Consiglio Nazionale delle Ricerche

Caratteristiche ed efficienza degli UPS di ultima generazione

G. Succurro

IIT TR-05/2009

Technical report

Maggio 2009

Istituto di Informatica e Telematica

Abstract

La grande disponibilità di energia elettrica di alta qualità è ad oggi un indispensabile elemento strategico per la produzione, sia nei settori dell'economia che nei settori scientifici; da ciò nasce il fabbisogno di proteggere e dare energia senza interruzioni alle macchine in utilizzo nei vari settori valutando accuratamente i bisogni di soluzioni energetiche, scegliendo soluzioni di protezione e continuità dei dati e del lavoro svolto mediante un sistema UPS che risponda alle proprie necessità. Questo report fornisce nozioni di carattere generale sul funzionamento degli UPS partendo dalla descrizione dei principali accumulatori, enumerando i tipi di UPS ad oggi disponibili e mostrando un esempio di possibile implementazione reale di queste tecnologie.

Ringrazio Riccardo Bettarini per i preziosi consigli.

Indice

Introduzione

1. Pile ed accumulatori

1.1. Generalità e definizioni
1.1.1. Pile: caratteristiche e specifiche tecniche
1.1.2. Descrizione di alcune pile di uso comune

1.2. Accumulatori: caratteristiche e specifiche tecniche

1.3. Principali accumulatori di uso comune
1.3.1 Accumulatori al Piombo
1.3.2 Accumulatori alcalini
1.3.3 Accumulatori al Litio

1.4. Sistemi di ricarica

2. UPS: caratteristiche tecniche e fisiche

2.1. Funzionalità

2.2. Caratteristiche tecniche e parametri
a) Parametri in uscita
b) Parametri in Ingresso
c) Batterie & Runtime
d) Comunicazione & Gestione
e) Protezione contro sovratensioni e Filtraggio
f) Caratteristiche fisiche
g) Condizioni ambientali
h) Conformità

3. Criteri di scelta del gruppo di continuità

3.1. Considerazioni sui Gruppi Statici di Continuità

3.2. Esempio basato sull' utilizzo di macchine Workstation

3.3. Esempio basato sull'utilizzo di macchine Server

3.4. Esempio di una possibile sala CED

Appendice

Glossario

Bibliografia

Caratteristiche ed efficienza degli UPS di ultima generazione

Introduzione

In una rete (LAN, MAN o WAN) vi sono molti hosts che offrono servizi a tempo pieno, per esempio nella rete dello IIT del CNR di Pisa alcuni dei servizi offerti sono il DNS, la Posta Elettronica ed altri.
Nasce, quindi, la necessità di garantire che l'energia erogata a queste macchine sia continua, od al più, in caso di interruzioni temporanee della erogazione di energia elettrica fornita dalla rete, si abbia sufficiente energia da permettere alle macchine di eseguire un corretto shut-down, in modo da non perdere dati.

Per rifarsi ad un esempio concreto, nel nostro Istituto (Istituto di Informatica e Telematica) per la messa in sicurezza dei sistemi rispetto a cadute di rete elettrica, poiché la "continuità" di Area non dà la possibilità di segnalare ed avviare le procedure di shut-down correto, sarebbe opportuno che l'attuale sistema venga integrato con gruppi di continuità (UPS) ausiliari, che garantiscano ai server e, più in generale, alle macchine locate nel CED, una alimentazione elettrica affidabile e provvedano ad innescare corrette procedure di spegnimento delle apparecchiature, qualora la mancanza di energia elettrica dovesse protrarsi per lunghi periodi di tempo.

1. Accumulatori

1.1. Generalità e definizioni

Una batteria (il termine batteria, di uso comune, è dovuto al fatto che si usano sempre "batterie" cioè insiemi di pile od accumulatori connessi fra loro) è un contenitore di energia chimica portatile e convertibile in energia elettrica che viene erogata fino ad esaurimento mediante il collegamento ad un circuito elettrico. Esistono batterie primarie e secondarie: le batterie primarie, o pile, sono concepite per essere utilizzate una sola volta (si tratta soprattutto di batterie alcaline al manganese od al carbone-zinco, al litio ecc. che hanno un solo ciclo di scarica), mentre le batterie ricaricabili vengono denominate accumulatori, o batterie secondarie, e sono realizzate con elementi al nichel-cadmio, al piombo, od al litio ionizzato oppure, sistema che per motivi di tutela ambientale è sempre più adottato al nichel-idruri metallici.
Negli accumulatori l'energia chimica consumata viene rigenerata tramite un ciclo di ricarica, in cui il caricabatteria (rifornitore di energia) spinge nuovamente gli elettroni dal polo positivo al negativo, facendo si che le rispettive masse attive scariche vengano ricaricate. Il ciclo di scarica/carica è possibile ripeterlo un numero di volte finito a seconda delle capacità del dispositivo.

1.1.1 Pile: caratteristiche e specifiche tecniche

Le principali specifiche tecniche che caratterizzano le prestazioni di una pila sono:

- la capacità: è la carica elettrica che una pila può erogare (in genere viene espressa in Ah ampere-ora)
- la potenza: espressa in watt (W) od in ampere (A) è data dal prodotto della tensione fra i due terminali per l'intensità della corrente erogata

- la tensione di lavoro: è la tensione media fra i due terminali della pila a circuito chiuso
- la tensione nominale: è la tensione fra i due terminali della pila a circuito aperto
- la durata di scarica: è la durata del servizio utile di erogazione di energia ad un dispositivo elettrico od elettronico (viene espressa in h ore, o Wh watt-ora o Ah ampere-ora)
- l'impedenza interna: è la resistenza elettrica interna unita agli effetti capacitivi (essa diminuisce al crescere della corrente che l'attraversa e varia durante il periodo di vita utile)
- la durata di scarica senza utilizzo: è il tempo dopo il quale la pila è ancora in grado di fornire le prestazioni energetiche descritte nelle specifiche.

1.1.2 Descrizione di alcune pile di uso comune

Le pile più diffuse (le principali case produttrici sono: Philips, Energizer, Duracell, Varta, ecc.) fra gli utenti si possono schematizzare nelle seguenti tipologie:

- Pila zinco-carbone: un cilindro di carbone (elettrodo positivo) è immerso in una massa di carbone e biossido di manganese impregnata con una soluzione acquosa di cloruro di ammonio (elettrolito) il tutto incapsulato da un coperchio di zinco (elettrodo positivo).
- Pila zinco-cloruro: stessa tecnologia della precedente, ma utilizza come elettrolito una soluzione acquosa di cloruro di zinco (meno aggressiva della precedente).
- Pila alcalina: come le precedenti, però l'elettrolito è un composto alcalino di idrossido di potassio ed i due elettrodi hanno una struttura porosa (ciò permette un tempo di scarica maggiore).
- Pila zinco-aria: anch'essa ha come principale elemento il carbone, ma utilizza l'ossigeno dell'aria in prossimità del catodo poroso di carbone immerso nell'elettrolito alcalino (data la lenta diffusione dell'ossigeno erogano una potenza bassa).

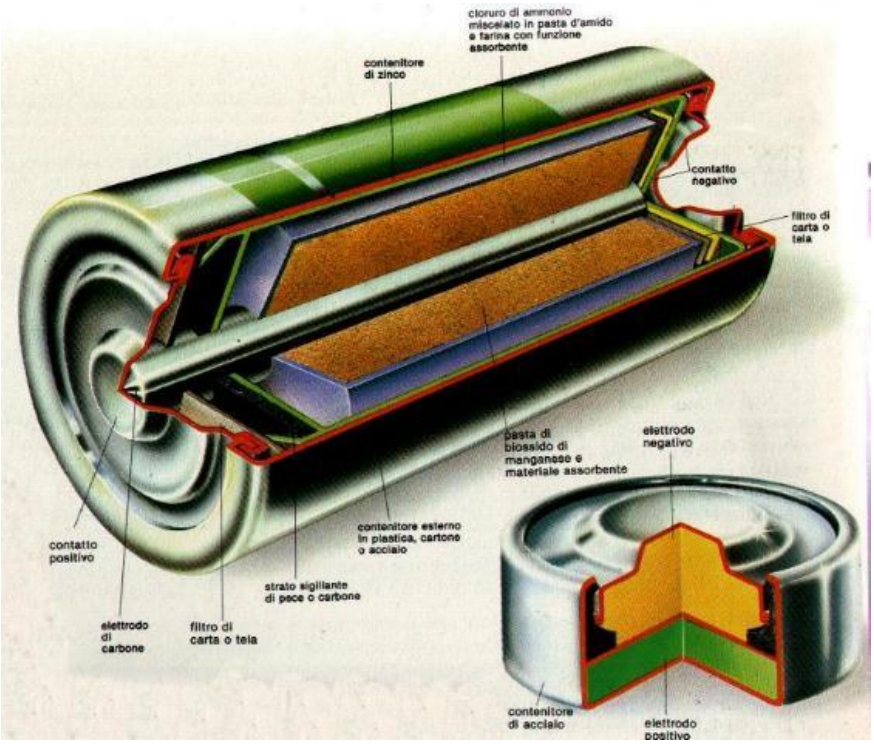


Fig.1

1.2 Accumulatori: caratteristiche e specifiche tecniche

In linea di principio, la capacità di un accumulatore di fornire energia elettrica non dovrebbe dipendere dal numero di cicli di scarica/carica effettuati; purtroppo nella pratica ad ogni ciclo avvengono cambiamenti nel volume e nella struttura degli elettrodi che ne riducono le prestazioni.

