volume di accessibilità - b) Definizione di massa e di massa estranea - c) Componenti di un impianto di terra.

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.

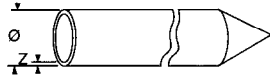
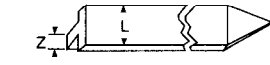

È possibile utilizzare come dispersore anche i ferri di armatura del calcestruzzo, considerando solo quelli pertinenti a fondazioni interrato, meglio se aventi una sezione minima di 100 mm².

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	
		ø mm	40	30
	Z mm	2,5	3	
	L mm	50	50	
	Z mm	5	5	
	ø mm	20	15	

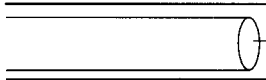
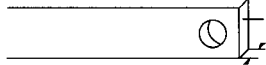

Per posa nel terreno	acciaio zincato		rame	
		S mm ²	50	30
	S mm ²	100	50	
	Z mm	3	3	
	S mm ²	50	35	
	ø mm	1,8	1,8	

Fig. 7.52 - 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. 7.42); 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. 7.42 - Sezione dei conduttori di protezione in relazione al conduttore di fase.

2) dimensionamento calcolato mediante la formula:

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

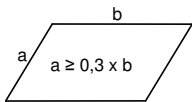
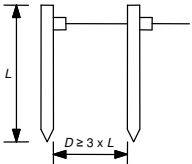
dove I è la massima corrente di guasto espressa in ampere (circa uguale a $230/R_T$), t il tempo di intervento dell'interruttore differenziale (si può considerare con abbondanza circa 0,5 s) e k un coefficiente da dedurre dalla tab. 7.43.

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: $\theta_t = 500$ °C (alluminio 300 °C). B⁽²⁾ in condizioni ordinarie: $\theta_t = 200$ °C. C⁽³⁾ in locali con pericolo di incendio, salvo più severe prescrizioni delle norme; $\theta_t = 150$ °C. I dati riportati sono tratti dalla norma 64-8.

Tab. 7.43 - 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
	$L =$ lunghezza del dispersore a picchetto $D =$ distanza tra due dispersori	L (2,5 m)	150	30
			30	9

Tab. 7.44 - 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 la tabella 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. 7.45.

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. 7.45 - Dimensionamento dei conduttori equipotenziali.

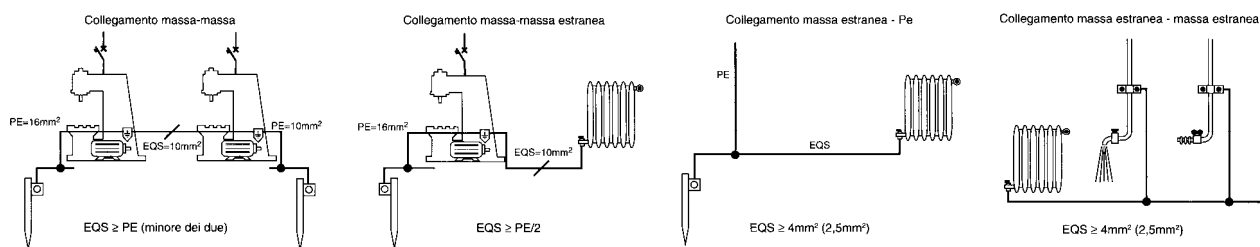


Fig. 7.53 - Esempi di collegamenti equipotenziali supplementari.

7.30 Equalizzazione del potenziale nei locali ad uso medico (nel CD-Rom allegato)

7.31 Impianto per ascensori (nel CD-Rom allegato)

7.32 Impianto centralizzato di antenna TV (nel CD-Rom allegato)

7.33 Impianto per lampade a catodo freddo con tensione da 1 a 10 kV (nel CD-Rom allegato)

7.34 Impianti di terra per apparecchiature di elaborazione dati (nel CD-Rom allegato)

7.35 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. 7.67a. 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 €

Tab. 7.49 - 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.

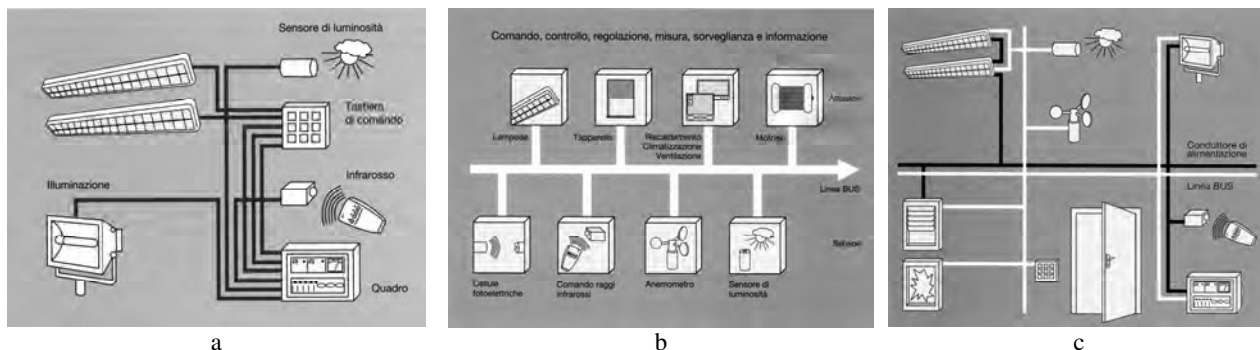


Fig. 7.66 - a) Impianto di tipo tradizionale - b) Principio di funzionamento di una linea BUS - c) Impianto di tipo BUS.

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
	Allarmi tecnici	--	Si	Si	--	--	--	--	--	Si	Si	Si	--
	Antipanico	--	Si	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--
	Controllo accessi	--	--	--	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
	Diffusione sonora	Si	Si	--	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Automazione luci	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	--
	Scenari	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si	--	Si	Si	Si	Si
	Autom. scenari e azioni program.	--	Si	Si	Si	Si	Si	Si	--	--	--	Si	--
	Controllo carichi	Si	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	Si	--
Controllo remoto	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
	Attivazione gruppi e scenari	--	Si	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Risparmio energetico	Diagnostica dispositivi	--	--	Si	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gestione energia	--	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	--	--
	Programmazione carichi	--	Si	--	--	--	Si	--	--	Si	--	--	--

Tab. 7.50 - 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. 7.67a. 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. 7.67b. 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).

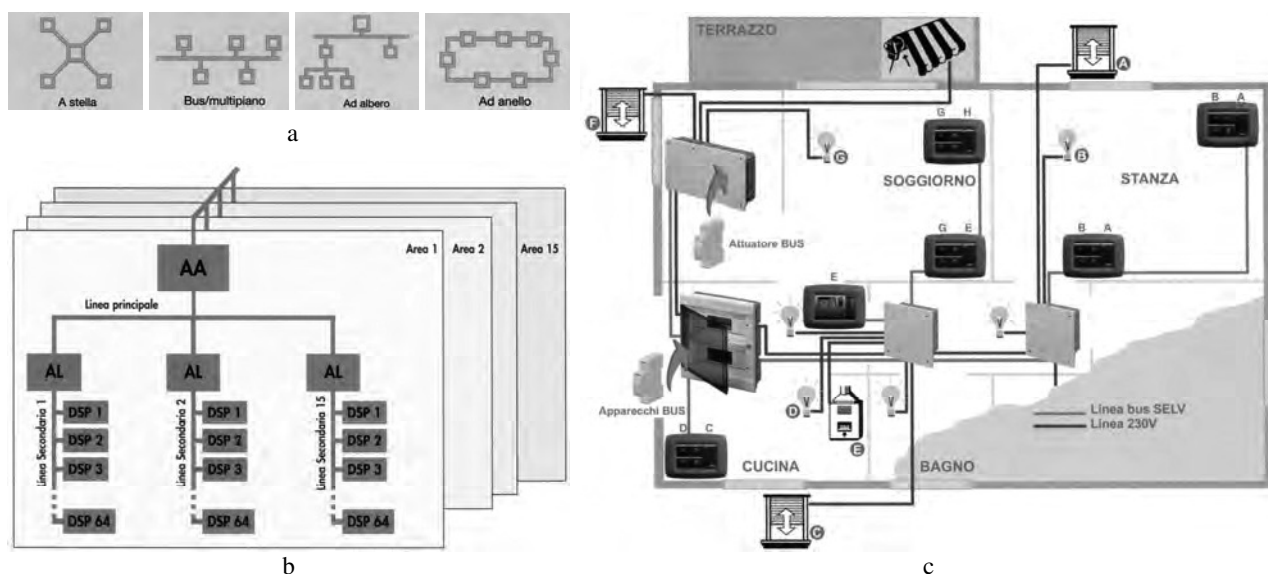


Fig. 7.67 - a) Configurazione delle linee (topologia) - b) Architettura di un sistema EIB/KNX: AA = accoppiatore di area o di campo, AL = accoppiatore di linea, DSP = dispositivo EIB/KNX, n. max. di aree = 15, n. max. di linee secondarie per area = 15, n. max. di dispositivi per linea secondaria = 64 (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.

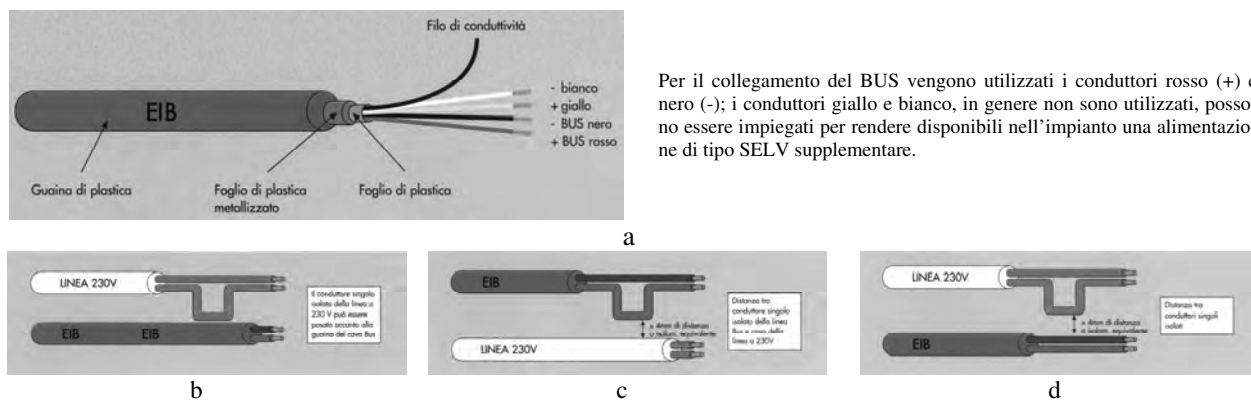


Fig. 7.68 - a) Esempio di cavo per il collegamento del BUS EIB - b) - c) - d) Posa delle linee. Per la posa delle linee BUS si devono rispettare, in funzione dei casi, opportune distanze installative dalle linee di energia (Gewiss).

Nella fig. 7.69a 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. 7.69b) 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.

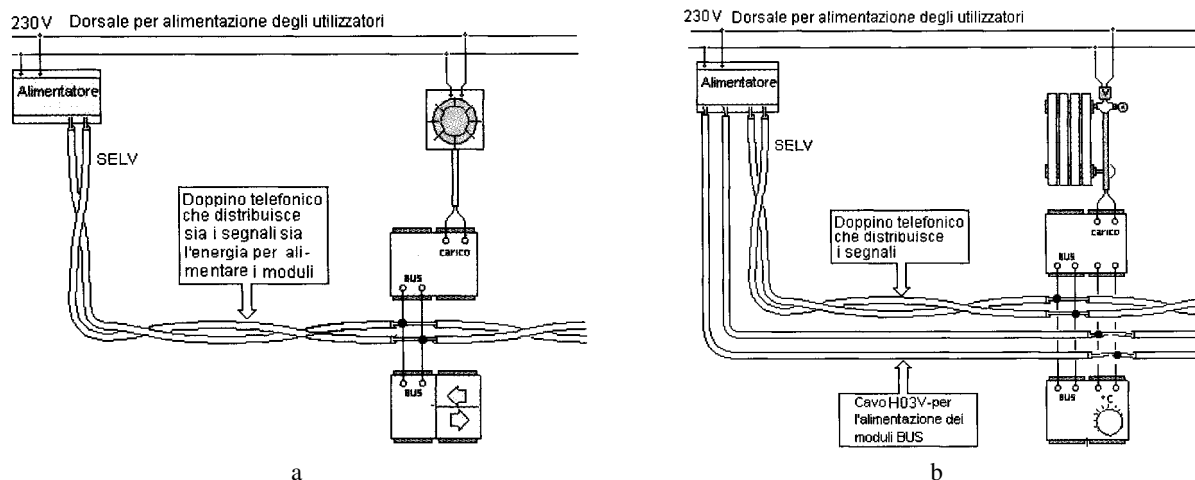


Fig. 7.69 - Collegamenti di un sistema BUS: a) Tipo a 2 conduttori - b) Tipo a 4 conduttori.

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. 7.70a-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. 7.70b).

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.

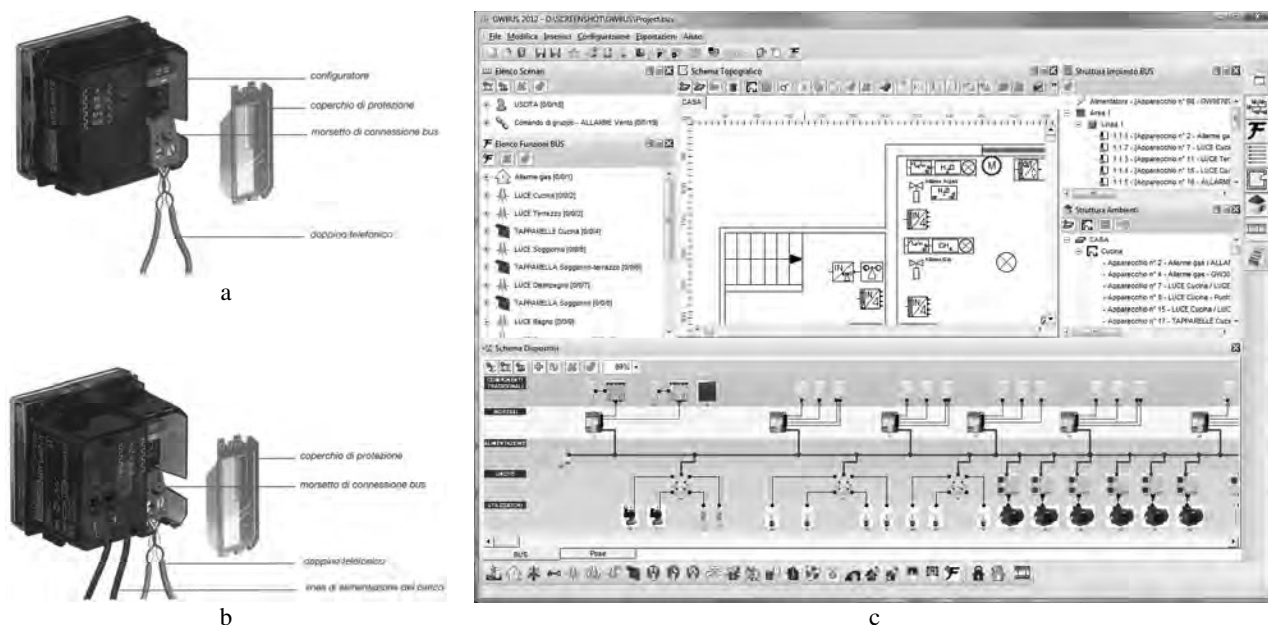


Fig. 7.70 - a) Esempio di indirizzamento BUS SCS mediante configuratore meccanico di un comando (biforcuto) - b) Esempio di indirizzamento BUS SCS mediante configuratore meccanico di un attuatore (biforcuto) - c) Esempio di software (GWBUS) che permette di prevenire e progettare sistemi BUS con la possibilità di definire la planimetria e lo schema di collegamento dei dispositivi (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. 7.71, si possono distinguere varie tipologie di funzioni; tra queste ne segnaliamo alcune di seguito.

