

# Confronto tecnico delle topologie di UPS on-line e line- interactive

Jeffrey Samstad

Michael Hoff

**White Paper n. 79**

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## Sintesi

**I sistemi UPS con capacità inferiore ai 5000 VA sono disponibili in due versioni di base: line-interactive e on-line a doppia conversione. Questo documento descrive i vantaggi e gli svantaggi di ciascuna topologia e chiarisce alcune convinzioni erranee riguardo ai requisiti applicativi nel mondo reale.**

# Introduzione

Quando si deve scegliere il modello di UPS da acquistare, i fattori presi in considerazione dai decision maker sono quasi tutti evidenti e di facile comprensione: l'autonomia della batteria, il costo, le dimensioni, il costruttore, il numero di uscite, la gestibilità, ecc. Ma vi sono anche fattori meno visibili e non così semplici da capire. Uno dei meno compresi e più discussi è il design interno o **topologia**, che influisce sul modo in cui l'UPS funzionerà nei diversi ambienti.

La scelta della topologia giusta può essere complicata da affermazioni secondo cui certe topologie sono superiori e assolutamente necessarie per applicazioni *mission-critical*. Ma, dato che queste affermazioni sono solitamente "di parte" (ossia provengono da produttori che vantano i pregi della loro topologia "superiore"), è difficile prendere una decisione ponderata e razionale basandosi unicamente su di esse. L'obiettivo di questo documento è quello di descrivere obiettivamente i vantaggi e gli svantaggi delle due topologie più comuni: **line-interactive** e **on-line a doppia conversione**.

Ai due estremi dello spettro di potenza non ci sono molti dubbi sui meriti relativi di queste due topologie.<sup>1</sup> Oltre i 5000 VA è risaputo che la topologia line-interactive è poco praticabile, a causa delle sue grandi dimensioni e del costo superiore. All'altro estremo, ovvero al di sotto dei 750 VA, gli UPS on-line a doppia conversione vengono in genere esclusi, poiché altre topologie (compresa la line-interactive) sono più adatte ai carichi più bassi.

Di contro, il dibattito sulla topologia migliore è molto acceso per la fascia compresa tra i 750 VA e i 5000 VA. È qui dove i vantaggi funzionali ed economici dell'una rispetto all'altra non sono così evidenti e dipendono dalle peculiarità dell'installazione. Mentre la topologia line-interactive è diventata quella più comunemente prodotta e distribuita in questa fascia di potenza, gli sviluppi della tecnologia dei semiconduttori e delle tecniche di fabbricazione hanno ridotto il divario di prezzo rispetto agli UPS on-line a doppia conversione, rendendo la scelta tra i due più difficile che in passato. La scelta della topologia migliore in questa fascia "di sovrapposizione" richiede la comprensione dei vantaggi e degli svantaggi associati ad ognuna di esse.

---

<sup>1</sup> Nel caso delle potenze *molto* elevate (da 200000 VA in su) si discute invece dei vantaggi relativi dei sistemi **on-line a doppia conversione** e di quelli **on-line a conversione a delta**. Nel White Paper APC n. 1, "I diversi tipi di sistemi UPS," queste due topologie on-line vengono messe a confronto.

# Capire la propria applicazione

Prima di prendere una decisione qualsiasi sulla topologia dell'UPS, è importante capire quali sono i requisiti dell'apparecchiatura da proteggere e l'ambiente in cui l'UPS verrà installato. La conoscenza di questi requisiti fondamentali è essenziale per poter prendere una decisione ponderata sulla topologia UPS che meglio si adatterà al caso specifico.

## Apparecchiature IT e alimentazione CA: gli alimentatori a commutazione (Switch-Mode Power Supply; SMPS)

In genere l'energia elettrica viene distribuita come corrente alternata (c.a.) dalle aziende elettriche e dai gruppi elettrogeni di riserva. La tensione c.a. assume alternativamente valori positivi e negativi (teoricamente, con un'onda sinusoidale perfetta) intersecando l'asse dei tempi due volte durante ogni ciclo. Per quanto l'occhio umano non sia in grado di percepirlo, una lampadina a incandescenza in realtà "ammicca" con una frequenza di 100 o 120 volte al secondo (a seconda che la frequenza di rete sia di 50 o di 60 Hz) mentre la tensione assume un valore zero prima di cambiare segno.