Le principali specifiche tecniche che caratterizzano le prestazioni di un accumulatore sono:

- *la capacità*: è la quantità di carica elettrica che l'accumulatore eroga in un circuito elettrico (dipende dalla massa delle materie attive). Viene misurata in Ah ampere-ora

- *la capacità specifica*: è la capacità per unità di massa (Ah/Kg) o per unità di volume (Ah/dm^3)

- *l*a *corrente di spunto*: e la corrente di picco ovvero la corrente massima ottenibile

- *la potenza*: è data dalla tensione media di scarica per la corrente, viene espressa in W watt.

- *la potenza specifica*: è la potenza per unità di massa (W/Kg) o per unità di volume (W/dm^3)

- *il rendimento amperometrico*: è il rapporto fra il numero di ampere-ora che attraversano l'accumulatore fra la scarica e la precedente carica

- *il rendimento di energia*: è il rapporto tra l'energia erogata durante la scarica e l'energia assorbita dalla precedente carica

- *la tensione di lavoro*: è la tensione media fra i due terminali della pila a circuito chiuso

- l*a tensione nominale*: è la tensione fra i due terminali della pila a circuito aperto

- *la durata*: si intende la durata di vita rispetto al numero di cicli successivi di scarica/carica fino ad un rendimento percentuale prefissato (in condizioni specificate) rispetto al rendimento iniziale (in genere si calcola una resa utile circa: il 75%)

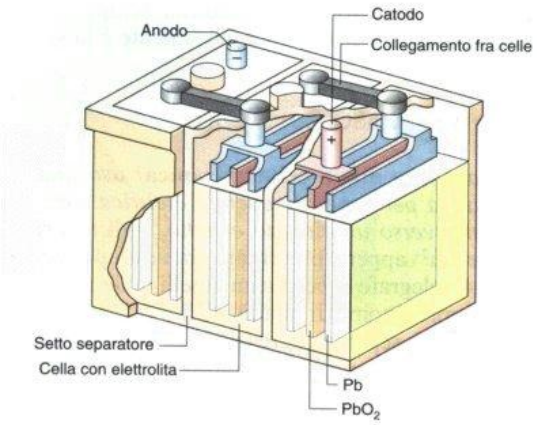
- *la tensione di fine scarica*: è la tensione di lavoro alla quale conviene tecnicamente interrompere il ciclo di scarica

1.3 Principali accumulatori di uso comune

Batterie di accumulatori ne esistono una grande varietà di tipi (al piombo, al piombo calcio, all'idruro di nichel, al nichel-cadmio, attivate all'acqua, al ferro-nichel, ecc.), ma ci soffermeremo sul funzionamento delle più utilizzate in campo informatico nella telefonia e negli elettrodomestici di comune utilità.

1.3.1 Accumulatori al Piombo

L'elemento base di una batteria al piombo è la cella composta di tre elementi:una coppia di piastre, anodo e catodo, e dal liquido in cui sono immerse (elettrolito). Le piastre sono costituite, da ossido di piombo (PbO) reso molto poroso per migliorare il funzionamento elettrochimico della batteria. Le piastre sono immerse in una soluzione di acqua distillata e acido solforico in un rapporto di circa 5 a 1.



(Immagine ricavata dall' Istituto Tecnico di Chiavari) Fig.2

Le reazioni di carica scarica si possono riassumere nelle relazioni seguenti:

Prima carica:

riduzione – anodo : $PbO + 2\,H^{+1} + 2\,e^{-} \rightarrow Pb + H_2O$

ossidazione – catodo : $PbO + H_2O \rightarrow PbO_2 + 2H^{+1} + 2\,e^{-}$

Ciclo normale di scarica/ricarica

riduzione – anodo : $PbO_2 + 4H^{+1} + 2\,e^{-} + SO_4^{-2} \rightarrow Pb\,SO_4 + 2\,H_2O$

ossidazione – catodo : $Pb + SO_4^{-2} \rightarrow Pb\,SO_4 + 2\,e^{-}$

Una cella è considerata scarica quando la tensione di fine scarica ai suoi capi è inferiore ad 1.7 volt, mentre è considerata completamente carica quando (a temperatura ambiente) la tensione raggiunge i 2.3 volt. In genere le batterie in commercio hanno una tensione nominale (dovuta alle celle disposte in serie ognuna con una tensione media di 1.5 volt) di 6 12 o 24 volt. Le caratteristiche base da

prendere in considerazione sono la capacità che può variare da 5 a 150 Ah e la corrente di spunto che può arrivare oltre i 1000 A. In realtà nella costruzione delle piastre al piombo vengono aggiunti altri elementi quali l'antimonio od il calcio. Questi elementi servono a far diminuire i fenomeni di autoscarica, a prolungare la vita nei cicli carica/scarica ed a diminuire la tendenza alla solfatazione. La tossicità del piombo non è trascurabile, infatti è nella lista delle sostanze pericolose indicate dall' ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Tuttavia la dose di Pb (presente nel sangue) considerata critica è di 30 μg/dl. Un altro fattore negativo è la produzione di idrogeno che in luoghi chiusi non sufficientemente areati potrebbe (se la concentrazione di H è molto alta) provocare esplosioni ed incendi.

1.3.2 Accumulatori alcalini

Gli accumulatori alcalini più utilizzati sono le batterie al NiCd e la successiva evoluzione le batterie al NiMH.

- ***Batterie al NiCd***

Questo tipo di accumulatore ricaricabile, composto dai materiali attivi del nickel e del cadmio, ha un largo utilizzo negli apparecchi portatili (per il peso e l' ingombro ridotto) . Durante l'utilizzo, avviene una reazione chimica in un elettrolito di idrossido di potassio ed acqua che implica la riduzione del Nichel e l'ossidazione del cadmio:

$$2\ NiOOH + Cd + 2\ H_2O \rightarrow 2\ Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$$

Con la successiva ricarica si ripristinano l'energia chimica originale, dando luogo alla tensione ed alla capacità di partenza. La tensione nominale è di 1.4 (effettiva 1.2) volt per cella. Il pregio di questo tipo di batteria è di fornire anche a pila semiscarica lo stesso valore di tensione (caratteristica non posseduta dalle batterie al Pb). L'unico svantaggio che hanno queste batterie è il cosiddetto "effetto memoria" : effetto di cristallizzazione. I materiali attivi di una batteria NiCd si presentano sotto forma di piccolissimi cristalli. In una cella buona questi cristalli rimangono piccoli, con il risultato di avere la massima area superficiale. Quando si verifica l'effetto memoria, i cristalli crescono e riducono drasticamente l'area superficiale. Il risultato è un'abbassamento della tensione che porta ad una perdita di prestazioni. Una parte della capacità è sempre presente ma non può essere prelevata a causa della bassa tensione della batteria. Nello stadio avanzato, i bordi taglienti dei cristalli crescono fino a perforare il divisorio interno della cella, causando alte correnti (cortocircuiti) di auto-scarica. Un tentativo di recupero delle prestazioni iniziali (tensione e capacità) e quello di scaricarle completamente e ricaricarle (con carica ad impulsi) più volte.

• ***Batterie al NiMH***

Le batterie al metal-idrato di nichel sono una evoluzione del nickel-cadmio. Esse hanno rispetto alle precedenti una densità energetica (Wh/dm^3) di circa il 40% in più. Durante la carica, al polo positivo (separato dal polo negativo da un sottile film a base di nylon) si ha:

$N\ i(OH)_2 + H_2O \rightarrow NiOOH + H_2O + e^-$

mentre al polo negativo (costituito da una lega metallica di nichel e terre rare quali $LaNi_5$):

$M + H_2O + e^- \rightarrow MH + OH^-$

La reazione della singola cella si può riassumere in generale dalla formula:

$M + N\ i(OH)_2 \rightarrow MH + NiOOH$

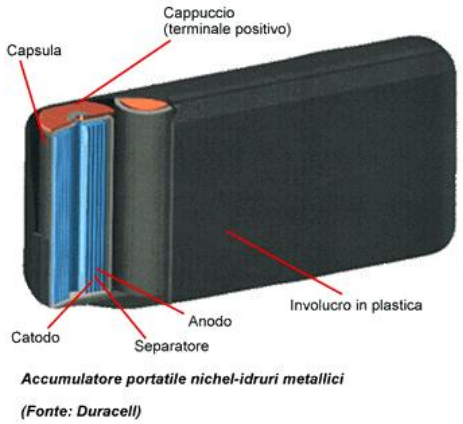


Fig.3

Le batterie al MH hanno un effetto memoria molto meno accentuato rispetto alle batterie NiCd.