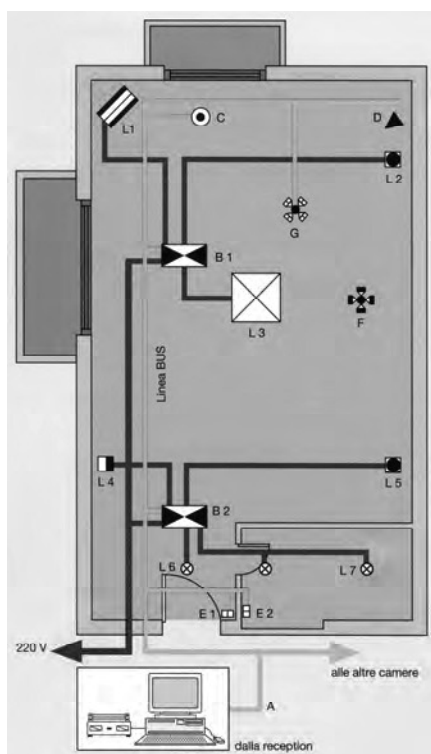
- La **personalizzazione**, ossia accensione, lo spegnimento e la regolazione degli apparecchi di illuminazione effettuati tramite telecomandi a raggi infrarossi (portatili o applicati alla parete) e pulsanti da incasso. Dopo aver acceso gli apparecchi di illuminazione da una stazione centralizzata è 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. 7.71 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. 7.72, 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. 7.72 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.

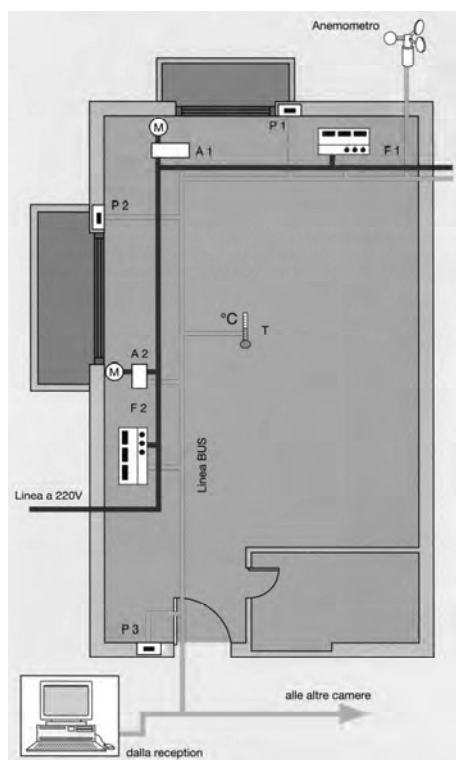
- Centralina di comando del sistema (per esempio, un PC, un pannello touch screen) per tutte le funzioni automatiche e di supervisione.
- Attuatori periferici per l'attuazione di tutti i comandi automatici o manuali: B1 controlla L1, L2, L3; B2 controlla L4, L5, L6, L7.
- Interruttore fotoelettrico per 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. 7.71 - 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. 7.72 - 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. 7.73, 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.

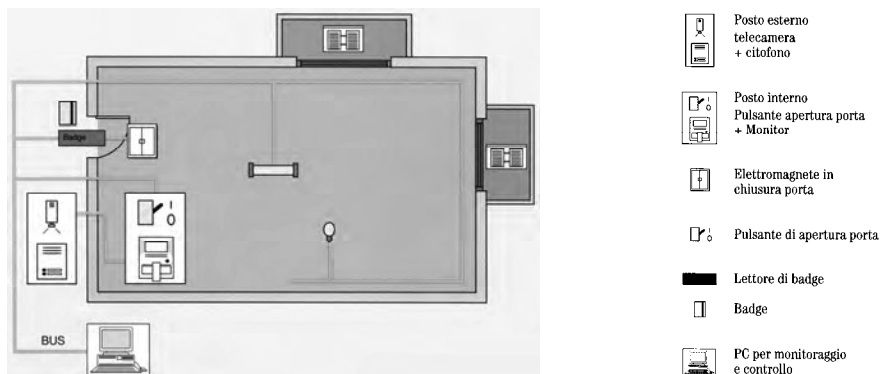


Fig. 7.73 - Impianto di controllo accessi.

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. 7.73 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.

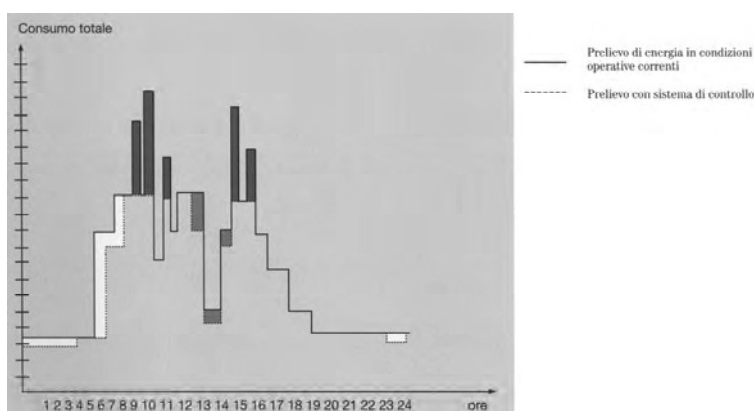


Fig. 7.74 - Consumo dell'energia elettrica nell'arco delle 24 ore.

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. 7.74 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 dalle 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. 7.75 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).

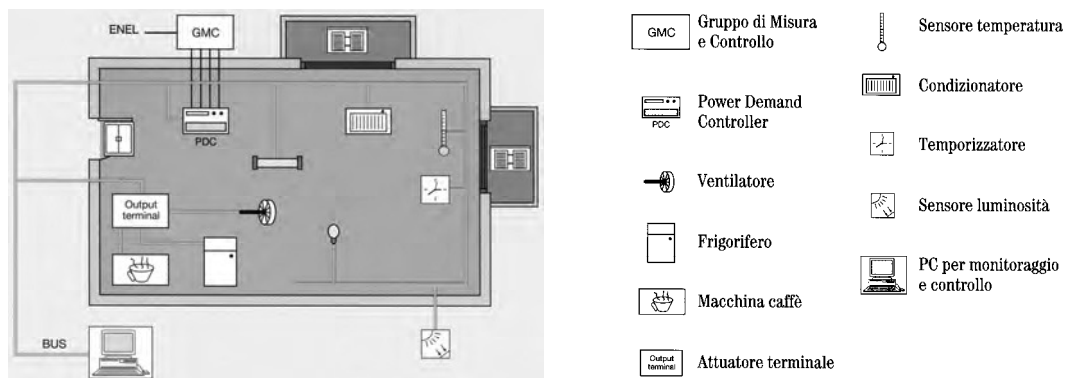


Fig. 7.75 - Impianto per la gestione di carichi elettrici.

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. 7.76, 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 apertu-

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.

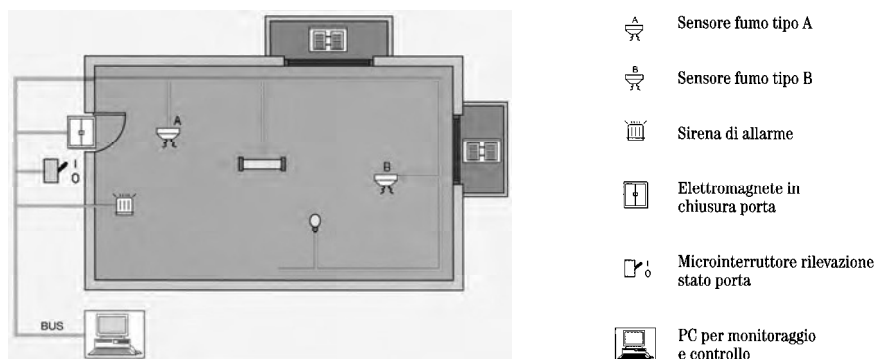


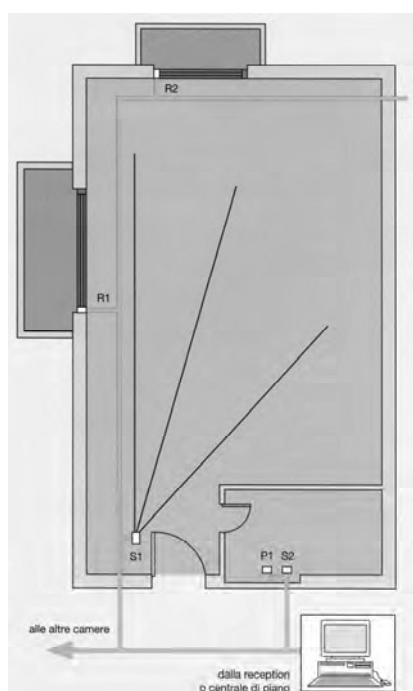
Fig. 7.76 - Impianto antincendio e antipanico.

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. 7.77 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. 7.77 - 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.

7.36 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 fonia 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. 7.78.

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.

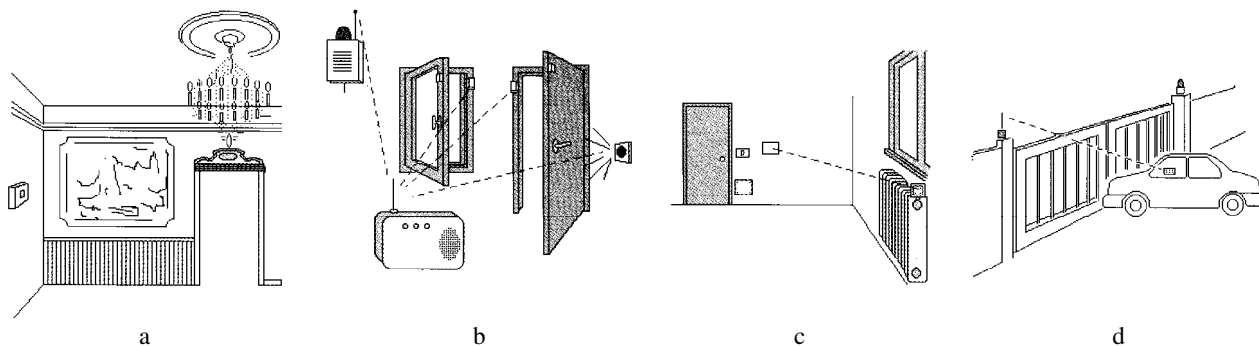


Fig. 7.78 - Principali applicazioni dei comandi wireless: a) Luoghi nei quali è impossibile installare cavi - b) Impianti antintrusione - c) Gestione riscaldamento e condizionamento - d) Chiavi elettroniche per cancelli motorizzati.

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. 7.79a, 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. 7.79b.

Nella fig. 7.79c 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.

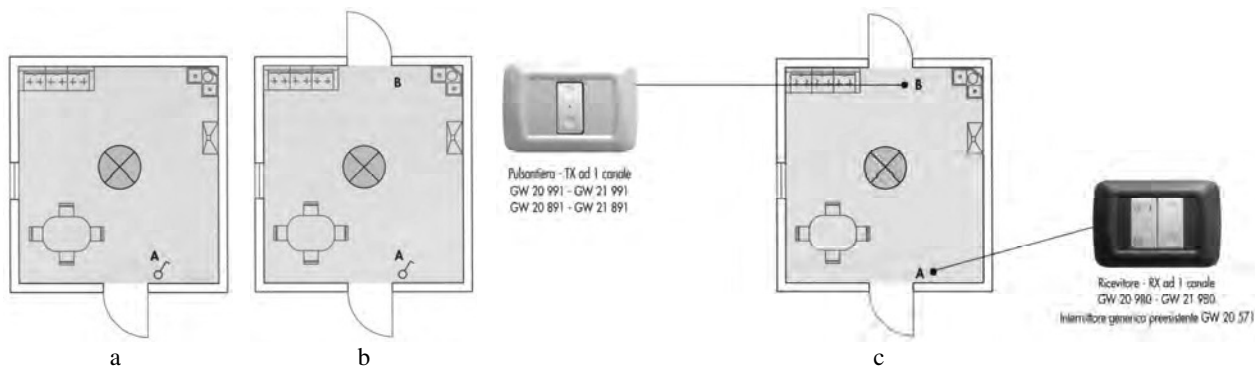


Fig. 7.79 - Esempio di applicazione: aggiunta di un punto di comando.

Esempio 2. Nel locale indicato nella fig. 7.80a, 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. 7.80b 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.

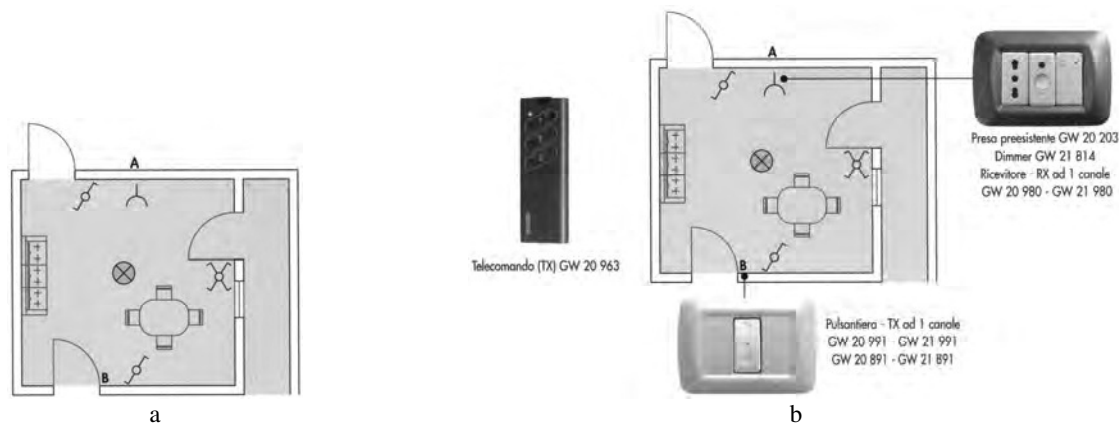


Fig. 7.80 - Esempio di applicazione: creazione di un punto presa comandato.

Esempio 3. I locali mostrati in fig. 7.81a 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. 7.81b 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.

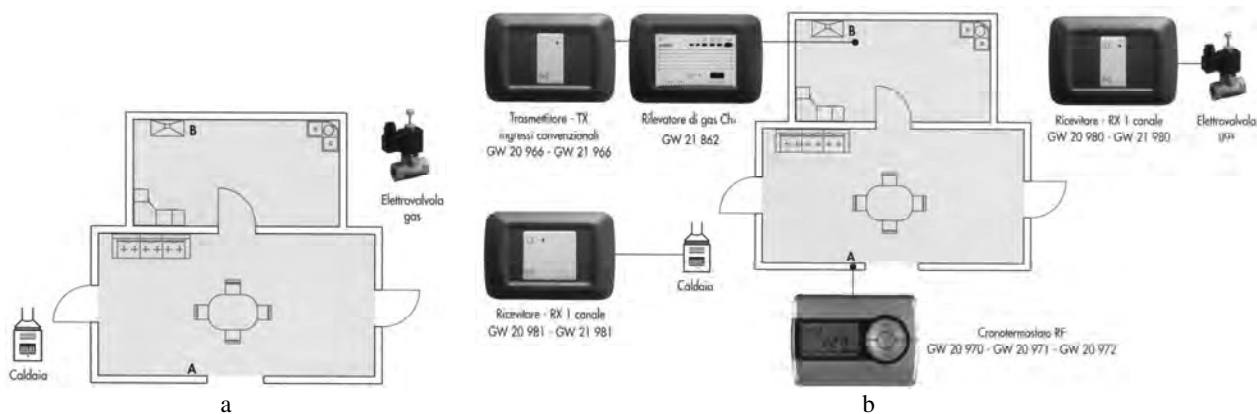


Fig. 7.81 - Esempio di applicazione: aggiunta del cronotermostato e del rivelatore di gas.

Esempio 4. Nel locale mostrato nella fig. 7.82a 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. 7.82b 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 cassonetto 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.

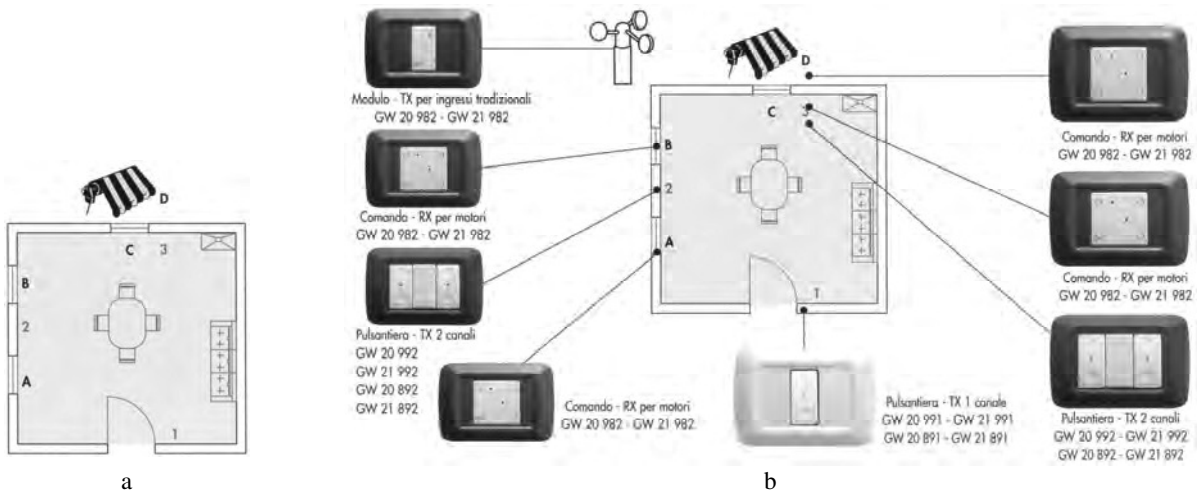


Fig. 7.82 - Esempio di applicazione: gestione centralizzata tapparelle e tende motorizzate.