In che modo l'apparecchiatura IT utilizza la corrente alternata per alimentare i propri circuiti di elaborazione? Deve anch'essa "spegnersi" 100 volte o più al secondo quando la tensione di linea cambia polarità? È evidente che c'è un problema da risolvere riguardante l'apparecchiatura IT. Il problema viene risolto praticamente in tutte le moderne apparecchiature IT utilizzando uno **Switch-Mode Power Supply (SMPS)**.<sup>2</sup> Tale dispositivo converte per prima cosa la tensione c.a. con tutte le sue anomalie (picchi di tensione, distorsioni, oscillazioni della frequenza, ecc.) in una corrente continua. Questo processo alimenta un elemento di accumulo di cariche elettriche, chiamato **condensatore** e interposto tra l'alimentazione c.a. in entrata e il resto dell'alimentatore. Questo condensatore è caricato a impulsi dall'ingresso c.a. due volte per ciclo, quando l'onda sinusoidale è prossima ai picchi (positivo o negativo) o coincide con essi, e si scarica alla velocità richiesta dai circuiti di elaborazione IT posti a valle. Il condensatore è progettato per assorbire questi normali impulsi c.a., oltre ai picchi anomali di tensione, per l'intera durata del suo ciclo di vita. Pertanto, a differenza della lampada a incandescenza, l'apparecchiatura IT funziona con una corrente continua stabile e costante, anziché con la corrente alternata pulsante dell'alimentazione di servizio.

Ma c'è dell'altro. I circuiti microelettronici richiedono tensioni continue molto basse (3,3 V, 5 V, 12 V, ecc.), mentre la differenza di potenziale ai capi del condensatore suddetto può raggiungere i 400 V. Per questo l'alimentatore SMPS converte la c.c. ad alta tensione in uscite c.c. a bassa tensione strettamente regolate.

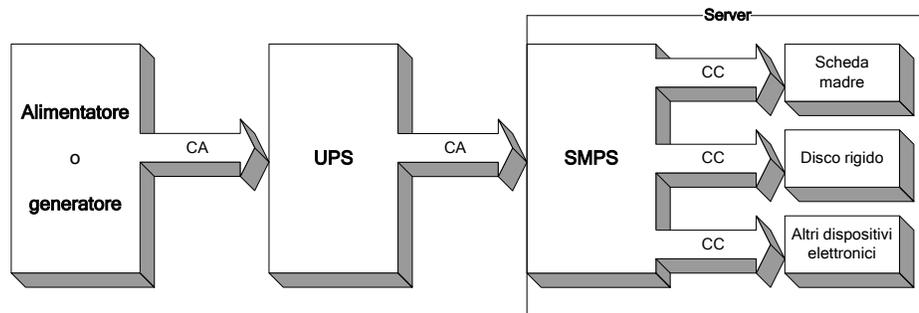
---

<sup>2</sup> "Switch-mode" (modalità di commutazione) si riferisce a una funzionalità dei circuiti interni dell'alimentazione che non ha nulla a che vedere con questa discussione.

Mentre esegue questa riduzione di tensione, l'alimentatore SMPS svolge un'altra importante funzione: fornisce l'**isolamento galvanico**. L'isolamento galvanico è una separazione fisica nei circuiti che serve a due scopi. Il primo è la sicurezza, ovvero la protezione dalle scosse elettriche. Il secondo scopo è la protezione dell'apparecchiatura dai danni o da problemi di funzionamento causati dai disturbi di modo asimmetrico (potenziale di terra). Per un approfondimento degli argomenti della messa a terra e dei disturbi di modo asimmetrico si rimanda ai White Paper APC n. 9 ("Suscettibilità dei computer ai disturbi di modo asimmetrico") e n. 21 ("Fatti e mitologia sui fili neutri").

La Fig. 1 mostra un'apparecchiatura IT (in questo esempio, un server) protetta da un UPS. Sono mostrati anche i componenti interni del server, compreso l'alimentatore SMPS.