Le leghe metalliche impiegate hanno la facoltà di rilasciare una quantità di idrogeno circa mille volte il proprio volume. L'elettrolita impiegato è (come le batterie al NiCd) l'idrossido di potassio (questa soluzione è molto tossica, per cui nel caso di fuoriuscita bisogna attenersi a delle buone norme di sicurezza: non toccare, non ingerire, ecc.) in cui vengono aggiunte piccole quantità di altri composti chimici per aumentarne le prestazioni.

1.3.3 Accumulatori al litio

Le batterie al litio hanno una tensione nominale per cella di 1.8 volt (leggermente maggiore rispetto alle altre batterie), pesano circa tre volte meno delle alcaline ed hanno una maggiore capacità. Hanno una resa migliore a basse temperature anche se la capacità decresce col diminuire della temperatura. Hanno una curva di scarica pressoché costante con una brusca caduta sul finire della scarica. Nell'ultima fase di scarica la temperatura interna aumenta facendo aumentare di conseguenza la resistenza interna (questo meccanismo automatico impedisce che si danneggi la batteria). Una batteria di tipo AA contiene circa un grammo di litio.

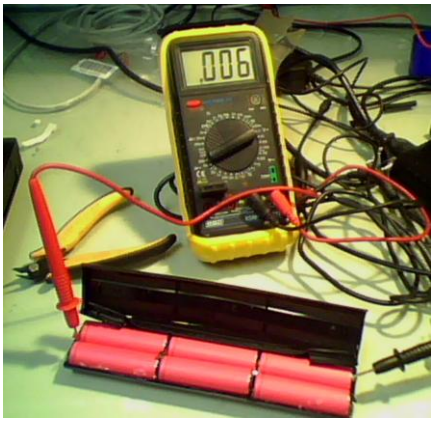


Fig.4
Le batterie al litio non risentono dell' effetto memoria.

Il numero di cicli di scarica/carica è molto più elevato degli accumulatori visti in precedenza. Il processo elettrochimico di carica al polo negativo (grafite), è descritto dalla relazione:

$$C + n\,Li^{+} + n\,e^{-} \rightarrow CLi_{n}$$

dove il litio viene assorbito dalla grafite. Al polo positivo (ossido di litio e cobalto) avviene il seguente processo elettrochimico:

$$LiCoO_{2} \rightarrow Li_{1-n}\,CoO_{2} + n\,Li^{+} + e^{-}$$

Pertanto nella migrazione di litio tra i due elettrodi non vi è presenza di litio metallico. Il processo di scarica avviene in senso opposto. Le batterie al litio possono utilizzare differenti tipi di elettrolito:

- costituito da soluzioni non acquose di solventi (in cui vengono disciolti sali di litio) ad elevata costante dielettrica: carbonato di etilene, carbonato di propilene, dimetilsolfossido ecc.
- costituito da polimeri conduttori al litio: si ottengono immobilizzando soluzioni di sali di litio in matrici polimeriche gelificate in maniera opportuna.

1.4. Sistemi di ricarica

Grazie alla continua evoluzione tecnologica il mercato offre una notevole varietà di caricabatteria. Vediamo le principali caratteristiche degli apparecchi disponibili in commercio per la ricarica degli accumulatori:

- caricabatteria a tempo: la ricarica è controllata da un timer meccanico od elettronico, non si ha nessun controllo dello stato della carica che dopo un certo tempo interrompe il flusso di corrente (non c'è la sicurezza che l'accumulatore sia ricaricato al 100%). Questo sistema funziona bene con le ricariche lente (impostando una corrente leggermente maggiore o un tempo più lungo di ricarica la corrente in più viene dissipata facilmente in calore).

- caricabatteria con controllo della temperatura: tramite un sensore rilevano in tempo reale la temperatura del pacco da rifornire interrompendone la ricarica in un preciso range di temperatura (con questo sistema ci si avvicina molto alla carica piena).

- caricabatteria a tensione controllata:
    - controllo lineare: la ricarica viene interrotta quando l'accumulatore raggiunge una determinata tensione (può andare bene per ricariche lente, mentre per le veloci si rischia, specialmente quando si ricarica con forti correnti, di danneggiare le celle)
    - controllo con Delta Peak: è il miglior sistema per essere sicuri di raggiungere la piena carica. La ricarica viene effettuata con elevate correnti, il controllo monitora la tensione dell'accumulatore che sale fino a quando raggiunge la piena carica, quindi la tensione rimane stazionaria per breve tempo ed inizia a scendere. La diminuzione della tensione innesca l'interruzione della ricarica. Questo sistema funziona bene con le ricariche veloci: nelle ricariche lente c'è la possibilità che l'apparecchio non rilevi perfettamente il momento di interruzione della ricarica.

I sistemi di ricarica che vengono utilizzati per rifornire gli accumulatori presenti in commercio si possono riassumere nelle seguenti tipologie:

- a corrente costante: è un sistema classico, affidabile e non molto costoso (in generale si usa per le batterie al NiCd ecc.), e viene realizzato con qualche transistor o con un solo integrato.
- a corrente impulsiva: la corrente è sempre costante ma è fornita in maniera impulsiva (in genere sotto forma di onda quadra), ciò dovrebbe permettere una vita più lunga all'accumulatore.
- a tensione costante: è il sistema che in genere viene utilizzato per ricaricare le batterie al Pb, questo sistema serve (specialmente per piccoli accumulatori) per limitare la corrente, altrimenti la batteria rischia di rompersi per l'eccessiva quantità di idrogeno formato durante la carica.
- a corrente variabile: hanno particolari algoritmi di ricarica ed usano correnti sia lineari che impulsive

2. UPS: caratteristiche tecniche e fisiche

Molte sono le ditte costruttrici di gruppi di continuità UPS e molteplici i modelli (tower, rack ecc.), però il nostro interesse si è soffermato su alcuni modelli prodotti da ditte costruttrici quali la: APC, INVENSYS, ARGO e la SOCOMEC-SICON. Schematicamente un UPS ("Uninterruptible Power Supply", ovvero Gruppo di Continuità) è costituito da una o più batterie di accumulatori, un sistema che provvede alla carica/ricarica degli accumulatori ed un UPC con possibili tecnologie aggiuntive di filtri e regolatori. Iniziamo, innanzitutto con il descrivere le funzionalità di un UPS generico.

2.1. Funzionalità

L'UPS è una apparecchiatura che viene utilizzata fra la rete di alimentazione e le apparecchiature da proteggere. Lo scopo è quello di fornire energia alle utenze indipendentemente dal fatto che la rete di alimentazione sia presente o meno. Esistono diversi tipi di UPS ma quelli che assicurano una alimentazione priva da qualsiasi tipo di disturbo sono quelli definiti ON LINE.
Oltre ad erogare l'energia elettrica nel caso venga a mancare la fornitura dalla rete, un UPS dovrebbe provvedere a correggere la forma d'onda proveniente dalla sorgente di energia (per esempio con dei circuiti stabilizzatori). Infatti, possono presentarsi diversi problemi che generano diverse forme d'onda (Fig.5).

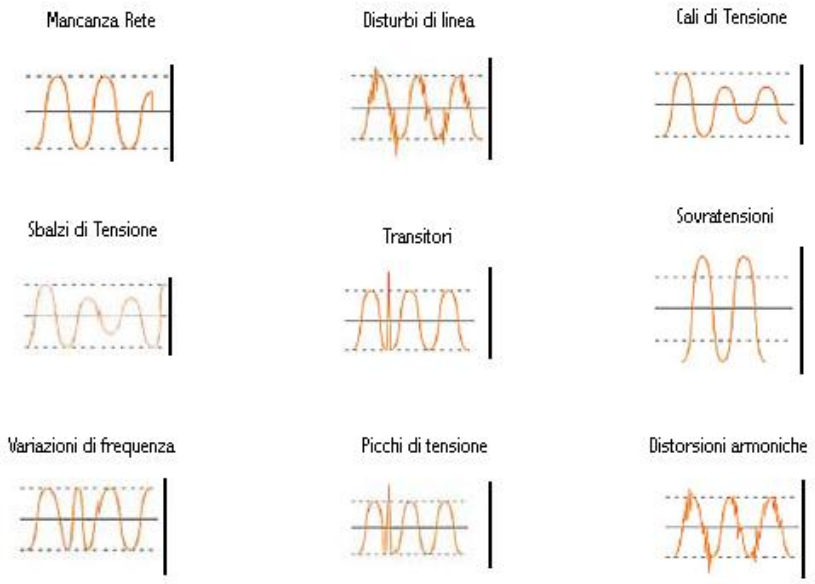


Fig. 5

Le problematiche che possono causare tali inconvenienti si possono riepilogare nelle seguenti descrizioni:

- interruzione dell'alimentazione della rete pubblica (fig.5: mancanza rete), ciò può essere causato da temporali, guasti sulle linee, intemperie, ecc. L'UPS controlla lo stato della tensione di rete e corregge il valore di tensione in uscita (nel caso di mancanza totale di erogazione l'energia viene fornita dal dispositivo senza interruzioni).