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. 7.83a.

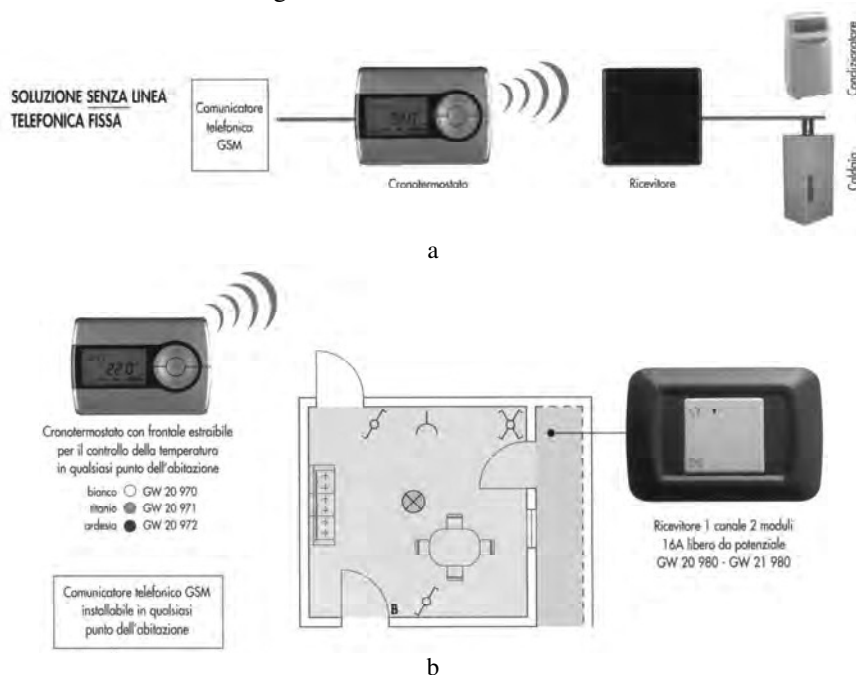


Fig. 7.83 - Esempio di applicazione: attivazione riscaldamento/condizionamento via telefono GSM.

Nella fig. 7.83b 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.

7.37 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.

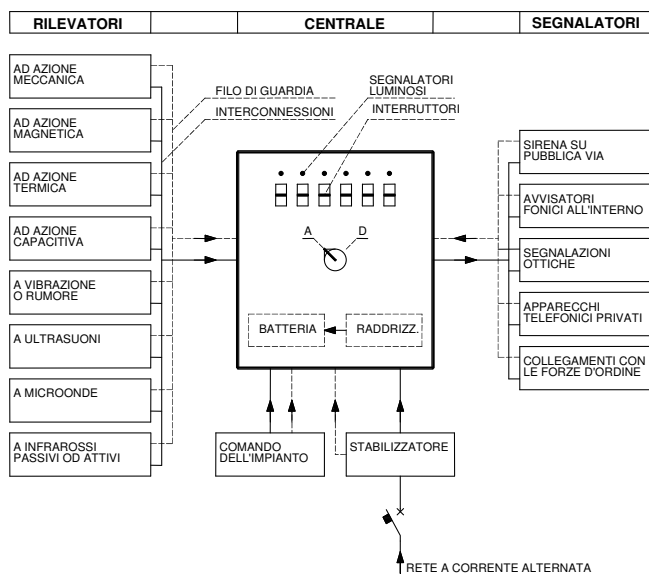
Questa normativa suddivide gli apparecchi e gli impianti antintrusione in tre livelli di prestazioni, in base alle loro caratteristiche ed in base alla severità delle prove superate.

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.



a



b

Fig. 7.84 - 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 $I_{dn} > 30$ 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. 7.84a).

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. 7.85 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. 7.51 e tab. 7.52) 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. 7.51 - 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. 7.52 - Classificazione dei rivelatori in base alla operatività.

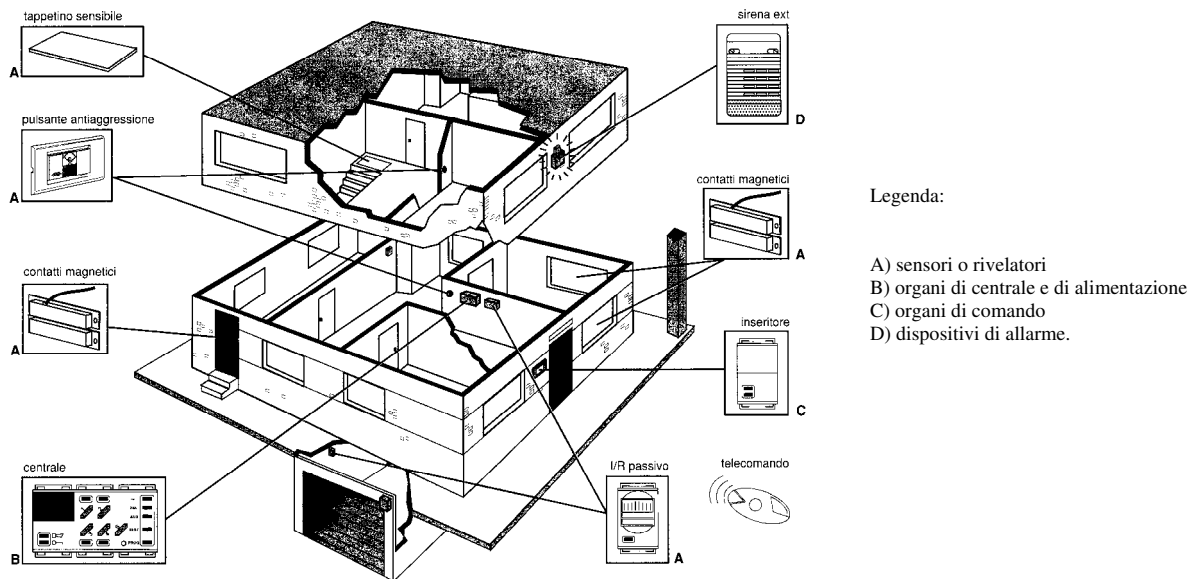


Fig. 7.85 - Esempio di un impianto antintrusione.

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 (pireoelettrico).

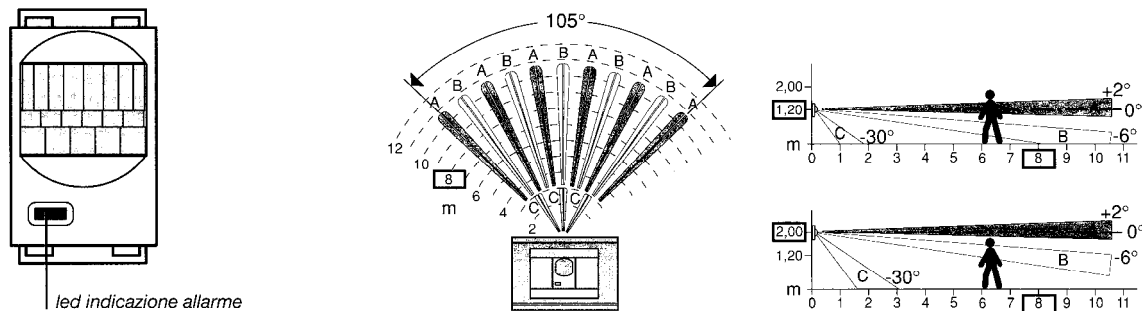


Fig. 7.86 - Rivelatore volumetrico a raggi infrarossi (IR) passivi con relativo diagramma di copertura; la forma del volume entro il quale viene rilevato il movimento è determinato dal sistema ottico utilizzato (lente di Fresnel). In questo caso, è suddiviso in 14 fasci ripartiti su tre piani (come è visibile nella figura). Il rivelatore dà la possibilità di scegliere il funzionamento istantaneo o ritardato (bticino).

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.

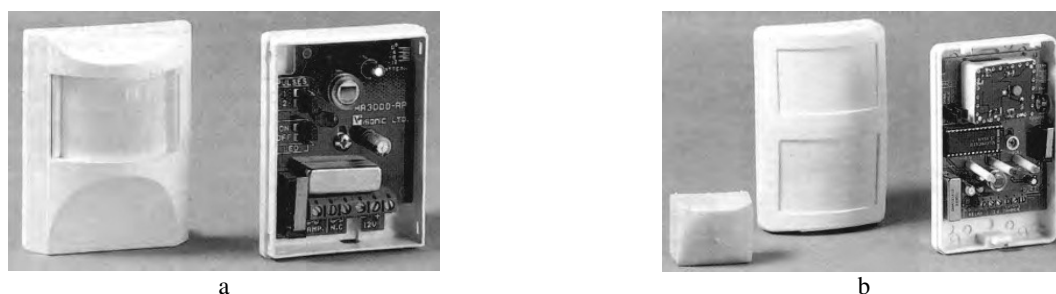


Fig. 7.87 - Rivelatori volumetrici: a) Infrarossi passivi - b) Doppia tecnologia a infrarossi e microonde.

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.

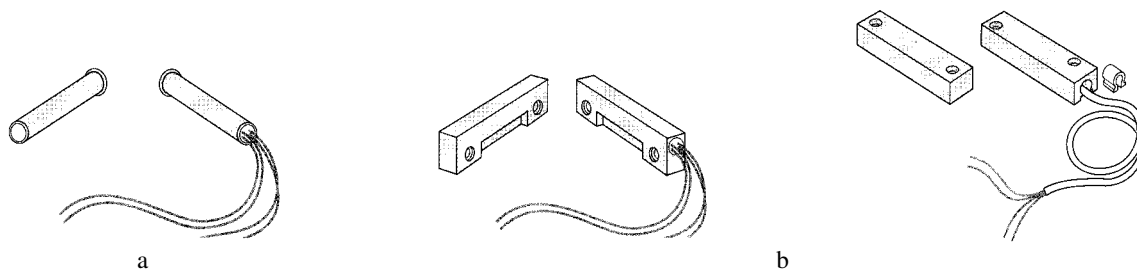


Fig. 7.88 - Tipi di sensori magnetici: a) Cilindrici - b) Rettangolari.

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.

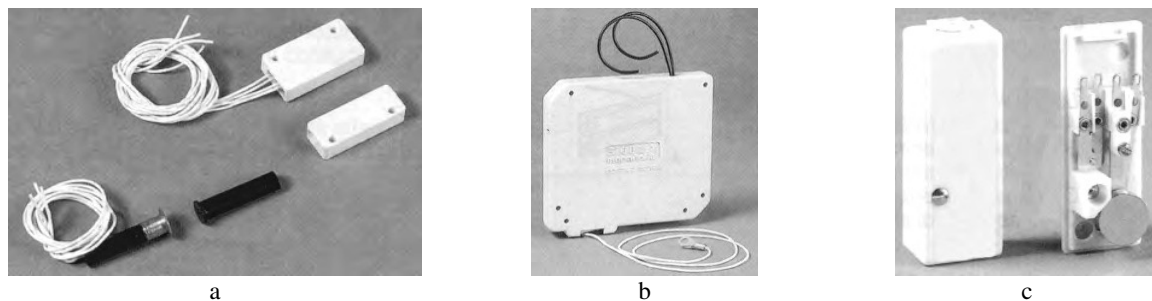


Fig. 7.89 - Rivelatori perimetrali: a) contatti magnetici - b) contatti ad asta o a filo - c) contatti a vibrazione.

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.

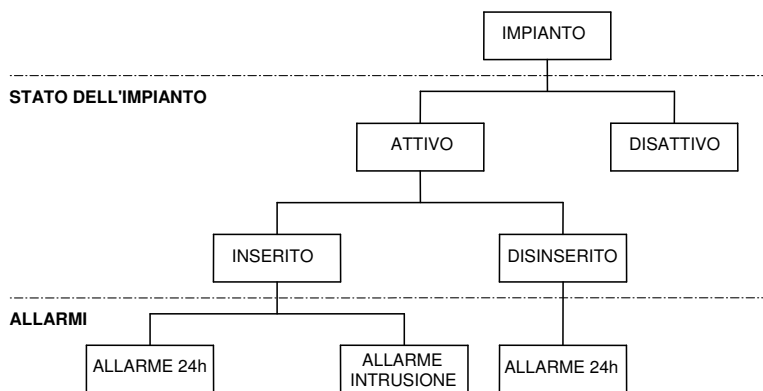
Sistemi più recenti consentono una maggiore protezione, come, per esempio, i sensori a variazione di capacità che sono in grado di rivelare la presenza di persone vicino all'oggetto protetto (casseforti e quadri) ancora prima che l'oggetto venga toccato.

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. 7.90 - Stati operativi di un impianto antintrusione.

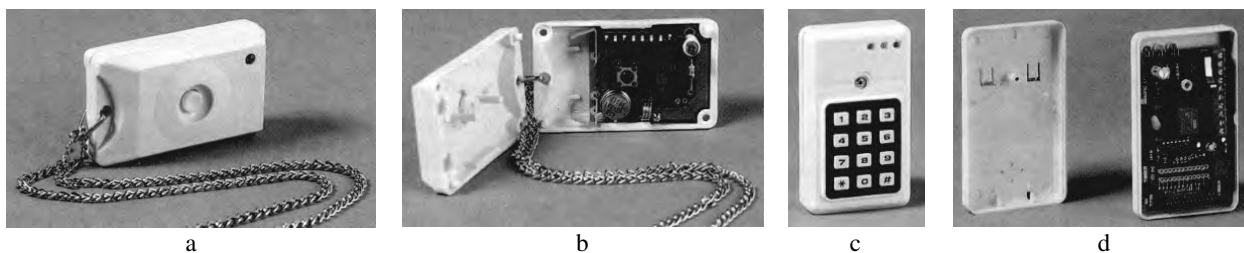


Fig. 7.91 - a) - b) Esempi di telecomandi portatili - c) - d) Esempi di tastiere numeriche o alfabetiche.

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.

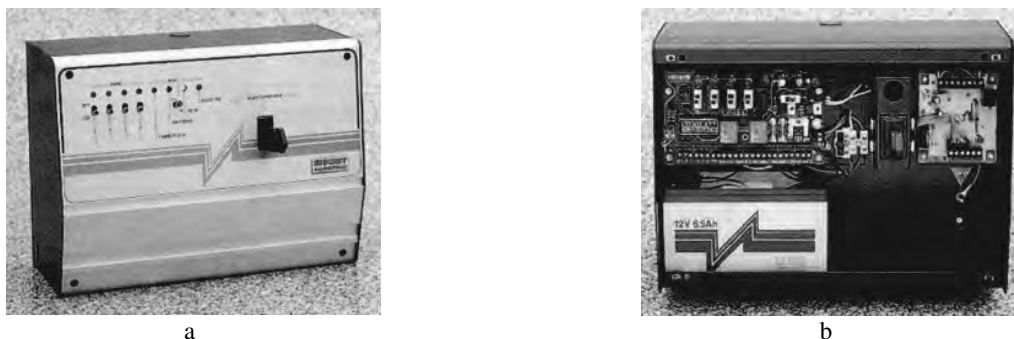


Fig. 7.92 - Esempio di centrale: a) Vista esterna - b) Vista interna.

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.

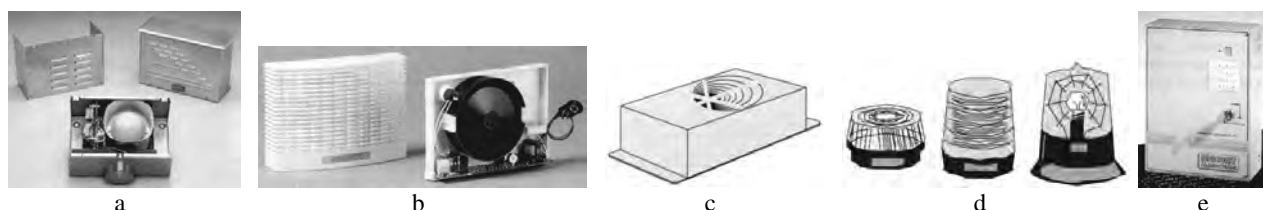


Fig. 7.93 - Dispositivi di allarme: a) Sirena per esterno - b) Sirena per interno - c) Sirena supplementare - d) Lampeggiatori - e) Combinatore telefonico.