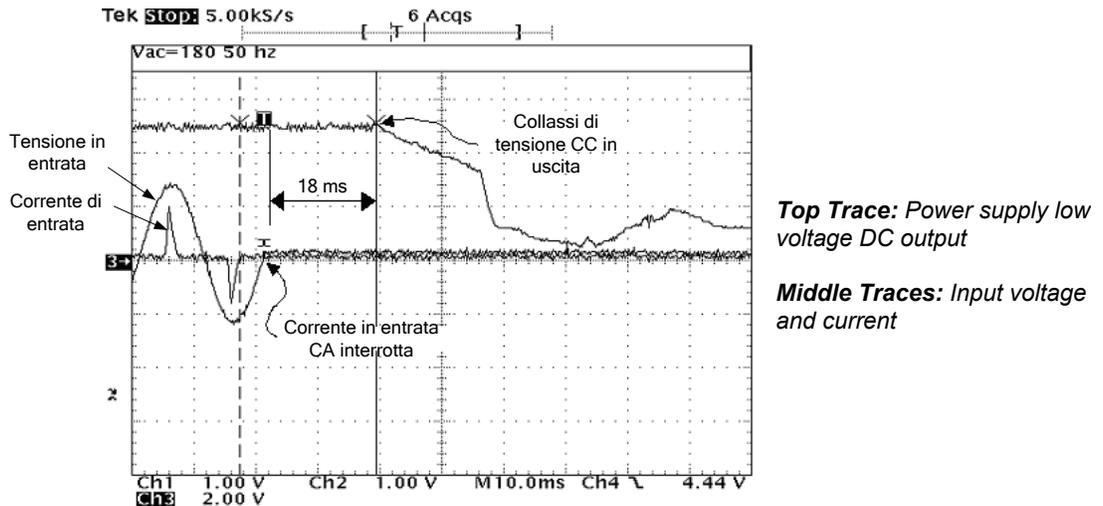
**Fig. 1 - Tipica applicazione UPS: UPS e server**



Negli intervalli tra due picchi dell'onda sinusoidale di ingresso c.a. l'alimentatore SMPS riesce anche a gestire altre anomalie e brevi interruzioni dell'alimentazione c.a. Questa funzione è importante per i produttori di apparecchiature IT, poiché di solito vogliono che il loro prodotto funzioni anche nei casi in cui non è presente un UPS. Nessun costruttore vorrebbe mettere in gioco la reputazione dei suoi prodotti in termini di qualità e prestazioni commercializzando un alimentatore che non riesce a gestire neppure la più piccola anomalia sulla linea c.a. Ciò vale in particolare per le reti e per le apparecchiature di elaborazione di fascia alta, le quali vengono normalmente costruite con alimentatori di qualità superiore.

Per dimostrare sperimentalmente questa immunità alle anomalie, l'alimentatore di un tipico computer è stato collegato a un carico pesante e quindi è stata tolta l'alimentazione c.a. L'uscita dell'alimentatore è stata monitorata per determinare per quanto tempo continuava ad essere erogata una tensione di uscita accettabile dopo la perdita dell'ingresso c.a. I risultati sono illustrati nella Fig. 2. Le forme d'onda corrispondono alla tensione di ingresso dell'alimentatore, alla corrente di ingresso e alla tensione c.c. di uscita.

**Fig. 2 - Continuità fornita dall'alimentatore**



Quando la c.a. viene tolta, l'uscita dell'alimentatore di un PC sottoposto a carico pesante crolla, ma lo fa con un notevole ritardo.

Prima di essere tolta, la *tensione* di ingresso è rappresentata dall'onda sinusoidale a sinistra nella Fig. 2. La *corrente* di ingresso (ovvero la traccia discontinua sotto la curva ad andamento regolare della tensione) è composta da un impulso breve sul picco positivo della tensione di ingresso e da un altro impulso breve in corrispondenza del picco negativo. Il condensatore dell'alimentatore SMPS è caricato solo durante questi impulsi di corrente. Per il resto del tempo, l'energia per alimentare i circuiti di elaborazione viene ricavata dal condensatore.<sup>3</sup> La tensione continua all'uscita dell'alimentatore SMPS è la traccia superiore della Fig. 2. Si osservi che la tensione di uscita resta strettamente regolata per 18 millisecondi dopo il distacco dell'ingresso c.a. APC ha testato diversi alimentatori di diverse marche di computer e di altre apparecchiature IT; i risultati sono stati simili. Se il carico degli alimentatori è modesto, il tempo di continuità è molto più lungo, poiché il condensatore si scarica più lentamente.