- bassi valori di tensione per periodi prolungati (Fig.5: cali di tensione), viene provocato da picchi di richiesta di potenza o da carichi gravosi sulla linea che eccedono la capacità della stessa. In questo caso viene controllato dall'UPS lo stato di tensione della linea in entrata (si hanno variazioni negative di tensione) e corretto immediatamente il valore di tensione in uscita (viene utilizzata l'energia immagazzinata).

- abbassamenti di tensione per brevi periodi tipicamente inferiori ai 2 secondi (Fig.5: sbalzi di tensione), in generale è provocato da commutazioni tra reti, avviamento di grandi carichi, fulmini ed intemperie. Per correggere il problema vengono effettuate le stesse procedure del caso precedente.

- innalzamenti di tensione per brevi periodi tipicamente inferiori ai 2 secondi (Fig.5: sovratensioni), viene provocato (si hanno variazioni positive di tensione) da commutazioni tra reti o possibili rilasci di grossi carichi. Similmente ai casi precedenti per variazioni inferiori ad una percentuale prestabilita viene corretta la tensione in uscita, mentre se viene oltrepassata tale percentuale, viene sganciata la rete ed utilizzata la tensione del gruppo di continuità.

- disturbi ad alta frequenza che deformano la sinusoide (Fig.5: disturbi di linea), possono causare questa distorsione le interferenze elettromagnetiche generate da fulmini, saldatori, inverter, relè, ecc. Questo problema si può risolvere con un filtro di line elettronico che riduce i disturbi provenienti dalla rete.

- distorsioni della forma d'onda sinusoidale (Fig.5: distorsioni armoniche), sono disturbi provocati da carichi di tipo non lineare quali: alimentatori switching, PC, UPS a doppio convertitore ecc. Come nel caso precedente per attenuare il disturbo si utilizzano dei filtri opportuni.

- picchi di tensione (vedi Fig.5) causati principalmente dai fulmini che provocano sovratensioni superiori ai 6.000 Volt. Viene utilizzato un soppressore di tensione unito a filtri che ne riducono ulteriormente l'effetto.

- aumenti frequenti di tensioni di durata ed ampiezza inferiore ai picchi di tensione (fig.4: transitori), la principale causa è la commutazione tra reti. Si risolve come nel caso precedente.

- variazione della frequenza della rete (Fig.5: variazioni di frequenza), ciò avviene quando vi è uno sgancio od inserzione di grossi carichi sulla rete con generatori connessi. L'UPS in questo caso cerca di ristabilire le condizioni di regime (funzione tampone) aiutando i propri carichi a sopportare il transitorio.

2.2. Caratteristiche tecniche e parametri

Le caratteristiche tecniche principali degli UPS si possono riassumere nella seguente schematizzazione:

a) ***Parametri in uscita***:

- Potenza in uscita: è la potenza erogata, viene espressa in VA od in Watts.
- Potenza configurabile massima: dipende dalla tensione di entrata il massimo coincide con la potenza in uscita.
- Tensione di uscita nominale: è la d.d.p (potenziale) senza carico
- Connessioni di uscita: è la tipologia di connessione (per esempio la IEC 320 C13 di uso comune per gli alimentatori del Personal Computer)

b) ***Parametri in Ingresso***:

- Tipo di connessione in ingresso: è la tensione in input supportata
- Frequenza di ingresso: è il range di frequenza in input supportato
- Tipo di spina: è la tipologia di connessione input (per esempio la IEC 320 C14)
- Campo tensione di ingresso per funzionamento: è il range di tensione in input supportato

c) ***Batterie & Runtime***:

- Tipo batterie: è la tecnologia di costruzione degli accumulatori
- Confezione sostituzione batterie: batteria ermetica sostitutiva (RBC)
- Tempo di backup tipico con metà carico: tempo medio espresso in minuti di autonomia (in mancanza di rete di alimentazione) con metà carico
- Tempo di backup standard a pieno carico: tempo medio espresso in minuti di autonomia (in mancanza di rete di alimentazione) a pieno carico
- Runtime Chart: diagramma delle caratteristiche di autonomia in funzione dei VA o Watt erogati

d) ***Comunicazione & Gestione***:

- Porta di interfaccia: e la interfaccia di input-output (per esempio le seriali RS-232 o le DB-9 o altre)
- Pannello di controllo: sono pannelli indicatori composti da display a Led oppure a cristalli liquidi che danno informazioni sullo stato dell' UPS
- Allarme udibile: modalità di allarme relativa al funzionamento del dispositivo (per esempio low battery allarm)

e) ***Protezione contro sovratensioni e filtraggio***:

- Energia sovratensioni nominale: viene espressa in joules ed è la sovratensione massima supportata
- Filtraggio: tecnologia di filtraggio del rumore e della frequenza adottato (per esempio la full time multi-pole noise …) per la protezione linee dati . Protegge dalle interferenze radio elettriche o elettromagnetiche

f) ***Caratteristiche fisiche***:

- Altezza massima, larghezza massima, e profondità massima: viene misurata in pollici e centimetri o millimetri
- Peso: con e senza imballaggio viene misurato in Kg od in libbre

g) ***Condizioni ambientali***:

- Temperatura di funzionamento: range di temperatura in cui viene garantito il funzionamento
- Umidità relativa al funzionamento: range di umidità misurata in % in cui viene garantito il funzionamento
- Altezza di funzionamento: quota massima dal livello del mare misurata in metri in cui viene garantito il funzionamento
- Temperatura di immagazzinamento ed umidità relativa: range di temperatura ed umidità per il corretto stato di conservazione dell'UPS
- Altezza di immagazzinamento: quota massima dal livello del mare misurata in metri per il corretto stato di conservazione dell'UPS
- Dissipazione termica online: capacità di dissipare calore autonomamente misurata in BTU/hr (British Thermal Unit per Hour)

h) ***Conformità***:

- Certificazioni: dichiarazione di conformità secondo gli standard che indicano la politica di protezione dell'apparato (per esempio la compatibilità elettromagnetica, informazioni tecnologiche, ecc.)
- Garanzia: Tipologia di garanzia

3. Criteri di scelta del gruppo di continuità

3.1 Considerazioni sui gruppi statici di continuità

Le macchine digitali (computer, switch, strumenti, ecc.) utilizzano microprocessori di elevata frequenza (diversi Mega o Giga) i quali svolgono miliardi di operazioni al secondo.

Un piccolo disturbo della rete di alimentazione può compromettere il funzionamento di tali operazioni con perdite dati di notevole importanza. Un gruppo di continuità semplice (tralasciando la parte raddrizzatore e batterie), consiste in un inverter in cui un oscillatore ad onda quadra genera il segnale che poi amplificato da una batteria di *transistor* alimentati dalla tensione continua rende la potenza necessaria attraverso un trasformatore per il necessario innalzamento in tensione. Gruppi di continuità avanzati hanno cominciato a usare componentistica più moderna, come gli IGBT, i MOSFET, o altri ancora, al fine di ottenere un'efficienza superiore.

IL gruppo di continuità oltre ad essere affidabile (per esempio con architetture STS, vedi appendice) deve avere un buon sistema di raffreddamento che permetta all'intero apparato di non raggiungere mai la temperatura critica in cui sia il generatore di tensione che le macchine da esso alimentate non funzionino più in maniera ottimale od addirittura si possano rompere.
Un'altra caratteristica apprezzabile è la possibilità di controllare tramite un software di gestione (con connessioni di tipologia diversa o tramite LAN) lo stato degli UPS con la peculiarità di inviare all'occorrenza autonomamente messaggi di allarme via e-mail o SMS.

In ogni caso i criteri principali su cui si dovrebbe basare la scelta sono le caratteristiche prestazionali, ed il rendimento degli accumulatori.

3.1.1 UPS caratteristiche prestazionali

L'UPS deve essere un buon regolatore di tensione: mantenere costante la tensione di uscita nonostante le variazioni della tensione d'ingresso.
Abbiamo già visto dal paragrafo 2.1 le possibili cause che possono variare sia la tensione che disturbare la forma d'onda in ingresso. Agendo come interfaccia tra la rete e l'utenza, gli UPS garantiscono con appositi filtri e regolatori di tensione un'alimentazione elettrica di alta qualità.
Vi sono in realtà sistemi UPS con caratteristiche diverse. Essi vengono implementati con svariati approcci progettuali a cui corrispondono caratteristiche prestazionali ben distinte. Si possono riassumere di seguito:

a) *Standby* (intervallo di potenza: 0-0.5 kVA)
b) *Standby-Ferro* (intervallo di potenza: 3-15 kVA)
c) *On-line a doppia conversione* (intervallo di potenza: 5-5000 kVA)
d) *On-line a conversione a delta* (intervallo di potenza: 5-5000 kVA)
e) *Line Interactive* (Interagenti con la rete) (intervallo di potenza: 0.5-5 kVA)

a) *Le configurazioni Standby* (Fig.6) sono il tipo più comune utilizzato per i personal computer. Questo sistema ha una efficienza elevata, dimensioni contenute e costi bassi. Inoltre se dotati di circuiti di filtraggio e protezione hanno una discreta capacità di attenuare il rumore e sopprimere le sovracorrenti e le sovratensioni. In questo sistema se la sorgente di alimentazione viene meno il commutatore di trasferimento (linea continua) interviene commutando il carico sull'alimentazione di emergenza fornita dal sottosistema batteria / invertitore (linea tratteggiata). L'invertitore entra in funzione (da cui il nome Standby) solo se non c'e alimentazione proveniente dalla rete.