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.

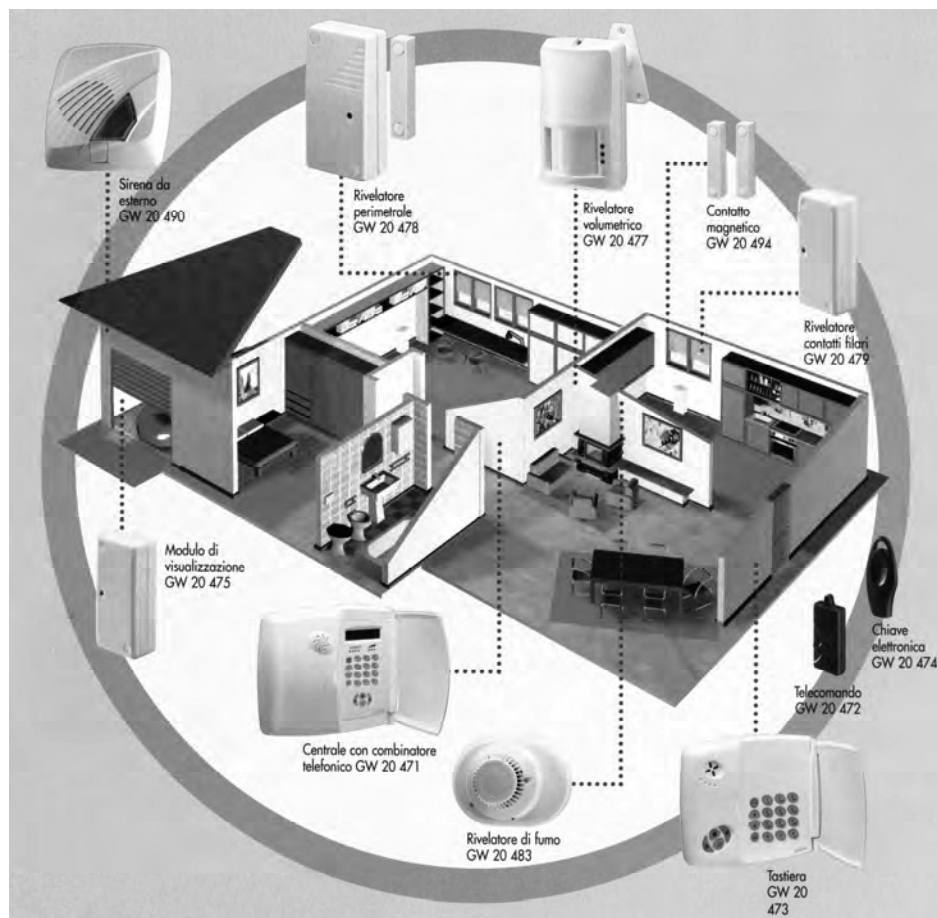


Fig. 7.94 - Esempio di impianto antintrusione con l'interconnessione degli apparecchi senza fili.

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 ricetrasmettenti 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 mm².

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 mm²). 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 fig. 7.95, 7.96 e 7.97 vengono riportate alcune semplici indicazioni e consigli installativi, relativi ai più diffusi rivelatori.

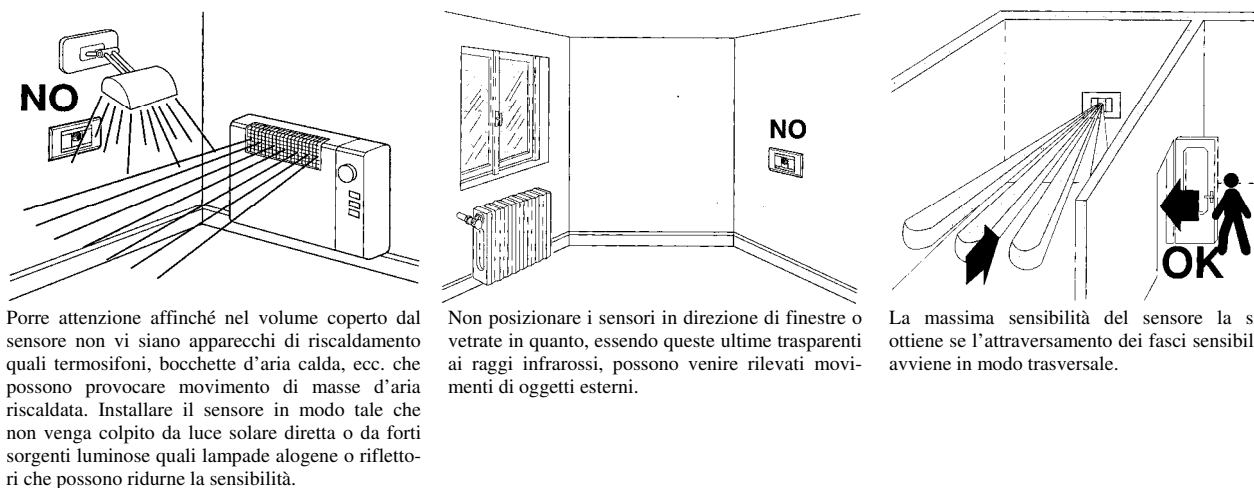
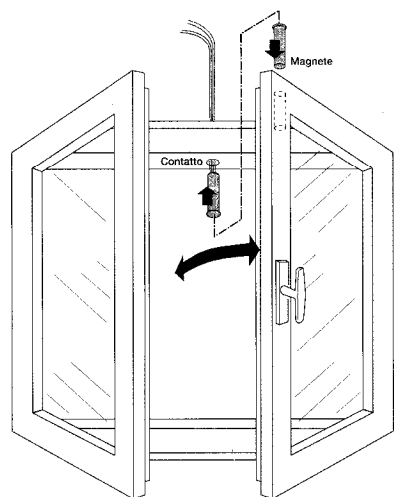


Fig. 7.95 - Installazione dei sensori a raggi infrarossi passivi.



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. 7.96 - 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. 7.97 - 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.

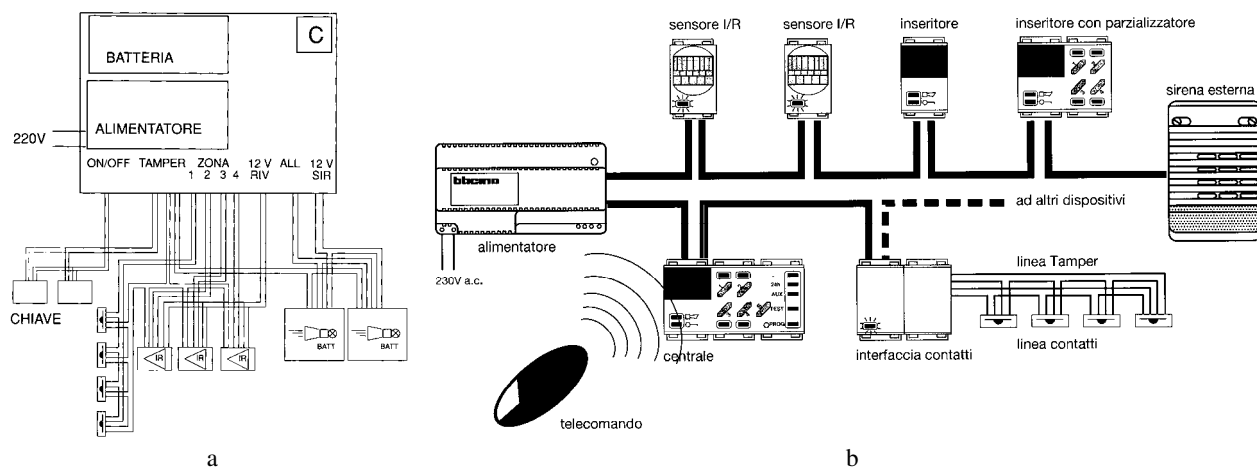


Fig. 7.98 - a) Collegamenti in un impianto antintrusione di tipo tradizionale. Utilizzando questa soluzione ogni apparecchio viene collegato alla centrale con cavi a 4, 6 o 8 conduttori. Tutti questi conduttori raggiungono la centrale dove vengono realizzate le connessioni con la morsettieria. Questa 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.

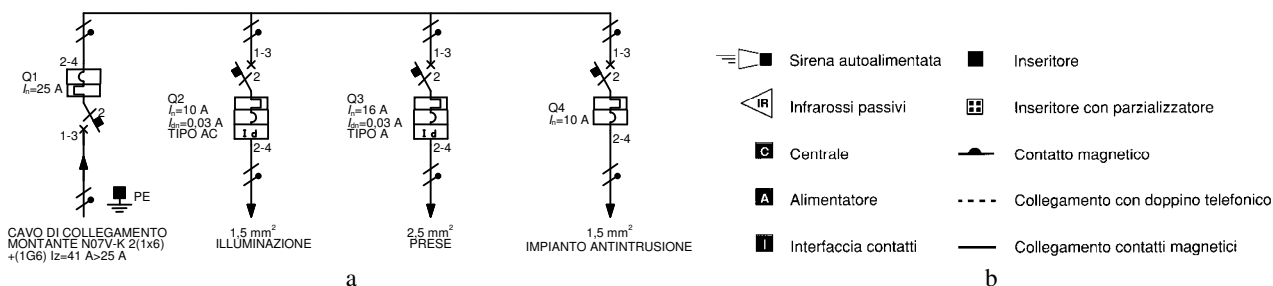


Fig. 7.99 - a) Per evitare interruzioni di alimentazione dell'impianto antintrusione in caso di intervento dell'interruttore differenziale, è consigliabile collegare l'alimentatore senza protezione differenziale. Il collegamento è consentito in quanto tutto il sistema è alimentato in bassissima tensione 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. 7.100a, 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.

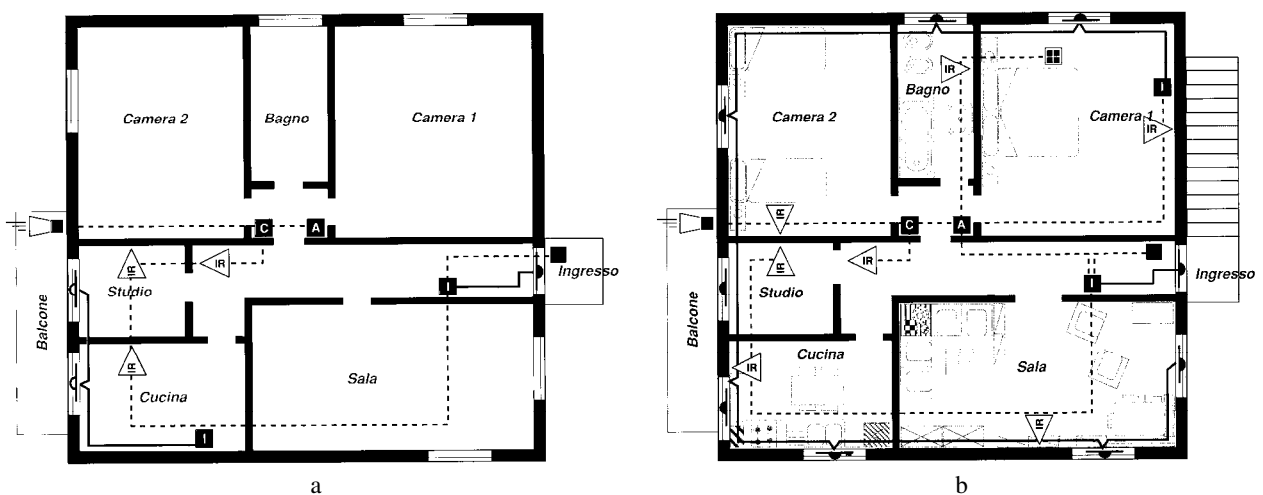


Fig. 7.100 - a) Esempio di impianto antintrusione per un appartamento situato al secondo piano di un condominio con un balcone avente un parapetto di protezione continuo nella verticale di un lato - b) Esempio di impianto antintrusione per un appartamento situato al piano terra di un condominio con un 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. 7.100b, 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. 7.101, 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.

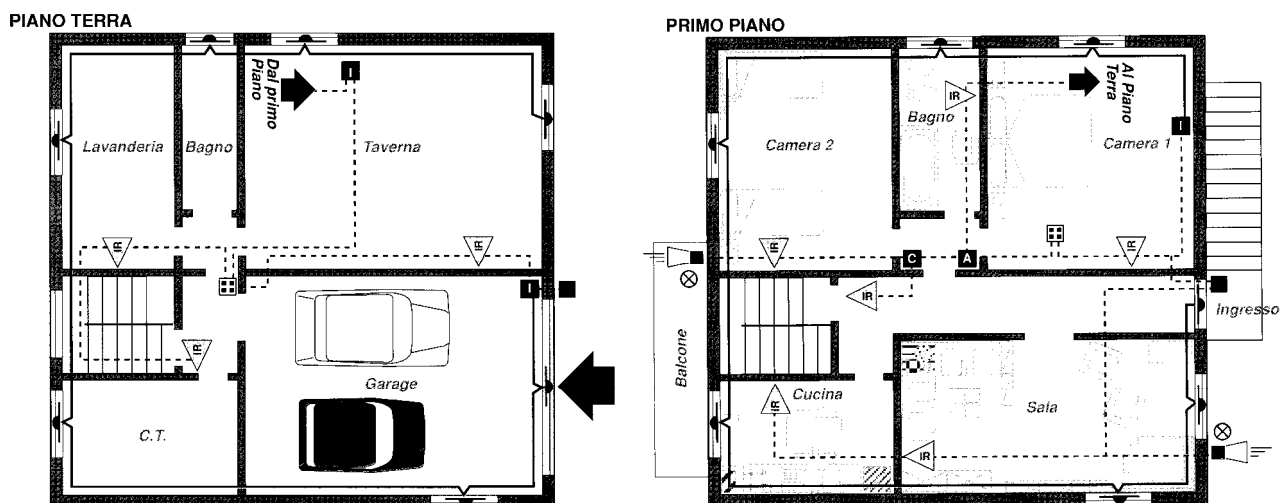


Fig. 7.101 - Esempio di impianto antintrusione per una villa di medie dimensioni disposta su due piani e dotata di un ingresso carraio ed un ingresso di servizio al piano terra.

Nel quarto ed ultimo esempio, mostrato nella fig. 7.102, 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.

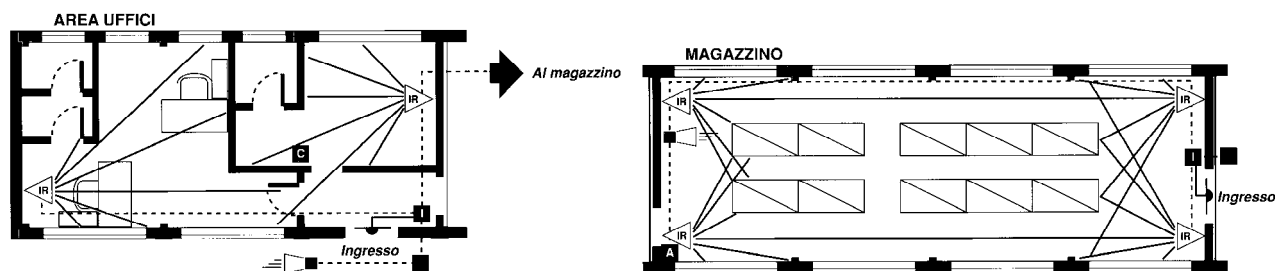


Fig. 7.102 - Esempio di impianto antintrusione per un'unità immobiliare adibita ad uso ufficio, laboratorio e magazzino, situata al piano terra.

7.38 Abbattimento delle barriere architettoniche

Sempre più spesso il progettista e l'installatore elettrico sono chiamati ad affrontare e risolvere casi di impianti elettrici per abitazioni, uffici, locali pubblici, ecc. dove è prevista per legge la completa fruibilità anche da parte dei disabili.

Dal punto di vista elettrico, scopo delle leggi e dei decreti vigenti è di ridurre al massimo le barriere funzionali che limitano o impediscono le possibilità dei portatori di handicap di interagire facilmente con l'impianto elettrico in condizioni di sicurezza adeguate alla loro probabile maggiore vulnerabilità ai rischi elettrici.

Per barriera architettonica la legge intende:

- ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque e, in particolare, di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- ostacoli che limitano o impediscono a chiunque la comoda e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti;
- mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettono l'orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque e, in particolare, per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi.