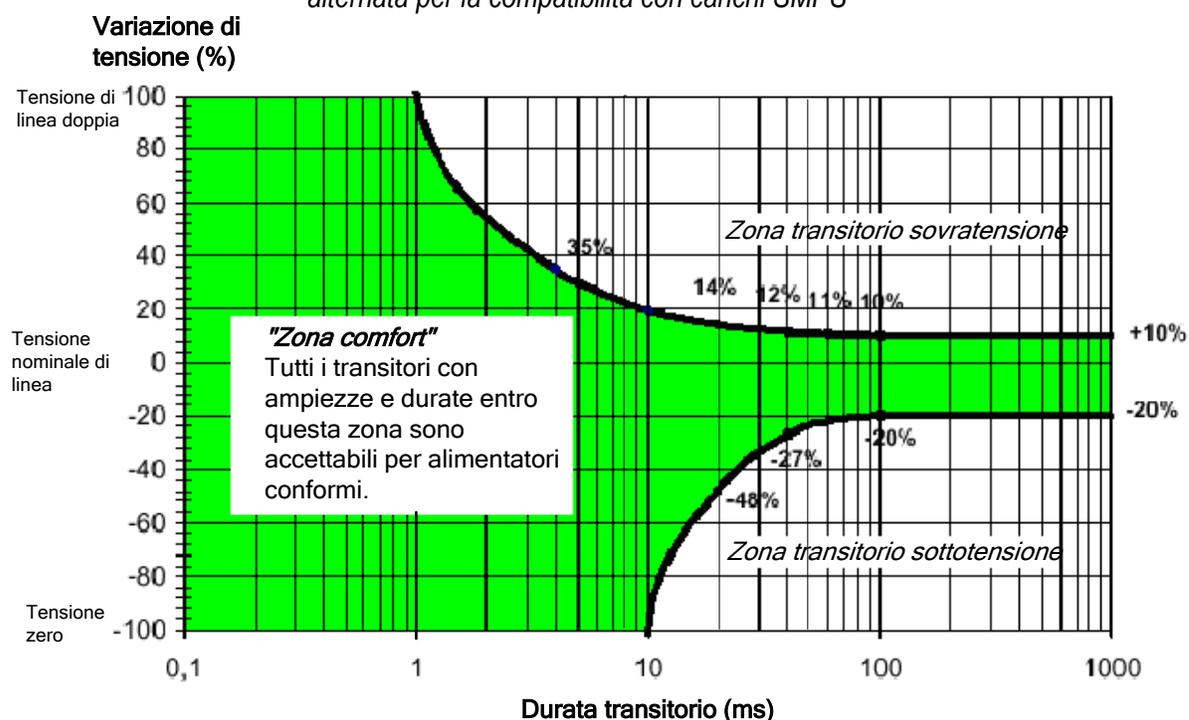
<sup>3</sup> Alcuni SMPS effettuano la correzione del fattore di potenza (PFC), che viene discussa più avanti, e hanno al loro ingresso una corrente con forma d'onda sinusoidale. Essi sono inoltre dotati di un condensatore ad alta tensione che ha la stessa funzione di garantire l'immunità dalle anomalie.

## Standard internazionali per la compatibilità degli UPS con carichi SMPS

Abbiamo visto che un alimentatore SMPS deve gestire brevi disturbi dell'alimentazione per essere in grado di ricavare energia da una tensione di ingresso alternata sinusoidale. Ma cosa significa "breve"?

La Fig. 3 mostra le specifiche dello standard internazionale IEC 62040-3. In esso sono definiti i limiti di ampiezza e di durata dei disturbi della tensione di uscita di un UPS accettabili per un carico SMPS. Come dimostra la forma della "zona di accettabilità", quanto minore è l'ampiezza del transitorio, tanto più a lungo esso può essere presente all'uscita dell'UPS. Si osservi che questo standard tollera la presenza *continua* di un intervallo piuttosto ampio di variazioni nella tensione (nominalmente, da +10% a -20%). In altri termini, la tensione di uscita dell'UPS può variare in quell'intervallo per un periodo di tempo indefinito, senza alcun effetto negativo sul funzionamento dell'alimentatore SMPS. Questo si deve al fatto che standard simili per l'alimentazione SMPS richiedono la gestione di un intervallo di anomalie di ingresso ancora più ampio di quello ammesso per l'uscita dell'UPS.<sup>4</sup>

**Fig. 3 -** Dallo standard IEC 62040-3: ampiezza e durata delle anomalie accettabili della tensione alternata per la compatibilità con carichi SMPS



*I disturbi della tensione ("transitori") la cui ampiezza e durata rientrano nell'area di accettabilità" verde possono essere presenti all'uscita dall'UPS collegato all'apparecchiatura SMPS; tutti gli altri non sono ammessi.*

<sup>4</sup> I relativi standard sugli SMPS, che definiscono l'insieme delle anomalie che un SMPS deve sopportare, sono la "IT/CBEMA curve" e l'IEC 61000-4-11.