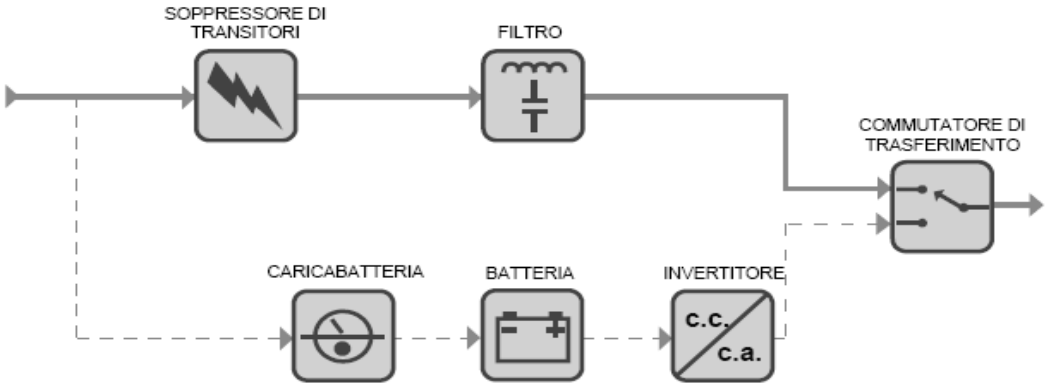


Fig. 6

b) *L'UPS Standby-Ferro* è un sistema dipendente per il suo funzionamento da uno speciale trasformatore (di tipo "ferro-risonante") a saturazione, dotato di tre avvolgimenti (per cui i sistemi *Standby-Ferro* sono grandi e pesanti). In caso di black-out, il commutatore di trasferimento si apre e l'invertitore alimenta il carico in uscita. l'invertitore è in modalità Standby e viene attivato quando viene meno l'alimentazione in ingresso e il commutatore di trasferimento si apre. Il trasformatore, fornisce una certa regolazione di tensione e una certa correzione della forma d'onda ("wave-shaping") in uscita; ma provoca una non trascurabile distorsione della tensione, dando luogo a fenomeni peggiori di quelli provocati da un cattivo collegamento CA, con conseguente produzione eccessiva di calore.

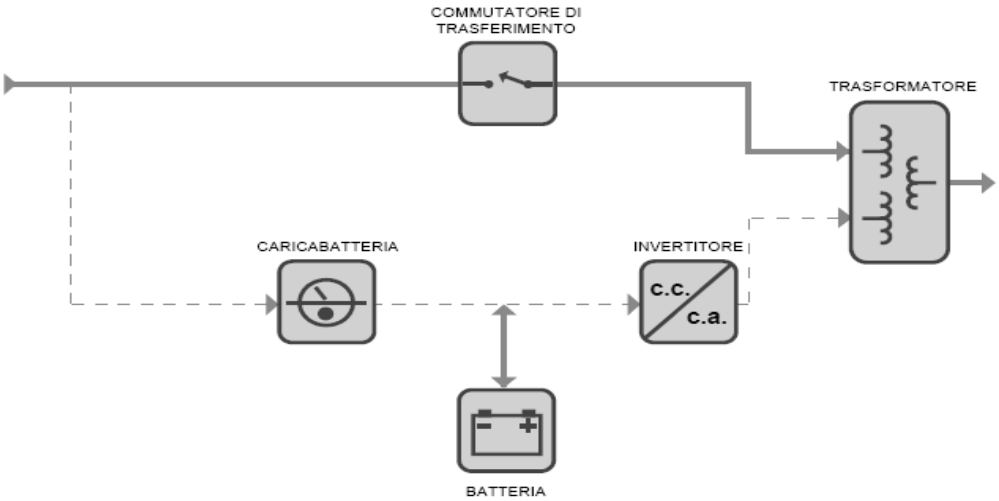


Fig.7

Tutti i server e router di grandi dimensioni utilizzano alimentatori che attingono solo corrente sinusoidale dalla rete "con correzione del fattore di potenza" (rifasamento). Questo prelievo regolare di corrente viene ottenuto mediante condensatori, dispositivi che 'anticipano' la tensione applicata. I sistemi UPS ferro-risonanti utilizzano trasformatori dal nucleo pesante che presentano una caratteristica induttiva, per cui la corrente è in ritardo rispetto alla tensione, questo è uno dei motivi per cui questi sistemi sono caduti in disuso.

c) *L'UPS on-line a doppia conversione* è il più diffuso per potenze elevate. Nello schema a doppia conversione (Fig.8) , il percorso primario (simile allo Standby) dell'alimentazione è costituito dall'invertitore anziché dalla linea principale CA .

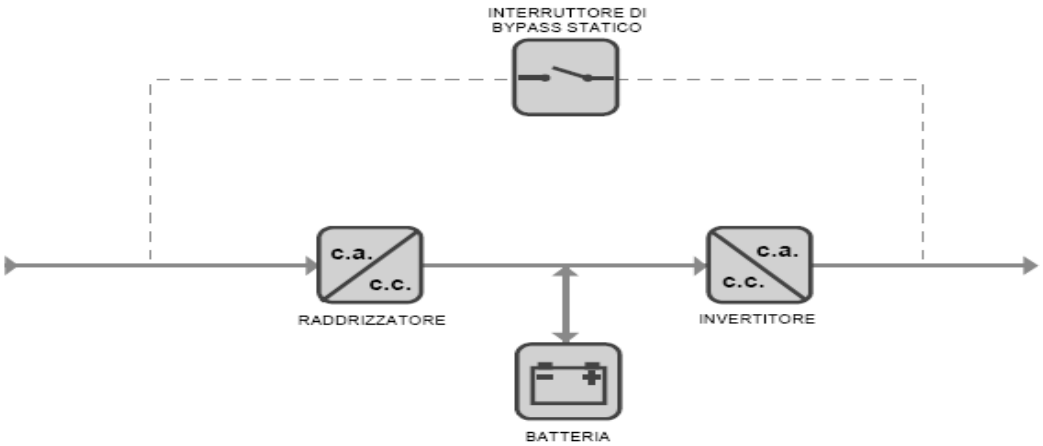


Fig.8

Quando l'alimentazione CA in ingresso non eroga più energia non provoca l'attivazione del commutatore di trasferimento, perché la CA in ingresso carica l'alimentatore della batteria di emergenza che fornisce energia all'invertitore in uscita. Non essendoci tempo di trasferimento sia il caricabatteria che l'invertitore (durante un black-out) convertono l'intero flusso di energia del carico, portando una minore efficienza ed una quantità maggiore di calore.
Tale sistema fornisce prestazioni elettriche eccellenti; d'altro canto i componenti di potenza usurandosi maggiormente ne riducono l'affidabilità. Altro svantaggio è che l'energia dissipata a causa dell'inefficienza dell'alimentazione elettrica ha un costo importante in durata dell'UPS.

d) *L'UPS on line a conversione delta* (Fig.9), per ovviare alle mancanze dei sistemi on-line a doppia conversione sono state create nuove tecnologie (per potenze tra 5 kVA e 1,6 MW). Analogamente al sistema precedente, l'invertitore fornisce sempre la tensione di carico, in più il convertitore a delta aggiuntivo contribuisce a fornire energia all'uscita dell'invertitore apportando un notevole risparmio di energia. Il convertitore a delta controlla la corrente di ingresso, allo scopo di gestire la carica del gruppo batteria. Inoltre controlla le caratteristiche dell'alimentazione di ingresso, assorbendo energia in modo sinusoidale e riducendo al

minimo le armoniche riflesse sulla rete assicurandone la massima compatibilità tra rete e generatore e riducendo il riscaldamento e l'usura nel sistema di distribuzione dell'energia.
In presenza di anomalie o disturbi dell'alimentazione CA, questi sistemi manifestano un comportamento identico a quello dei sistemi on-line a doppia conversione.