Il DM n. 236, che si occupa di queste problematiche, si applica:

- agli edifici privati di nuova costruzione, residenziali e non, ivi compresi quelli di edilizia residenziale convenzionata; agli edifici di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata ed agevolata, di nuova costruzione;
- alla ristrutturazione degli edifici privati di cui ai precedenti punti, anche se preesistenti all'entrata in vigore del decreto in questione;
- agli spazi esterni di pertinenza degli edifici di cui ai punti precedenti.

Il DM n. 236, in pratica, impone che i componenti degli impianti elettrici di energia e di segnalazione/allarme siano collocati in maniera da essere facilmente individuabili ed utilizzabili, anche in condizioni di scarsa visibilità, nonché protetti dal danneggiamento (urti).

Per realizzare un impianto elettrico in relazione all'abbattimento delle barriere architettoniche, bisogna in particolare rispondere alle seguenti esigenze:

- rendere più facile la localizzazione e l'azionamento dei dispositivi di comando, come gli interruttori, i deviatori, i pulsanti, ecc.;
- rendere più facilmente percepibili le segnalazioni acustico-luminose, in particolare quando fanno parte di impianti di sicurezza (antintrusione e rivelazione incendio), e devono essere contemporaneamente presenti i segnalatori acustico e luminoso;

- dare alle persone totalmente impediti nei movimenti la possibilità di telecomandare le utenze o le segnalazioni essenziali alla sicurezza ed alla normale attività quotidiana;
- adottare particolari accorgimenti di sicurezza, in particolare nei locali in cui vi sono situazioni di maggior pericolo (rivelatori di incendio, gas ed acqua).

Di seguito, vengono riportate alcune indicazioni intese come aggiuntive rispetto a quelle dei normali impianti elettrici eseguiti secondo regole di buona tecnica.

Per le altezze d'installazione consigliate per ciascuna componente (DM n. 236/89), fare riferimento alle indicazioni riportate nella fig. 7.103a.

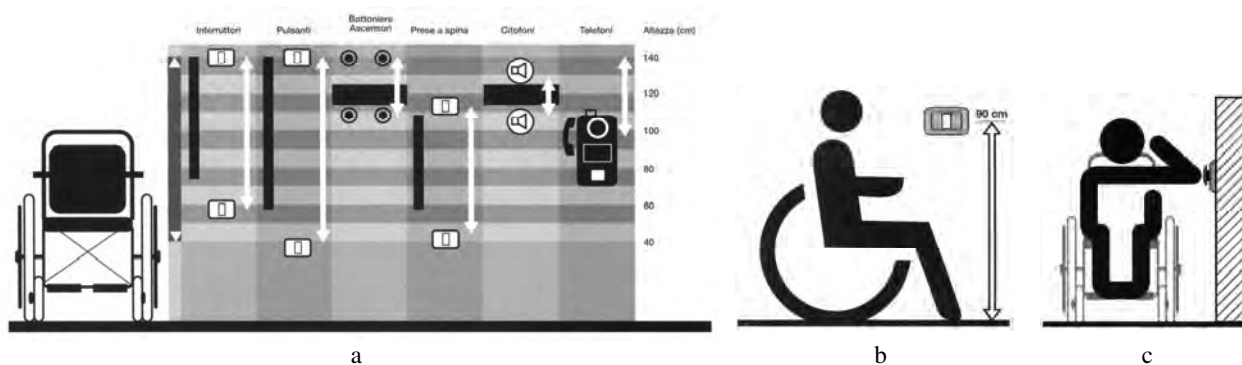


Fig. 7.103 - a) Altezza delle apparecchiature elettriche, i tratti scuri indicano le altezze ottimali secondo il DM n. 236/89 - b) Esempio di altezza di installazione - c) Esempio di azionamento di un pulsante a fungo grosso illuminabile senza dispositivo di blocco.

Per gli apparecchi di comando, si intende come altezza di installazione la distanza misurata in verticale all'asse del dispositivo di comando, al piano di calpestio (fig. 7.103b).

Nell'installare gli apparecchi, bisogna tenere conto della difficoltà di raggiungere frontalmente gli oggetti da parte di una persona costretta su una sedia a rotelle ed è quindi importante che gli apparecchi di comando possano essere raggiungibili anche di lato (fig. 7.103c).

Sempre per tener conto della ridotta mobilità del portatore di handicap, si consiglia di evitare l'utilizzo di organi di comando che richiedono la presa fra due dita e la rotazione dell'organo stesso.

Gli apparecchi devono essere facilmente individuabili e visibili anche in caso di scarsa visibilità, impiegando pulsanti fluorescenti o luminosi (fig. 7.104a) oppure indicatori luminosi posti nelle placche di finitura.

La commutazione deve essere facilmente avvertibile anche al tatto e non deve dar luogo ad incertezze si consiglia di installare modelli con bilanciere a superficie ampliata.

Gli apparecchi di comando installati al di sopra dei ripiani della cucina devono essere distanti non più di 55 cm dal bordo del ripiano e trovarsi ad una altezza di 90÷100 cm dal pavimento (fig. 7.104b).

Nei servizi igienici, deve essere installato un pulsante del tipo a tirante, con frutto installato ad un'altezza superiore ai 2,25 m e con il pomello di presa ad un'altezza di circa 70÷80 cm dal pavimento (fig. 7.104c).

Le indicazioni per l'installazione dei componenti fornite dalla legislazione, in particolare dal DM n. 236, concordano con le disposizioni della norma CEI 64-8 e della guida CEI 64-50 che indicano l'altezza minima delle apparecchiature con la sola eccezione dei locali da bagno, per i quali è necessaria l'installazione di un campanello di allarme in prossimità della vasca e della tazza (fig. 7.104d).

Le rampe di scale devono essere facilmente percepibili anche agli ipovedenti. È preferibile un'illuminazione naturale laterale; in caso contrario, si deve dotare la scala di un'illuminazione artificiale, anch'essa laterale, con comando individuabile al buio e disposto su ogni pianerottolo.

Si deve evitare l'utilizzo di relè a tempo che tolgono all'utente il controllo delle luci nel bel mezzo di una rampa; inoltre, si potrebbero illuminare i singoli gradini con sorgenti a griglia schermate (tipo segna passo nelle sale cinematografiche).

Si consiglia, dove possibile e, in particolare, nei corridoi e nelle zone di passaggio, l'installazione di sensori di presenza per il comando luci, al fine di agevolare la persona con ridotta capacità motoria.

Per i quadri elettrici, l'altezza di installazione deve essere compresa tra 100 e 140 cm (fig. 7.105a); si consiglia, inoltre, di installare all'interno del quadro elettrico dell'appartamento anche una lampada di emergenza supplementare, al fine di agevolare il riarmo dell'interruttore generale o di quello della linea luci in assenza dell'illuminazione ordinaria.

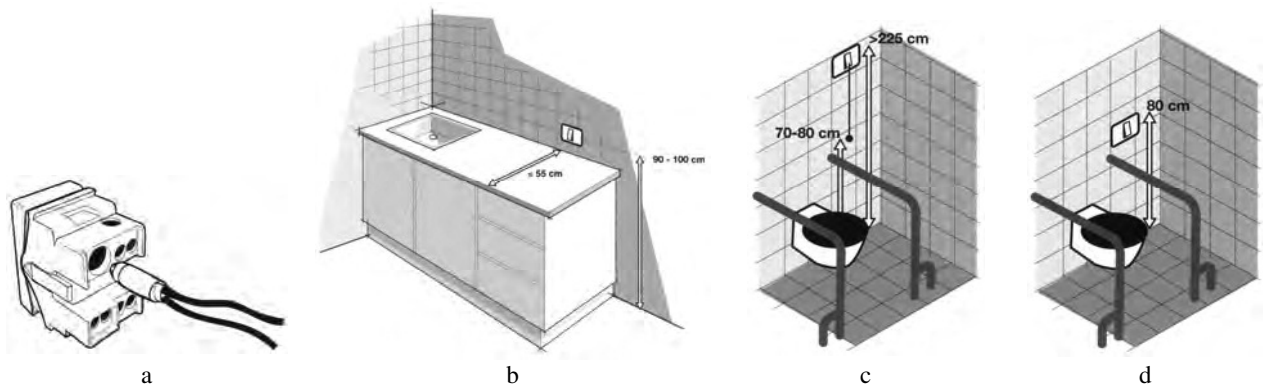


Fig. 7.104 - a) Interruttore con gemma illuminabile - b) Distanze di installazione degli apparecchi di comando al di sopra dei ripiani della cucina - c) Altezze di installazione del pulsante a tirante nei servizi igienici - d) Altezza di installazione di un pulsante in prossimità della tazza.

Le prese devono essere installate ad un'altezza compresa tra 45 e 115 cm. Il decreto consiglia come altezza quella compresa tra i 60 ed i 110 cm; va comunque tenuto conto che occorre evitare che la presa con la spina inserita possa essere urtata accidentalmente dalla ruota della sedia e, quindi, si raccomanda di non inserire l'apparecchio ad un'altezza inferiore ai 70 cm, come mostrato in fig. 7.105b.

Si consiglia, inoltre, l'utilizzo di supporti per apparecchi modulari con tre o più frutti (prese) al fine di evitare l'utilizzo di spine adattatrici multiple che potrebbero aumentare notevolmente gli ingombri e la sporgenza dal muro. I punti presa installati al di sopra dei ripiani della cucina devono essere distanti non più di 55 cm dal bordo del ripiano e trovarsi ad un'altezza di 90÷100 cm dal pavimento (fig. 7.105c).

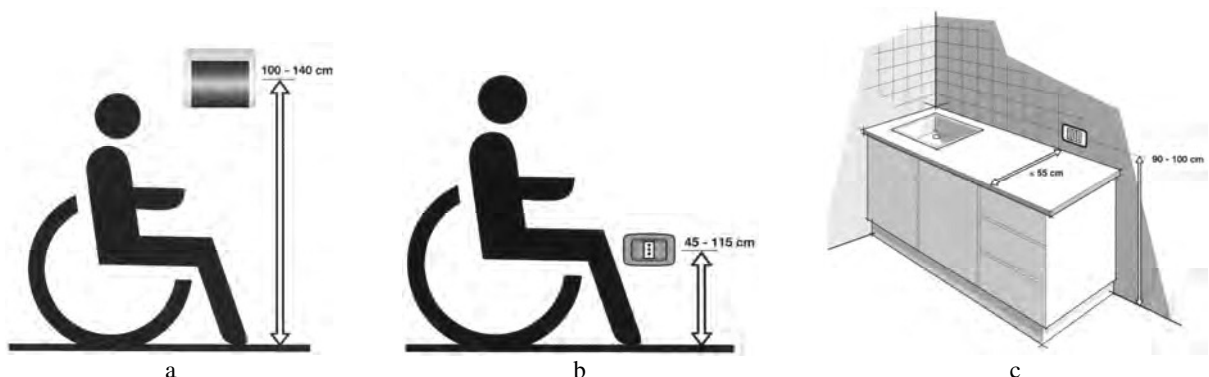


Fig. 7.105 - a) Altezza di installazione del quadro elettrico di un appartamento - b) Altezza di installazione delle prese - c) Distanze di installazione delle prese sopra i ripiani della cucina.

Tutti gli apparecchi elettrici di segnalazione devono essere posti nei vari locali in posizione tale da consentire l'immediata percezione visiva ed acustica.

In particolare, quelli facenti parte dei sistemi di sicurezza e/o allarme devono essere installati anche nei locali di abituale soggiorno e sdoppiati in altre stanze qualora l'allarme principale non sia direttamente percepibile in tutti i locali. Si consiglia di ritardare lo spegnimento del segnalatore acustico nel caso in cui la chiamata provenga dal bagno, al fine di favorirne la percezione, e di installare anche una segnalazione ottica esterna al locale con tacitazione dal luogo di chiamata.

È bene differenziare la tonalità della chiamata dalla porta da quella del cancello o da altri eventuali punti di chiamata. Le segnalazioni ottiche devono essere poste ad un'altezza compresa tra 2,5 e 3 m dal pavimento e, comunque, sempre in un punto ben visibile (fig. 7.106a e fig. 7.106b). Per gli apparecchi di regolazione, tipo i termostati, si consiglia come altezza quella compresa tra 80 e 130 cm (fig. 7.106c).

Per la posizione, vale quanto detto in precedenza, cioè si deve poter garantire la loro raggiungibilità di lato, al fine di favorire chi è costretto su una sedia a rotelle, come mostrato nella fig. 7.106d.

Per i telefoni a parete, si definisce come altezza di installazione la distanza misurata in verticale sino al piano di calpestio dell'elemento da raggiungere, posto più in alto, per consentirne l'utilizzo.

La parte più alta da raggiungere del telefono (compresi quelli a gettone o schede) deve essere compresa tra 100 e 140 cm; si raccomanda un'altezza non superiore a 120 cm (fig. 7.107a).



Fig. 7.106 - a) Altezza di installazione degli apparecchi di segnalazione - b) Cornice rialzata per scatola da incasso rettangolare - c) Altezza di installazione degli apparecchi di regolazione - d) Posizione di installazione degli apparecchi di regolazione.

Per quel che riguarda le prese della spina dei telefoni, vale quanto detto per le prese elettriche. Al fine di favorire gli utenti con difetti di udito, si consiglia di abbinare all'apparecchio telefonico una spia luminosa in parallelo all'avvisatore acustico.

Per altezza del citofono, si intende la distanza misurata in verticale dall'asse dell'elemento grigliato microfonico, ovvero dal lembo superiore della cornetta mobile, al piano di calpestio.

All'interno dello stabile, si deve evitare di installare la postazione citofonica, comprensiva di pulsanti di apertura porte e cancelli, in punti inaccessibili alla sedia a rotelle; l'altezza ottimale di installazione è 100 cm (fig. 7.107b).

All'esterno la postazione citofonica deve essere ad un'altezza il più possibile prossima a quella del viso della persona seduta sulla sedia a rotelle; la misura ideale è compresa tra 115 e 125 cm. Le targhette indicatrici dei nomi, in corrispondenza dei pulsanti di chiamata, devono essere sufficientemente illuminate, con un contrasto fra caratteri e sfondo tale che il testo sia leggibile anche di notte.

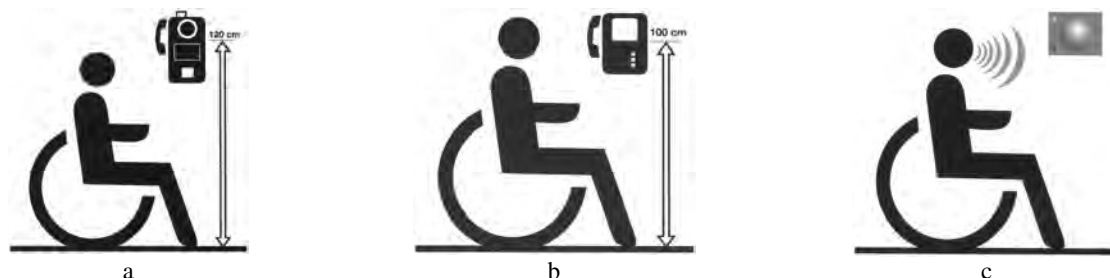


Fig. 7.107 - a) Altezza di installazione degli apparecchi telefonici a parete - b) Altezza di installazione degli apparecchi citofonici - c) Esempio di installazione di un dispositivo viva-voce.

Al fine di agevolare le persone prive di capacità motoria autonoma, si consiglia l'utilizzo di un sistema di comando a distanza, tipo i trasmettitori radio, con i quali attivare i seguenti ricevitori: relè per il comando di un segnalatore acustico-luminoso, relè per l'accensione e lo spegnimento di punti luce, relè per il comando di un apriporta elettrico per fuga in caso di emergenza, combinatore telefonico per attuare il telesoccorso.

Tra i combinatori telefonici, è possibile installare anche i combinatori cellulari bidirezionali che, oltre a permettere il controllo carichi da telefono remoto (semplicemente chiamando il combinatore), offrono la funzione viva-voce, cioè la possibilità di comunicare in modo bidirezionale con la persona portatrice di handicap in caso di emergenza (fig. 7.107c).

L'illuminazione di sicurezza deve permettere l'evacuazione in sicurezza dei locali anche al mancare della normale illuminazione, consentendo l'individuazione dei percorsi, compresi gli eventuali ingombri, i cambi di direzione, i dislivelli e i varchi d'uscita. Inoltre, deve essere illuminata la segnaletica di sicurezza, caratterizzata da un fondo verde con simboli e scritte in bianco.

Per i livelli minimi di illuminamento, fare riferimento alle norme specifiche relative al tipo di impianto e luogo.

Al fine di garantire un'illuminazione di emergenza in caso di black-out o in caso di intervento dei dispositivi di protezione, deve essere installata una luce di emergenza estraibile in un locale posto preferibilmente in posizione centrale, diverso da quelli in cui è prevista l'illuminazione di emergenza.

Tale luce deve essere componibile con le apparecchiature della serie da incasso, essere estraibile, con possibilità di blocco, avere un LED luminoso verde per la segnalazione di "pronto emergenza" e avere una superficie luminosa minima di 45x50 mm (fig. 7.108a).

Le ridotte capacità di autodifesa degli invalidi consigliano l'installazione di un sistema di rivelazione di fughe di gas atto a segnalare e ad intervenire in modo automatico in caso di pericolo. Il rivelatore deve segnalare l'allarme nella zona dove è installato tramite una segnalazione acustica incorporata e deve poter segnalare a distanza utilizzando altre suonerie. Inoltre, deve poter intervenire sull'elettrovalvola, tramite un relè, interrompendo la fuoriuscita di gas.

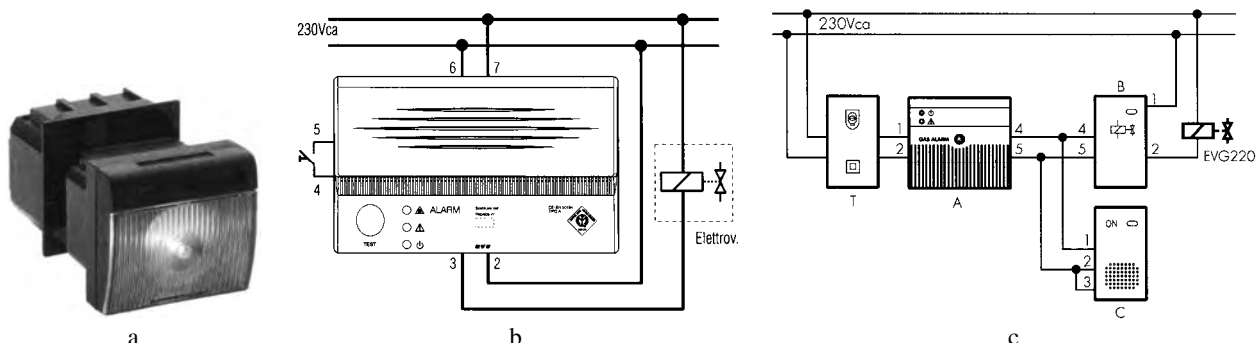


Fig. 7.108 - a) Lampada anti black-out estraibile portatile con batterie ricaricabili e sostituibili. La lampada può essere resa non estraibile fissandola con una vite in dotazione - b) Esempio di collegamento di un rivelatore GPL o di gas metano - c) Esempio di collegamento di un rivelatore GPL da incasso (AVE).

Si dovrebbe prevedere anche un sistema che, in caso di perdita d'acqua, intervenga sul circuito idraulico, chiudendo l'elettrovalvola e avvisando l'utente con un segnale ottico-acustico. Si consiglia, in caso di installazione di un combinatore telefonico, di poter inviare via telefono la segnalazione di rivelazione gas e di perdita d'acqua.

Per l'impianto antintrusione, è bene installare un sistema (a filo o radio/filo) a più zone di copertura con installati sia rivelatori volumetrici sia rivelatori perimetrali (permettendo così la protezione pur essendo presente all'interno la persona portatrice di handicap) e con abbinato un combinatore telefonico per inviare messaggi via telefono.

Nelle strutture pubbliche, dove c'è la necessità della supervisione e del controllo delle singole utenze elettriche e delle segnalazioni/allarmi, si consiglia l'installazione di impianti BUS.

La bottoniera di comando interna ed esterna deve avere i bottoni a una altezza massima compresa tra i 110 e i 140 cm (fig. 7.109a). La bottoniera interna deve essere posta su una parete laterale ad almeno 35 cm dalla porta della cabina, come mostrato nella fig. 7.109b.

All'interno della cabina, oltre al campanello di allarme, deve essere posto un citofono ad altezza compresa tra i 110 e i 130 cm ed una luce di emergenza con autonomia minima di 3 ore (fig. 7.109b). Inoltre, si deve prevedere la segnalazione sonora dell'arrivo al piano e, ove possibile, l'installazione di un sedile ribaltabile con ritorno automatico.

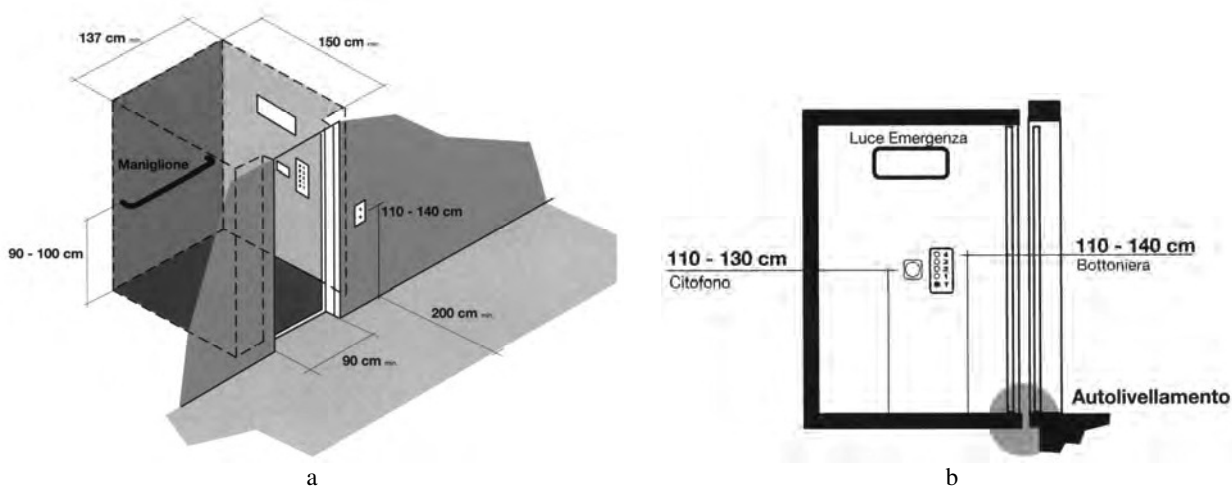


Fig. 7.109 - a) Altezza di una bottoniera esterna per ascensore - b) Altezze del citofono e della bottoniera interna di una cabina per ascensori.

7.39 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.

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 strumenti 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.

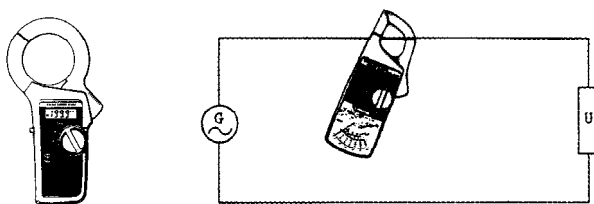


Fig. 7.110 - Pinza amperometrica e relativa inserzione per la misura della corrente assorbita da un utilizzatore monofase.

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 milliamper, 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. 7.111b.

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 milliamper.

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.

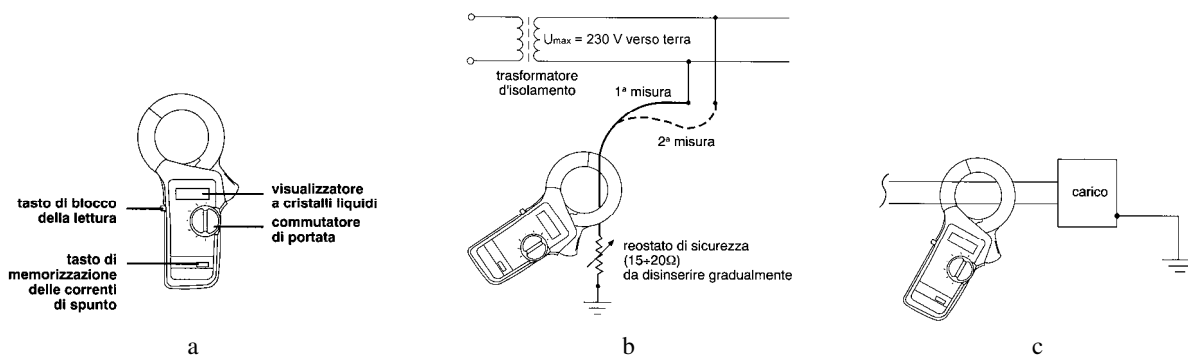


Fig. 7.111 - a) Caratteristiche di una pinza amperometrica digitale - b) Misura della corrente di primo guasto sul circuito secondario separato da un trasformatore di isolamento negli impianti elettrici adibiti ad uso medico - c) Inserzione per la misura delle correnti di dispersione su un carico monofase.

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 regolazione 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).

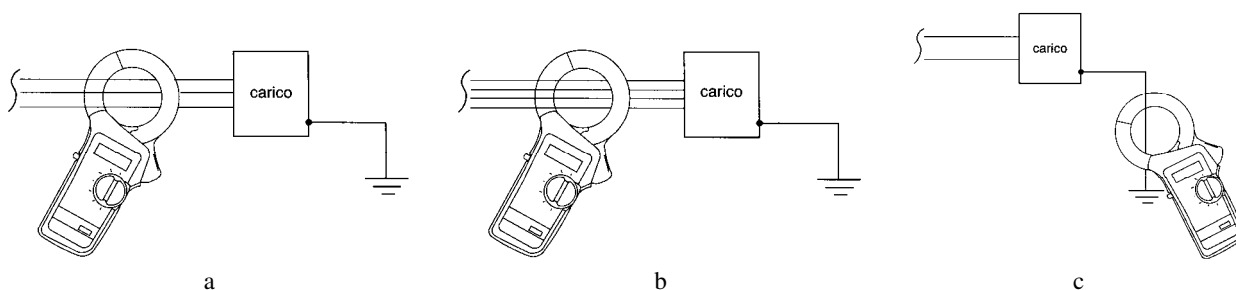


Fig. 7.112 - Inserzioni: a) Per la misura delle correnti di dispersione su un sistema trifase senza neutro distribuito - b) Per la misura delle correnti di dispersione su un sistema trifase con neutro distribuito - c) Per la misura delle correnti di drenaggio a terra.

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.

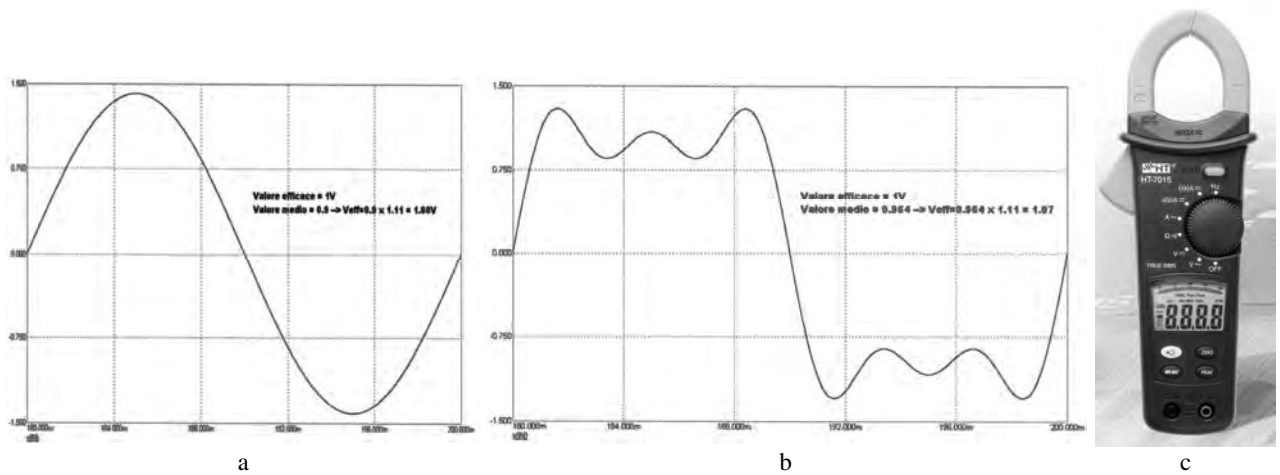


Fig. 7.113 - Forma d'onda sinusoidale su un carico lineare - b) Forma d'onda distorta su un carico non lineare - c) Esempio di pinza amperometrica digitale multifunzione per misure fino 600 A - AC/DC. Si noti la scritta TRMS a sinistra sopra il display e la scritta CAT III 600 V posta in alto a sinistra 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. 7.53.

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 sovratensioni, unità di regolazione dell'ondulazione.

Tab. 7.53 - 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.

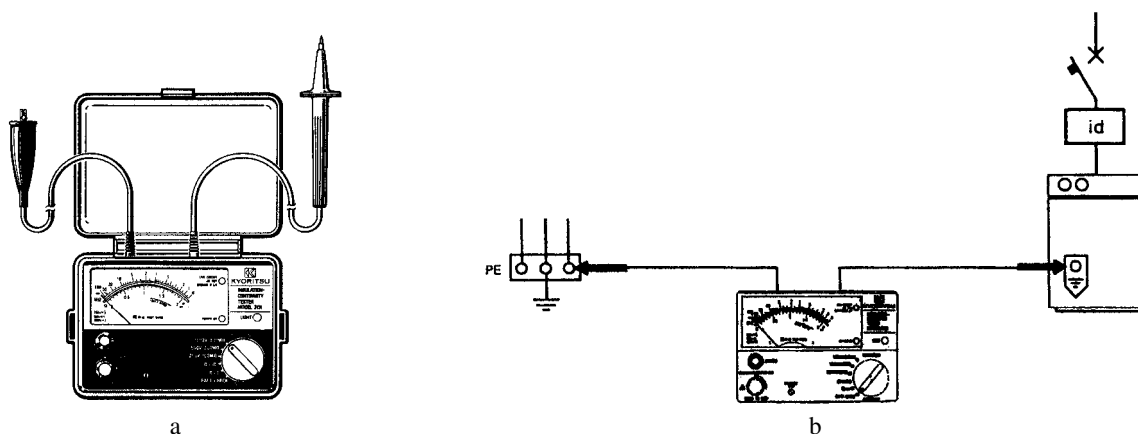


Fig. 7.114 - a) Strumento per le misure di isolamento e prove di continuità - b) Misura di continuità tra collettore di terra o nodo e massa di un apparecchio utilizzatore.

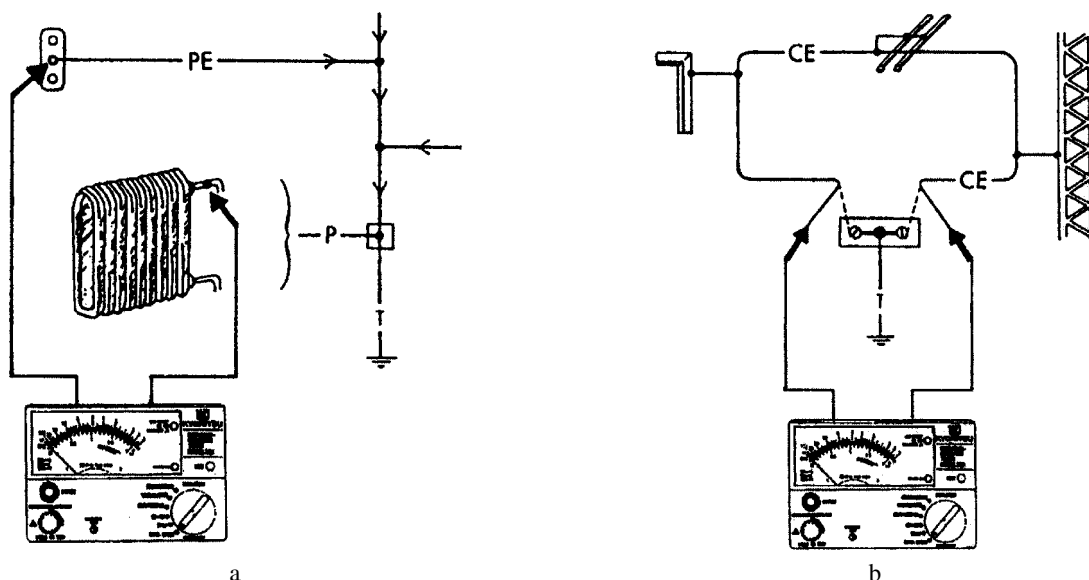


Fig. 7.115 - a) Misura di continuità tra alveolo centrale di una presa e massa estranea - b) Misura tra due estremità di un anello equipotenziale.

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. 7.114 e fig. 7.115 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 $5 I_{dn}$ 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.