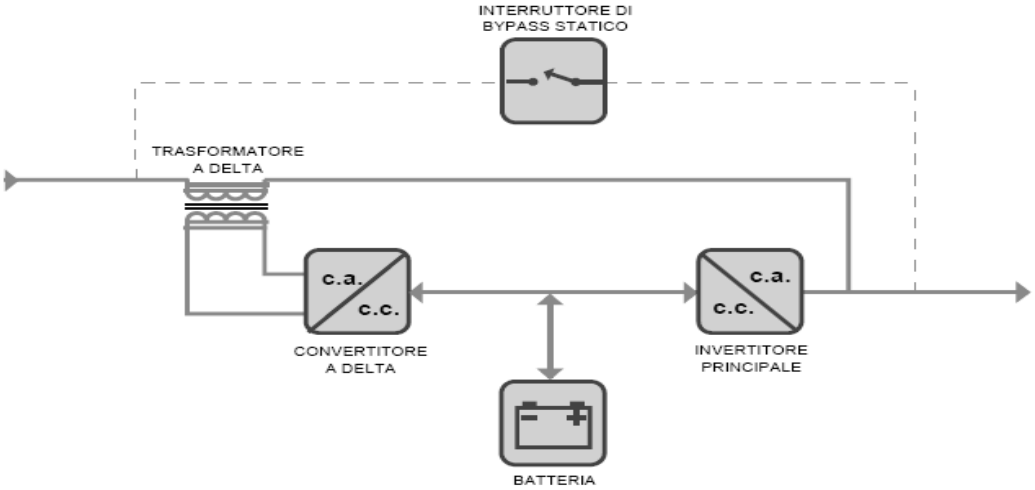


Fig.9

e) *L'UPS Line Interactive*, (Fig.10), L'invertitore collegato all'uscita è sempre attivo. Tale sistema assicura un filtro ulteriore e transitori di commutazione più brevi rispetto alla configurazione Standby. Il funzionamento dell'invertitore in senso inverso (con CA in ingresso normale) consente di ricaricare la batteria. Quando non è presente l'alimentazione in ingresso, il commutatore di trasferimento si apre e l'energia elettrica viene trasferita dalla batteria all'uscita dell'UPS.
Questo sistema è utilizzato comunemente per i server delle piccole aziende, i server Web e i server dipartimentali. In questo schema, il convertitore da batteria ad alimentazione CA (invertitore) è sempre collegato all'uscita dell'UPS.

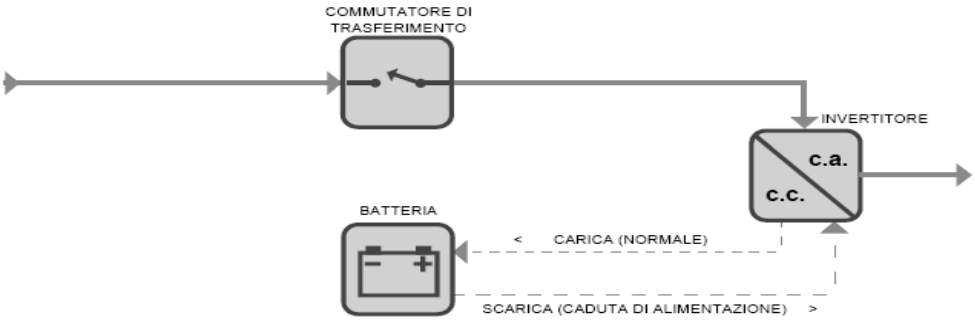


Fig.10

Riepilogo dei Sistemi UPS

	Intervallo di potenza "pratica" (kVA)	Condizio-namento della tensione	Costo per VA	Efficienza	Invertitore sempre attivo
Standby	0 - 0,5	Basso	Basso	Altissima	No
Line Interactive (Interagenti con la rete)	0,5 - 5	Dipendente dal progetto	Medio	Altissima	Dipendente dal progetto
Standby Ferro	3 - 15	Alto	Alto	Bassa - Media	No
On-line a doppia conversione	5 - 5.000	Alto	Medio	Bassa - Media	Si
On-line a conversione a delta	5 - 5.000	Alto	Medio	Alto	Si

Dati e schemi estratti da APCmedia

3.1.2 Invecchiamento degli accumulatori

Un'altra caratteristica fondamentale è che L'UPS abbia una buona autonomia di erogazione di energia in mancanza di fornitura della rete elettrica. Gli UPS si avvalgono di accumulatori che nel tempo perdono efficacia.
Ogni accumulatore invecchia in maniera diversa ed andrebbero fatti dei test sperimentali per valutarne le prestazioni.
Consideriamo comunque un accumulatore al Piombo e valutiamone le caratteristiche dalle esperienze che abbiamo accumulato.

Se consideriamo per esempio una macchina Personal Computer con assorbimento massimo di 300 Watts, in realtà un pc in media ha un assorbimento inferiore (supponiamo Wass sia nell'intervallo fra 140 e 160 Watt). In Fig.11 avremo t (tempo espresso in minuti) ed in ordinata Wups (potenza erogata dall'UPS).

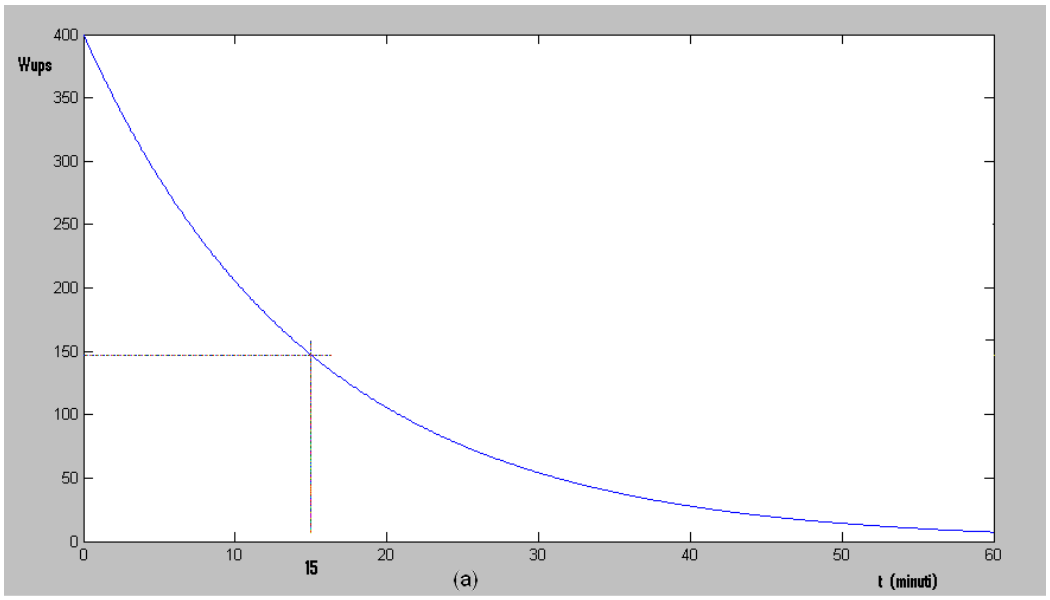


Fig.11 (a)

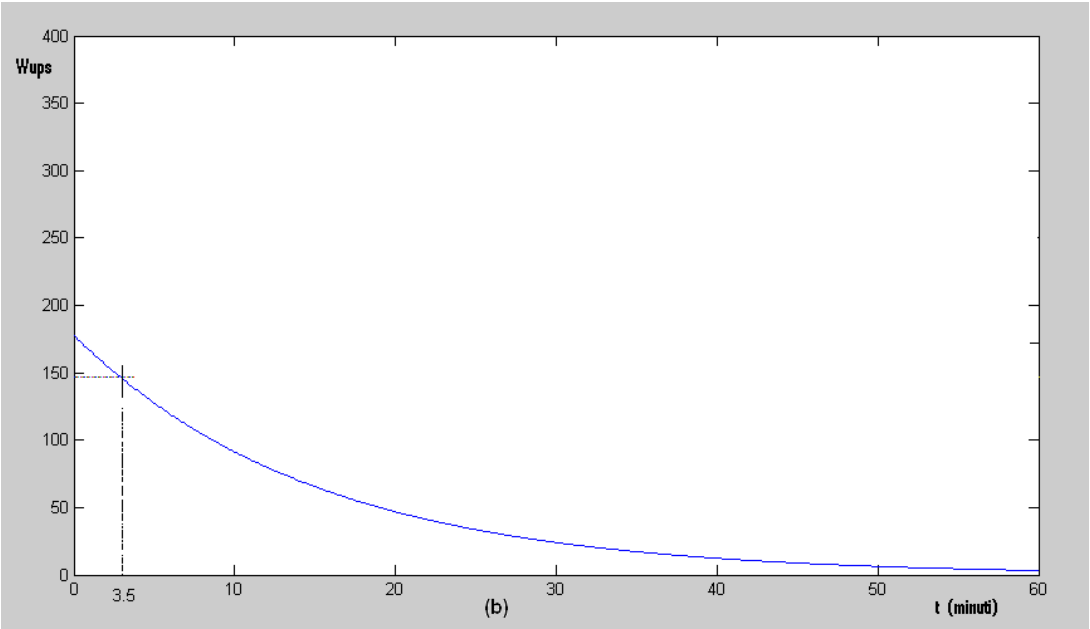


Fig.11 (b)

La legge che approssima meglio l'erogazione nel tempo e del tipo:

$Wups(t,\alpha)= A \exp(-t/\tau)\ 1/(\alpha/\beta+1)^2$
$\alpha = 0,1, \ldots n$ anni di invecchiamento
β = coefficiente di invecchiamento
(numero massimo di vita dell'UPS senza carico: dopo 4 anni di vita UPS ha una erogazione massima di ¼ di quando era nuovo).
Possiamo ipotizzare $\beta = 4$.
Dove A= potenza erogata massima del'UPC supponiamo A= 400 Watt
τ = tempo caratteristico
per $t = \tau$ Wups= $A/e \approx 147$ Watt
Possiamo valutare in via teorica quanto "invecchia" una batteria di accumulatori partendo da una nuova.
Quando si arriva Wups $\leq$ Wass la macchina va in Power Off (circa 15 minuti Fig.11 (a)).
Trascorsi 2 anni di vita, Fig.11 (b), notiamo che Wups = Wups ($t=0, \alpha$) è 4/9 Wups, quindi i minuti disponibili prima che avvenga il Power Off sono diventati circa quattro.
Dopo un certo numero di anni converrà quindi sostituire gli accumulatori.
Questo può dare un'idea di quanto tempo si ha a disposizione per salvare il lavoro e fare uno regolare shutdown del sistema.
In definitiva se uno volesse garantire a più macchine una continuità lavorativa (senza alcuna interruzione) sarebbe necessario un gruppo rotante, basato sull'utilizzo di un gruppo motore-generatore che alimenta direttamente il carico.