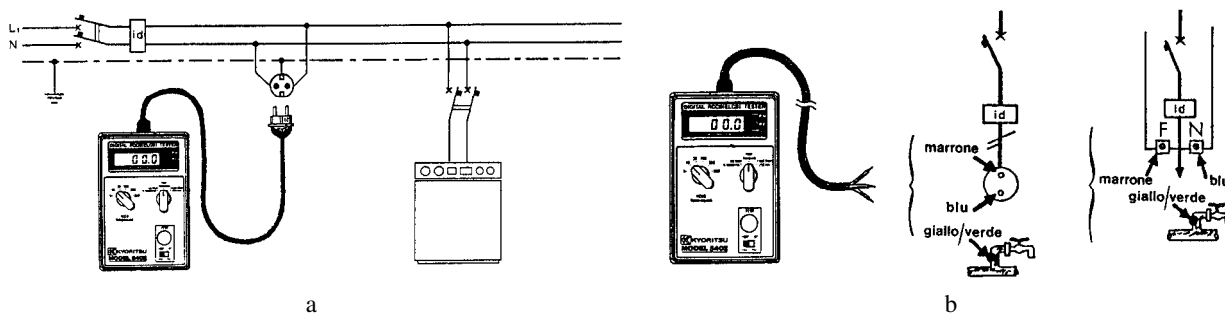


Fig. 7.116 - a) Modalità di collegamento dell'apparecchio prova differenziali ad una presa a spina - b) Collegamento su un impianto senza conduttore di protezione (PE) fra presa a spina e massa estranea e fra morsetti di un interruttore differenziale ed una massa estranea.

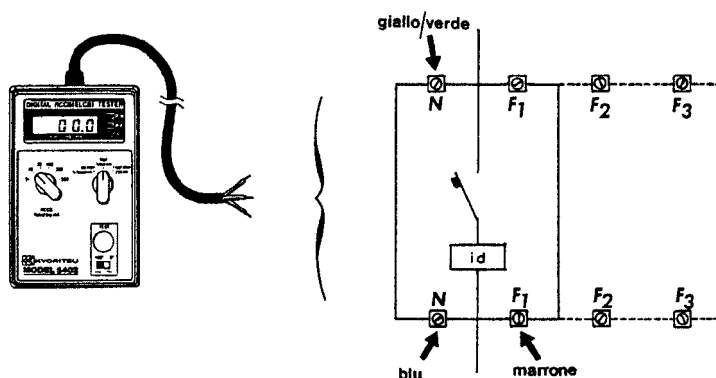


Fig. 7.117 - Collegamento diretto all'interruttore differenziale su un impianto con tensione 400/230 V.

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. 7.116 sono mostrati alcuni esempi di utilizzo di un 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. 7.118 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.

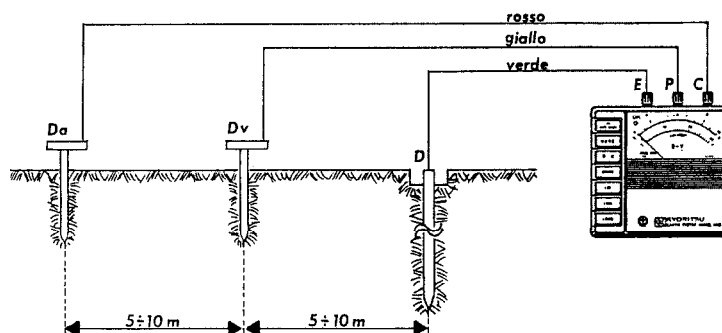


Fig. 7.118 - Modalità di collegamento di un misuratore di resistenza di terra.

Quando si eseguono misure su impianti molto estesi, il dispersore di corrente D_a 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. 7.119).

Per accertare l'attendibilità della misura e, quindi, l'indipendenza dell'impianto in verifica rispetto al dispersore ausiliario D_a , bisogna ripetere la misura spostando la sonda di tensione D_v prima di qualche metro verso l'impianto D in verifica (posizione D_{v1}) e, successivamente, di qualche metro verso il dispersore di corrente D_a (posizione D_{v2}), così da individuare se la zona dove è conficcato il dispersore di tensione D_v 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.

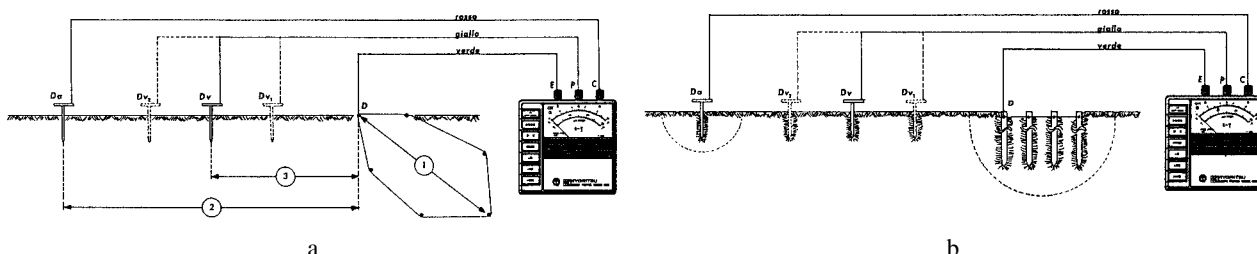


Fig. 7.119 - a) Collegamento diretto all'interruttore differenziale su un impianto con una tensione 400/230 V - b) Individuazione della zona a potenziale indisturbato.

Se, invece, i valori si discostano fra loro in maniera considerevole, bisogna allontanare di più il dispersore di corrente D_a rispetto all'impianto D in verifica e ripetere la misura utilizzando lo stesso metodo, posizionando sempre il dispersore di tensione D_v alla stessa distanza (3) sia rispetto all'impianto D in verifica sia rispetto al dispersore di corrente D_a . La norma di riferimento per queste misure è la CEI 64-8.

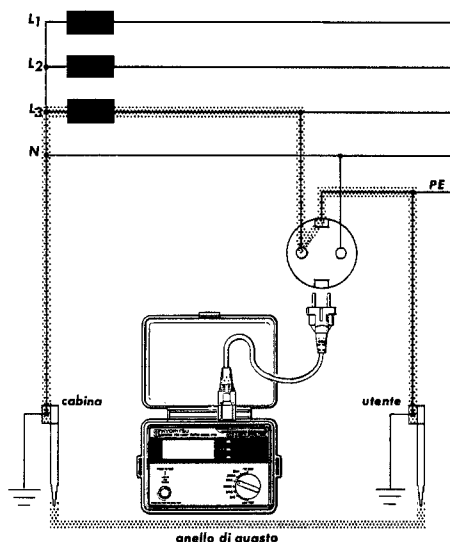


Fig. 7.120 - Misura della resistenza di terra con il loop tester.

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. 7.120. 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.

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.

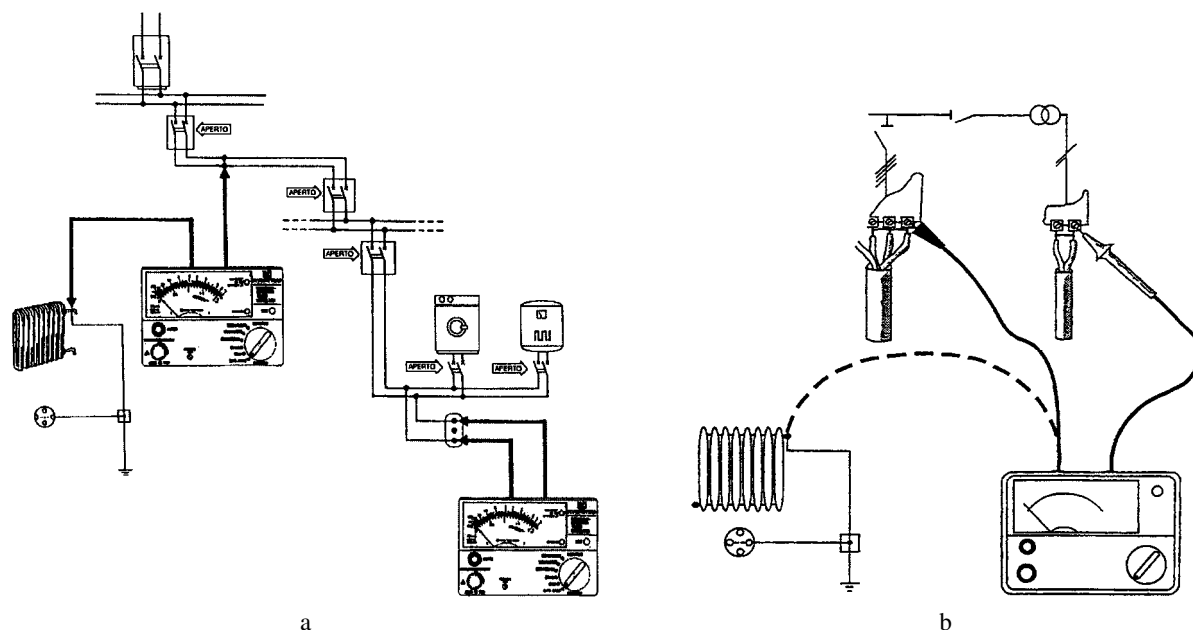


Fig. 7.121 - a) Misura della resistenza di isolamento - b) Per la verifica della protezione per separazione elettrica, occorre misurare la resistenza d'isolamento tra le parti attive del circuito separato e quelle di altri circuiti (anche per SELV e PELV) e tra la terra e il circuito separato (anche 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. 7.54, 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. 7.54 - 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. 7.121b, 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 M Ω , 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. 7.54.

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. 7.122a), 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. 7.55 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. 7.55 - 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. 7.122b).

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. 7.123), 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.

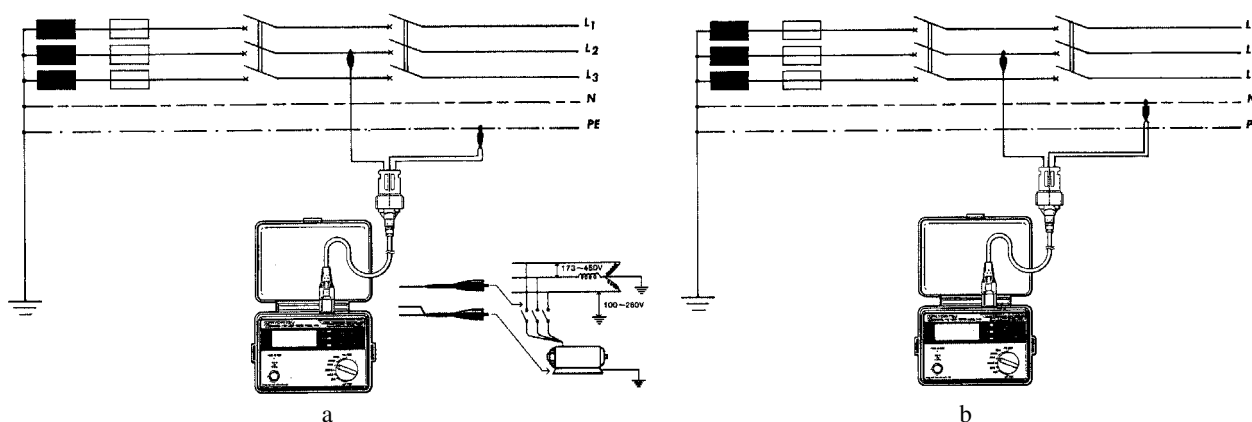


Fig. 7.122 - a) Misura dell'impedenza di guasto - b) Misura della corrente di cortocircuito monofase.

5) Verifica della protezione per separazione elettrica. Per questa misura, mostrata in fig. 7.121b, 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 M Ω , 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. 7.54.

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. 7.122a), 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. 7.55 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. 7.55 - 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. 7.122b).

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. 7.123), 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.

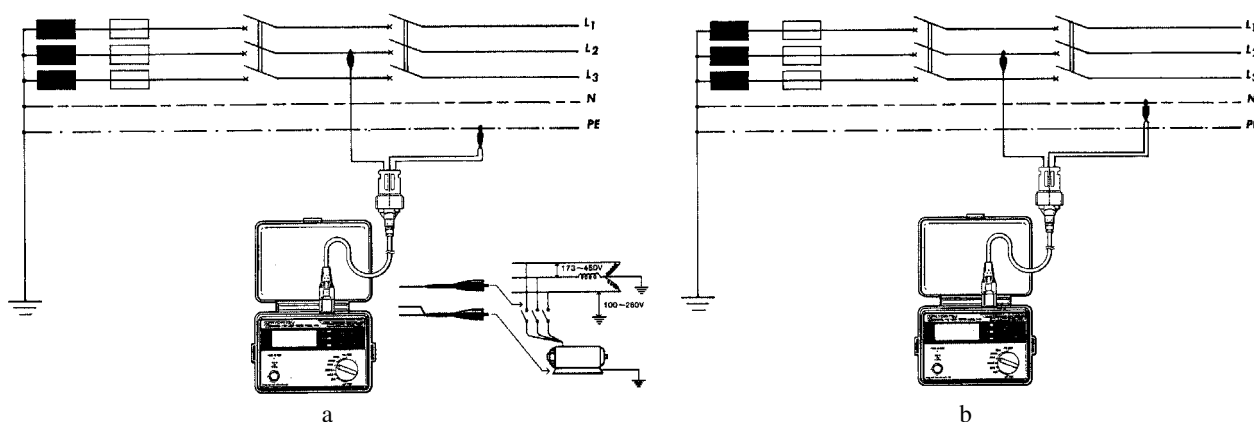


Fig. 7.122 - a) Misura dell'impedenza di guasto - b) Misura della corrente di cortocircuito monofase.

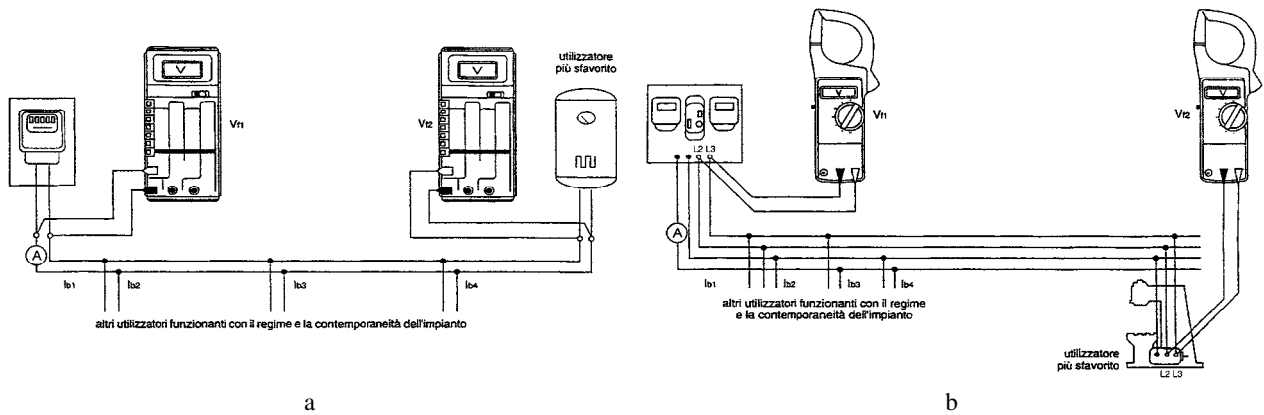
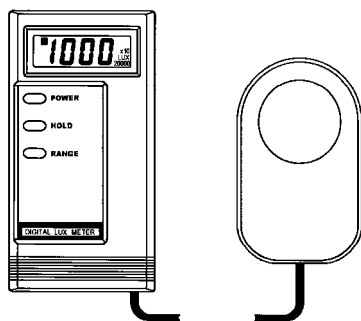


Fig. 7.123 - Misura della caduta di tensione: a) Schema d'inserzione monofase - b) Schema d'inserzione trifase.

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 lenti di correzione dell'angolo di incidenza e possibilità di memorizzare le misure.

Fig. 7.124 - Esempio di luxmetro digitale e relativa fotocellula.

7.40 Introduzione agli impianti di ventilazione (nel CD-Rom allegato)

7.41 Automazione degli impianti di riscaldamento (nel CD-Rom allegato)

7.42 Software Gewiss per la progettazione degli impianti elettrici

Dal sito della società Gewiss è possibile scaricare gratuitamente, seguendo le istruzioni riportate nel CD-Rom, una suite di software concepiti per fornire un supporto all'attività di progettazione. 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. Oltre ai programmi GWCAD e PROLITE citati nei precedenti capitoli, sono disponibili, tra gli altri, i seguenti programmi e i relativi manuali d'uso in italiano.

GWPRICE. Software con la quotazione di tutte le voci di computo metrico (di manodopera e di materiali) per gli impianti elettrici residenziali e nel terziario. Con questo programma tra l'altro è possibile:

- generare computi metrici con ampie descrizioni delle singole voci quotate, sia per i prodotti sia per la manodopera, e generare liste materiali e preventivi ex-novo oppure importati dai progetti realizzati mediante i programmi GWCAD, GWTEST, GWPBT e GWDSQ Pro;
- gestire le anagrafiche dei clienti e dei fornitori.



Fig. 7.140 - GWPRICE: a) Esempio di progetto - b) Composizione voci di computo

GWPBT. Software per il dimensionamento, il calcolo e il disegno di reti elettriche, con cui è possibile:

- disegnare lo schema elettrico unifilare della rete (sia radiale sia magliata) con l’inserimento guidato dei dati caratteristici e nominali dei vari componenti della rete;
- calcolare i parametri elettrici del circuito (flusso delle correnti, cadute di tensione, correnti di cortocircuito massime e minime in ogni punto della rete, ecc.);
- dimensionare automaticamente le sezioni dei cavi;
- selezionare automaticamente gli apparecchi di manovra e di protezione secondo i parametri di coordinamento impostabili dall’utente;
- elaborare la documentazione di progetto completa, personalizzabile ed esportabile in vari formati.

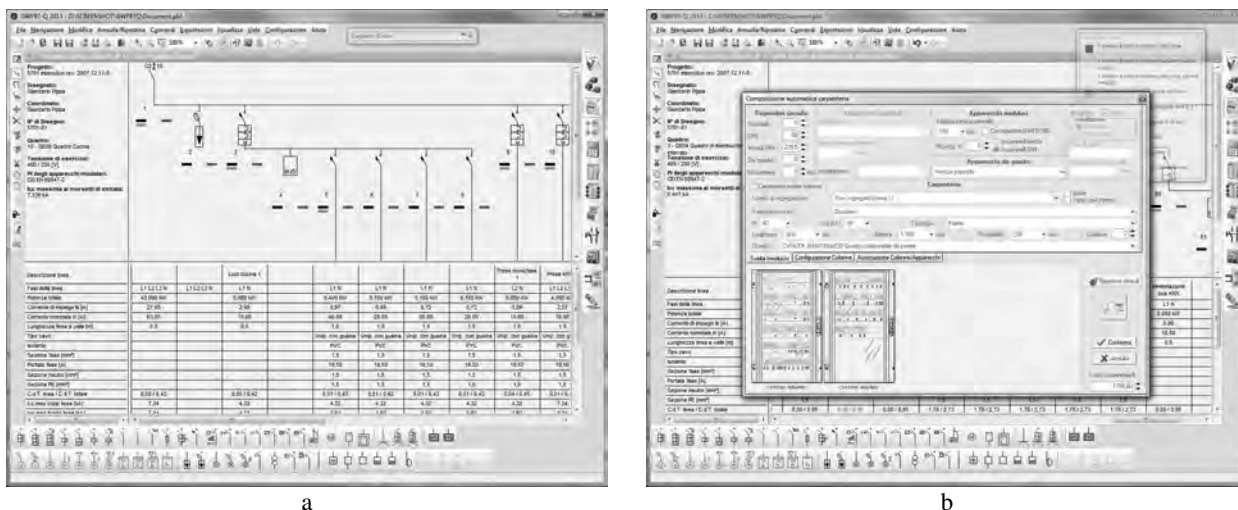


Fig. 7.141 - GWPBT: a) Esempio di schema elettrico - b) Composizione automatica della carpenteria.

GWENERGY. Software per la realizzazione dei quadri ASC, ASD e AS in conformità alla norma EN 60439. Con questo programma è possibile:

- configurare un quadro elettrico (tra quelli previsti dal Sistema Costruttivo Prestabilito) mediante una facile selezione dei parametri di scelta: quadri da cantiere (ASC), quadri di distribuzione (ASD) e quadri AS (torrette per moli e campeggi);
- stampare il file tecnico che contiene: dichiarazione di conformità CE, dichiarazione di conformità Gewiss, elenco prove individuali, scheda dati tecnici principali, elenco componenti, schema di collegamento unifilare, fronte quadro con disposizione dei componenti;
- calcolare e stampare il preventivo con la possibilità di inserire sconti e manodopera;
- stampare la targa da apporre sul quadro;
- ottenere i documenti generati su formato elettronico (file tipo .pdf, .doc).

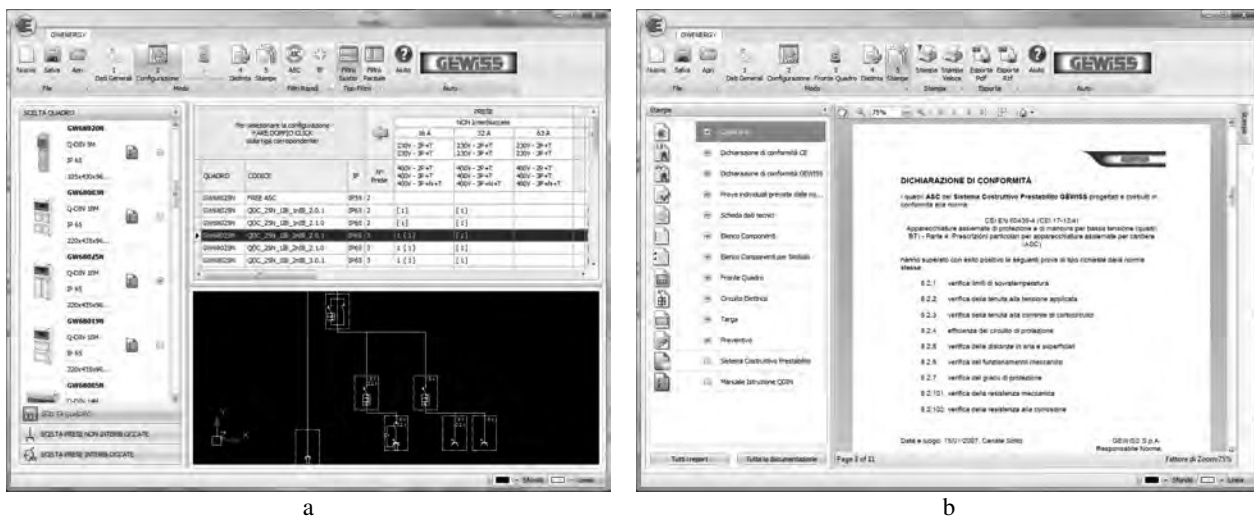


Fig. 7.142 - GWENERGY: a) Scelta delle caratteristiche/componenti - b) Dichiarazione di conformità.

GWCAP. Configuratore di capitolati. Con questo programma è possibile redigere un capitolato per impianti elettrici da allegare alla documentazione di progetto.

Il software consente di risparmiare tempo: un semplice percorso guidato aiuta a generare un capitolato coerente con le specifiche di progetto, producendo un documento utile, completo e aggiornato, in conformità alla normativa vigente. È possibile esportare il proprio capitolato nei formati di testo più utilizzati, in modo da poterlo poi modificare comodamente.

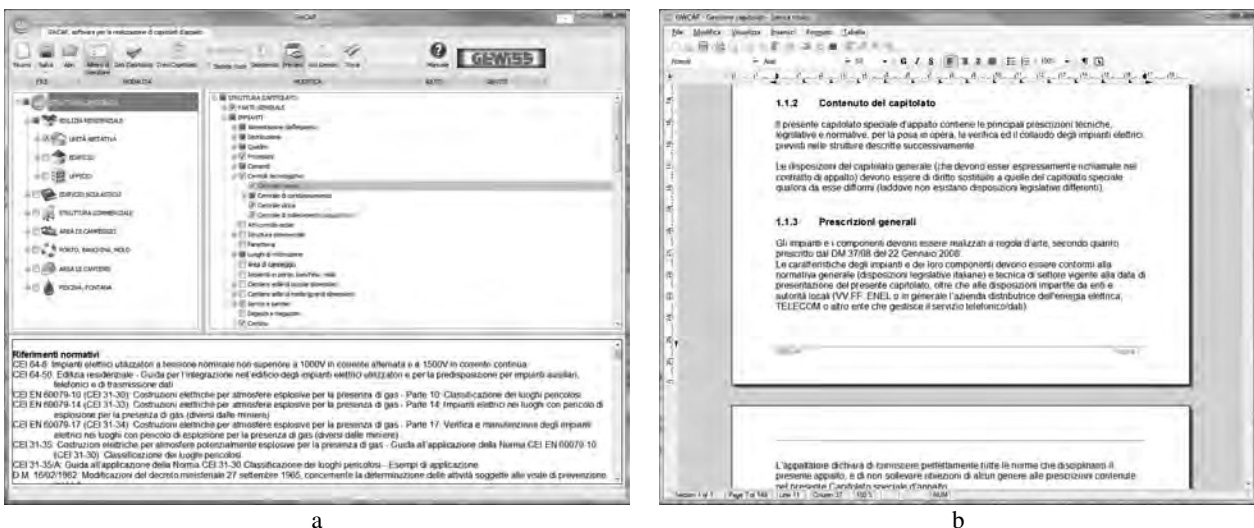


Fig. 7.143 - GWCAP: a) Norme relative alla voce: Centrale termica - b) Gestione capitolati.

GW37/08. Software “La regola dell’arte”.

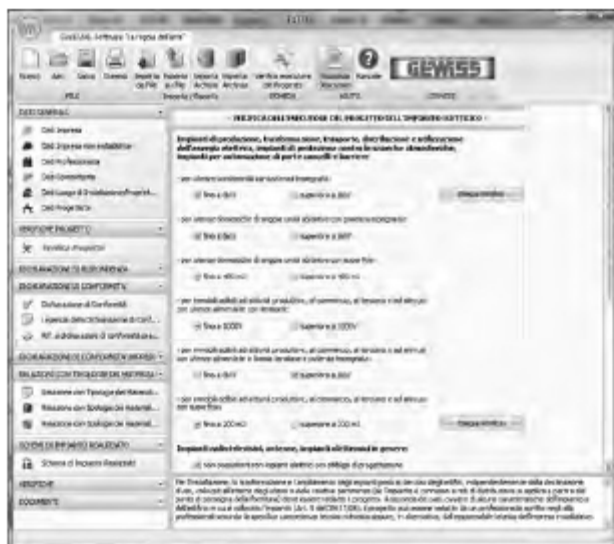
Il software GW46/90 è un importante strumento di lavoro che, nel rispetto del DM37/08 e delle norme in vigore, aiuta gli installatori ad impostare ed eseguire un impianto elettrico a regola d’arte, nonché a redigere in modo professionale la documentazione prevista dalla legge stessa.

Il programma segue la logica delle diverse operazioni che l’installatore esegue per elaborare la documentazione, assistendolo nella stesura dei vari documenti.

Il software consente di redigere vari tipi di dichiarazioni:

- Dichiarazione di Conformità (per imprese abilitate);
- Dichiarazione di Conformità (per uffici tecnici di imprese non installatrici);
- Dichiarazione di rispondenza (per professionisti iscritti all’albo);
- Dichiarazione di rispondenza (per responsabile tecnico impresa abilitata).

Il documento finale può essere modificato, stampato ed esportato in vari formati.



a



b

Fig. 7.144 - GW37/08: a) Verifica dell'esecutore del progetto dell'impianto elettrico - b) Stampa della Dichiarazione di conformità.

GW64-8. Software per la definizione del livello prestazionale dell'impianto elettrico secondo la norma CEI 64-8. Il programma consente in modo molto semplice e veloce di definire il "livello" dell'impianto elettrico secondo la Norma CEI 64-8.

- **Verifica/Definizione "livello" impianto.** In questa sezione si definiscono le caratteristiche dell'impianto elettrico che si intende realizzare ottenendo così la classificazione livello 1, livello 2, livello 3. Impostando direttamente il livello desiderato per l'impianto, il programma inserisce automaticamente i componenti necessari per soddisfare i requisiti minimi del livello.
- **Creazione composizioni.** Dopo aver definito le caratteristiche dell'impianto (punti comando, centralino, ecc. ecc.), è possibile creare le relative composizioni (frutti+placca+scatola) così da definire l'elenco materiale completo dell'impianto elettrico.
- **Stampe.** Le stampe disponibili sono: copertina, dati generali, certificato attestante il livello dell'impianto elettrico, elenco locali, centralino e/sottocontatore, elenco materiale e preventivazione. I documenti, inoltre, possono essere esportati in vari formati.



a



b

Fig. 7.145 - GW64-8: a) Definizione del livello - b) Stampa dichiarazione del livello prestazionale dell'impianto elettrico.

BIBLIOGRAFIA

TESTI

- Barezzi M., *Impianti elettrici civili*, Editrice San Marco, Bergamo Ponteranica 2008
Barezzi M., *Fondamenti di impianti elettrici industriali*, Editrice San Marco, Bergamo Ponteranica 2009
Baronio M., Bellato G., Montalbetti M., *Manuale degli impianti elettrici*, Editoriale Delfino, Milano, 2008
Conte G., Conte M., Erbogasto M., Ortolani G., Venturi E., *Tecnologie e progettazione di sistemi elettrici ed elettronici*, Vol. I e Vol. II, Hoepli, Milano, 2012
Forcolini G., *Illuminazione di interni*, Hoepli, Milano, 1988
Gigli S., Luzzi S., *Tecnica professionale, Elettrotecnica ed Elettronica*, Vol. I e Vol. II, Editrice San Marco, Bergamo Ponteranica 2007
Ortolani G., Venturi E., *Schemi e apparecchi negli impianti elettrici*, Vol. I e II, Hoepli, Milano, 1995
Pasquinelli M. *Tecnologia meccanica e laboratorio tecnologico*, Vol. I, Giunti, Firenze, 1998

RIVISTE

- ELETTRIFICAZIONE, *Editoriale Delfino*
IL GIORNALE DELL'INSTALLATORE ELETTRICO, *Reed Business Information*

ASSOCIAZIONI, AZIENDE E ENTI

- | | |
|---------------------------|------------------|
| ABB Sace | HT Italia |
| AIDI | Italweber |
| ANIE | Klöckner Moeller |
| AVE | Legrand |
| ABACOM | Lovato |
| Breter | LT Terraneo |
| Bticino | Omron |
| CEI | Osram |
| Codime | Philips |
| Distrelec | Relco |
| Elcontrol | Riello |
| Elettronica Dessy | Siemens |
| ENEL | VIMAR |
| Finder | Vortice |
| FLUKE | Weber |
| General Electric-Herholdt | |
| Gewiss | |
| Hager | |

Il corso di **TECNOLOGIE E TECNICHE DI INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE**
CON ESERCITAZIONI DI LABORATORIO
di M. Barezzi è composta da:

Volume 1

- Segni grafici e raccomandazioni per la preparazione degli schemi elettrici
- Elementi fondamentali di CAD
- Tecnologia dei materiali
- Principali componenti utilizzati negli impianti elettrici civili
- Sorgenti luminose ed elementi di illuminotecnica
- Schemario di impianti elettrici civili
- Progettazione degli impianti elettrici civili
- Domotica

Volume 2

- Sicurezza sul lavoro
- Principali componenti utilizzati negli impianti elettrici industriali
- Motori e azionamenti elettronici
- Schemario di impianti elettrici industriali
- Elementi di macchine a fluido
- Impianti termici e idraulici
- Impianti di climatizzazione e di condizionamento

Volume 3

- Produzione e trasmissione dell'energia elettrica
- Distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica
- Impianti utilizzatori in bassa tensione
- Automazione pneumatica, elettropneumatica ed oleodinamica
- Sistemi di numerazione, codifica, logica
- Principali componenti utilizzati negli impianti automatici
- Controllori logici programmabili
- Automazione industriale



Questo testo, secondo le disposizioni di legge, ha **forma mista cartacea e digitale**. Collegandosi al sito www.editricesanmarco.it e accedendo alla sezione **Risorse on-line**, è possibile scaricare liberamente e gratuitamente materiale didattico multimediale aggiuntivo, approfondimenti ed esercizi.



Questo testo è in vendita anche nella **versione digitale** scaricabile da Internet. Per le modalità di acquisto, occorre collegarsi al sito www.editricesanmarco.it e accedere alla sezione **San Marco scaricabili**.



BERGAMO Ponteranica
Tel. 035 4128249 - Fax 035 944385
www.editricesanmarco.it

Questo volume, sprovvisto del talloncino a fronte, è da considerarsi copia saggio-campione gratuito, fuori commercio. Tassativamente vietata la vendita. Esente da I.V.A. (D.P.R. 26 ottobre 1972, n. 633, art. 2, 3° comma, lett. d). Esente da bolli di accompagnamento (D.P.R. 6 ottobre 1978 n. 627, art. 4, n. 6). La sua messa in commercio senza il talloncino triangolare è passibile di denuncia per evasione fiscale.

€ 24,50

ISBN 978-88-8488-201-1



9 788884 882011