3.2 Esempio basato sull'utilizzo di macchine Workstation o Desktop

Schema fornito da www.apc.com

APC Smart-UPS XL 24V Battery Pack

Batteries & Runtime

Battery Volt-Amp-Hour Capacity	816
Battery Type	Maintenance-free sealed Lead-Acid battery with suspended electrolyte : leakproof
Battery mounting	--
Expected Battery Life (years)	3 - 5
RBC™ Quantity	1

Physical

Net Weight	31.36 KG
Maximum Height	216.00 mm
Maximum Width	170.00 mm
Maximum Depth	439.00 mm
Shipping Weight	33.18 KG
Shipping Width	320.00 mm
Shipping Height	387.00 mm
Shipping Depth	591.00 mm
Color	Black
Units per Pallet	24.00

Environmental

Operating Environment	0 - 40 °C
Operating Relative Humidity	0%
Operating Elevation	0-3000 meters
Storage Temperature	-15 - 45 °C
Storage Relative Humidity	0%
Storage Elevation	0-15000 meters

Conformance

Standard Warranty	2 years repair or replace

3.3 Esempio basato sull'utilizzo di macchine Server

Schema fornito da www.apc.com

APC Smart-UPS XL 48V Battery Pack Tower/Rack Convertible

Output

battoutvolt	48

Input

Nominal Input Voltage	48VDC

Batteries & Runtime

Battery Volt-Amp-Hour Capacity	1632
Battery Type	Maintenance-free sealed Lead-Acid battery with suspended electrolyte leakproof
Battery mounting	–
Expected Battery Life (years)	3 -5
RBC™ Quantity	2
Replacement battery cartridge note	For use with "SUA" 2200/3000VA 5U rack/tower models. Can be used with 3U models with SUA039 extension cable.

Physical

Net Weight	66.36 KG
Maximum Height	432.00 mm
Maximum Width	196.00 mm
Maximum Depth	503.00 mm
Shipping Weight	75.90 KG
Shipping Width	381.00 mm
Shipping Height	559.00 mm
Shipping Depth	762.00 mm
Rack Height	5U
Color	Black
Units per Pallet	3.00

Environmental

Operating Environment	0 -40 °C
Operating Relative Humidity	0%
Operating Elevation	0-3000 meters
Storage Temperature	-15 -45 °C
Storage Relative Humidity	0%
Storage Elevation	0-15000 meters

3.4 Esempio di una possibile sala CED

Una sala CED è costituita da un insieme di macchine (in genere situate in rack) Fig.12 ed altri apparati che creano, trasmettono, archiviano dati ed elaborano calcoli.

Fig.12

Il coesistere di apparati differenti (Gruppi Statici di continuità, Servers, Armadi di Rete, e quant'altro di utile per le attività lavorative e produttive), hanno posto due problematiche fondamentali: come raffreddare l'intera sala e come rendere ergonomico lo spazio disponibile.
Una possibile soluzione sono i Sistemi InfraStruXure INRow che presentano nuove soluzioni di raffreddamento per sale CED (Fig.13)

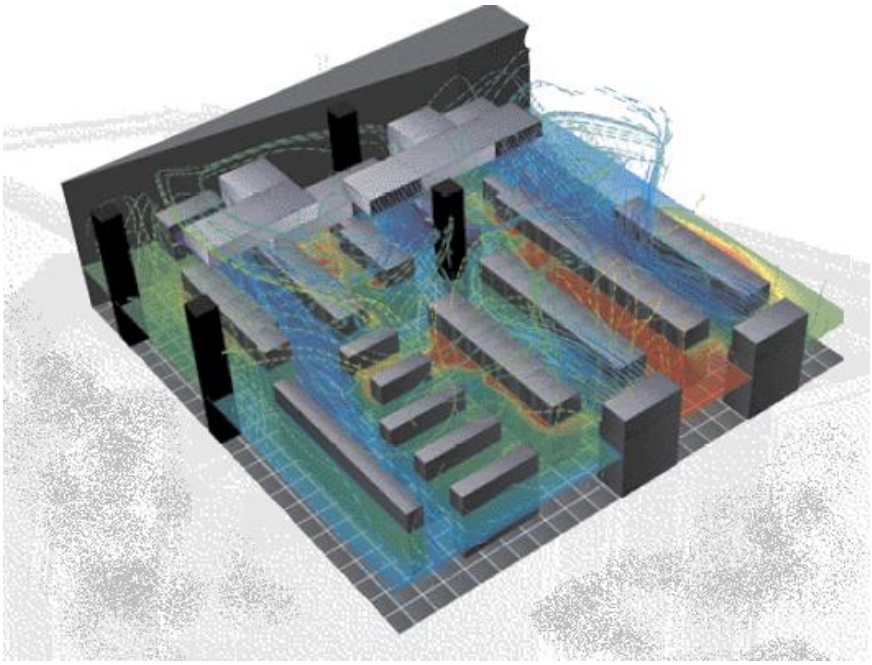


Fig.13

Questo sistema elimina il contatto tra l'aria fredda (linee blu) e calda (linee rosse) poiché vi sono delle unità (dotate di ventole) collocate nella fila di rack (in Fig.13 sulla destra in basso) che spostano la fonte di raffreddamento in prossimità del punto di generazione del calore.

Appendice

Energia elettrica nelle reti di distribuzione

Alimentano le apparecchiature elettriche con una tensione sinusoidale di ampiezza e frequenza fissa.
Nella seguente tabella troveremo alcuni esempi:

Nazione	Tensione domestica	Frequenza	Tipo Presa
Italia	230 V	50 Hz	C, F, L
U.S.A.	120 V	60 Hz	A, B
Giappone	100 V	50/60 Hz	A, B
Russia	220 V	50 Hz	C, F
Nigeria	240 V	50 Hz	D, G
Cina	220 V	50 Hz	A, I, G
Brasile	110–220 V	60 Hz	A, B, C
Regno Unito	240 V	50 Hz	G

Nelle condizioni reali vi è un "range" di fluttuazione intorno ai valori normali.
Nello standard Europeo (EN 50160) queste fluttuazioni vengono definite come normali se la tensione è nell'intervallo fra il -15% ed il +10%, mentre la frequenza fra il -6% ed il +4% .

Gruppi rotanti

Tutte le varianti di gruppi di continuità rotanti sono basate sull'utilizzo di un gruppo motore-generatore che alimenta direttamente il carico critico.
Esiste una versione (generatore-regolatore) che combina un'apparecchiatura sincrona, un motore diesel ad un accoppiamento ad induzione con una frizione a rotazione libera; mentre un'altra versione, più comune, combina un motore ed un generatore con un invertitore statico. Questi generano in uscita un'onda sinusoidale affidabile.

Architetture STS

I sistemi di trasferimento statici forniscono sorgenti di alimentazione duale al fine di migliorare l'affidabilità. Garantiscono un trasferimento automatico (in caso venga meno la sorgente primaria), omogeneo e veloce tra più sorgenti di alimentazione indipendenti.
Gli STS trovano applicazioni per esempio con due o più UPS distinti, erogando un'alimentazione ridondante ed immune dai guasti sui punti critici di carico ("mission critical"), o da anomalie provocate da correnti parassite, interruzioni di cavi, anomalie di funzionamento.

Direttive e Norme Tecniche

Le direttive principali che si applicano agli UPS sono la direttiva Bassa Tensione 2006/65/CE (L374 del 27/12/2006 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea) e la direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica 2004/108/CE (L390 del 31/12/2004 pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea) ed altre direttive che indicano i criteri di sicurezza che i materiali, le apparecchiature e le macchine devono possedere per poter essere commercializzate. Le apparecchiature devono avere la marcatura CE. Essa può essere apposta se il fabbricante redige una dichiarazione di conformità preparando una scheda tecnica (da conservare ai fini ispettivi da parte del fabbricante) che consenta di verificare i requisiti.

Per compatibilità elettromagnetica si intende che l'UPS deve funzionare in immunità (senza subire disturbi) e senza emissioni (senza disturbare) altri " device " tramite interferenze elettromagnetiche.

Vi sono altre norme relative all'installazione degli UPS:

- per installazioni elettriche negli edifici
- grado di protezione degli involucri
- interruttori in bassa tensione
- requisiti di sicurezza ed installazione batterie

Per ulteriori approfondimenti si possono consultare le normative tecniche *(*leggi italiane 186/68 e 46/90, Norma CEI 11-1, Norma CEl 11-20, Norma CEI 64-8, CEI 17-13, ecc.*)* rivolte ai costruttori ed installatori di questi apparati.
Un'importante certificazione è la conformità alle norme UNI EN ISO 9000 Garanzia di un sistema di alta qualità testato sia dal consumatore che dal fornitore mediante Istituti Esterni.

Glossario

AA Batterie alcaline (Standard ANSI 1947)
APC America Power Conversion
CA Convertitore da corrente continua in alternata
CED Centro Elaborazione Dati
CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche

CONNETTORI (Fig.14)

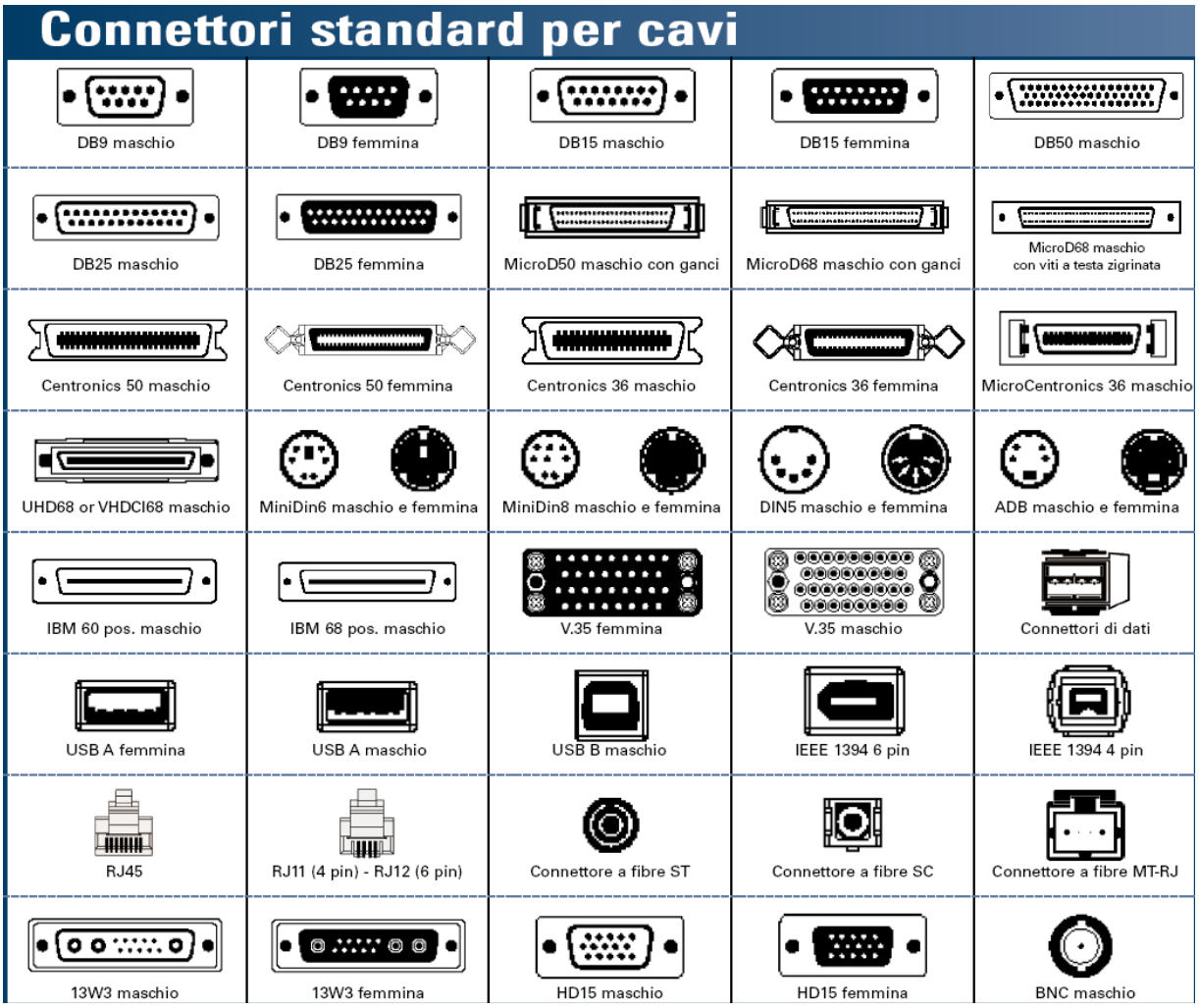


Fig. 14

d.d.p. differenza di potenziale
DNS Domain Name System
IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor
IIT Istituto di Informatica e Telematica
kVA 1000 VA
LAN Local Area Network
MAN Metropolitan Area Network
MOSFET Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

PRESE : (Fig.15)

A

B

C (CEE 7/16)

C (CEE 7/17)

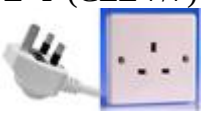
D (5 A)

D (15 A, anche nota come M)

E

F (CEE 7/4)

E+F (CEE 7/7)



G

H

I

J

K

L

M (Versione 15 A del tipo D)

RBC Replacement Battery Cartridge (Fig.16)

Fig.16

Sovraccarico
sono richieste temporanee da parte dell'utenza che superano gli assorbimenti in regime permanente.

SPINE Alcune tipologie di spine in commercio (Fig.17):

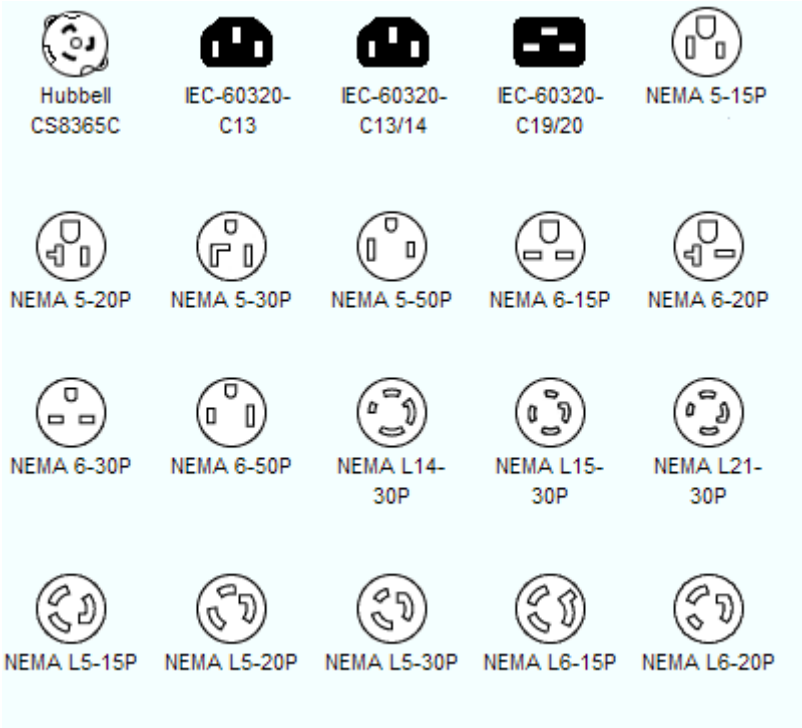


Fig.17

STS Static Transfer System. Sistema realizzato con componenti statici, per la commutazione del carico tra due sorgenti

UPC Unit power controller

UPS Uninterruptible Power Supply

VA

(voltampere) in elettrotecnica è l'unità di misura della potenza apparente in un sistema in corrente alternata:

P(VA)=P(W)/cosØ/n%x100

cosØ=sfasamento-utilizzatore

n%= rendimento percentuale dell'utilizzatore (in corrente alternata sinusoidale 1 VA è compreso nell'intervallo fra 0.50 e 0.75 W)

WAN Wide Area Network

Bibliografia

Le pile: generalità	*http://www.aei.it*
Fondamenti di Chimica	*E.Giusti*
CGT	*Divisione energia UPS CAT*
Accumulatori batterie e celle	*http://products.kompass.com*
Tossicità del Piombo	*http://www.phyles.ge.cnr.it*
Batterie al Piombo	*http://www.lsoft.it*
Batterie ricaricabili	*http://ulisse.sissa.it*
Appunti Speleo	*http://www.geocities.com*
APC	*http://www.apcc.com*
INVENSYS	*http://www.powerware.com/Italia*
ARGO	*http://www.argointl.com/products/ups.htm*
SOCOMEC-SICON	*http://www.directindustry.it*
Gruppi Statici di Continuità	*Guida Europea CEMEP*
InfraStruXure	*Datacenter On-Demand APC Italia*
I diversi tipi di sistemi UPS (APC)	*http://www.apcmedia.com*
Appunti seminario tecnico APC	*Datacenter On-Demand APC Italia*