Utilizzando la Fig. 3, i requisiti di compatibilità per un UPS con uscita nominale di 120 V c.a. sono i seguenti:

- per durate superiori a 1 millisecondo, la tensione di uscita dell'UPS può raggiungere i 240 V;
- per durate fino a 10 millisecondi, la tensione di uscita dell'UPS può essere 0;
- per durate fino a 100 millisecondi, possono essere presenti oscillazioni minori (in alto o in basso); la durata ammessa dipende dalla gravità del disturbo;
- per durate superiori a 100 millisecondi (compreso il funzionamento continuato), la tensione di uscita dell'UPS deve rimanere tra 96 V e 132 V.

Nella maggior parte dei paesi del mondo, eccetto alcuni ad economia emergente, l'alimentazione è relativamente stabile. In una giornata tipica si possono avere tensioni variabili, al massimo, del 5% al di sopra o al di sotto della tensione nominale, un valore ampiamente compreso nelle variazioni di tensione ammesse mostrate nella Fig. 3. Dato che un alimentatore SMPS può ricavare energia da una fonte c.a. con queste caratteristiche, si può affermare che esso possiede le caratteristiche "spartane" necessarie per un'interfaccia affidabile con la tensione di rete tipica.

Ricapitolando, gli alimentatori SMPS offrono i seguenti vantaggi:

- possono accettare ampie variazioni della tensione e frequenza di uscita senza che le prestazioni siano compromesse;
- hanno un isolamento galvanico integrato tra l'ingresso c.a. e le uscite c.c., per cui non è necessario un isolamento in modo comune (neutro-terra) a monte;
- possono accettare una quantità apprezzabile di distorsioni della tensione di ingresso senza che siano messe a rischio la vita utile o l'affidabilità;
- hanno un tempo di "continuità" intrinseco che consente di tollerare brevi interruzioni dell'alimentazione.

### Confronto tra mito e realtà

**MITO:** Le apparecchiature mission-critical richiedono un tempo di trasferimento UPS pari a zero, ad esempio per evitare il blocco e/o la perdita di dati a pacchetto negli switch di rete.

**REALTÀ:** Gli alimentatori SMPS sono impiegati nella maggior parte delle apparecchiature mission-critical e devono disporre di un tempo di continuità pari a 10 millisecondi o superiore per conformarsi agli standard internazionali (vedere la figura 3). Le apparecchiature elettroniche che non supportano tale tempo di continuità sono considerate di qualità inferiore o estremamente rare, generalmente si tratta di applicazioni specializzate (ovvero non computer o apparecchiature IT).

# Capire le alternative disponibili per l'UPS

Il White Paper APC n. 1, "I diversi tipi di sistemi UPS", descrive le cinque principali topologie di UPS utilizzate oggi, nonché le relative caratteristiche prestazionali:

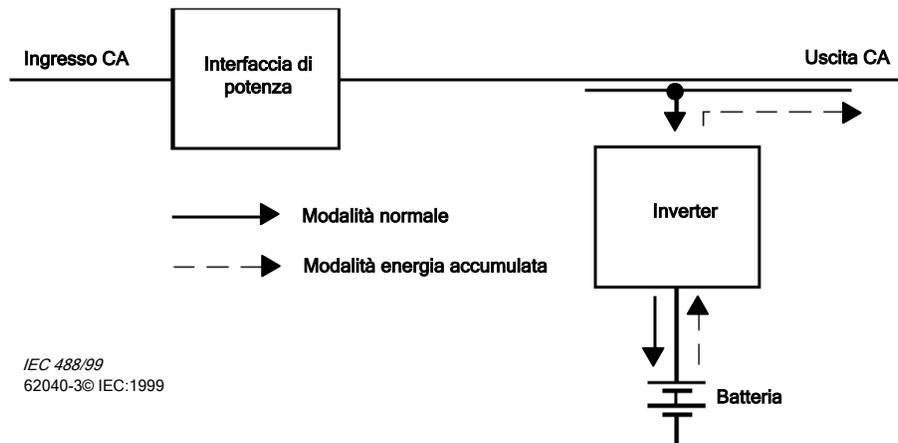
- Standby
- Line-interactive
- Standby-ferro
- On-line a doppia conversione
- On-line a conversione delta

Nella fascia di potenza tra 750 VA e 5000 VA, quasi tutti gli UPS attualmente venduti per essere utilizzati nelle applicazioni IT sono line-interactive o on-line a doppia conversione. Altre topologie sono poco comuni in questa fascia di potenza, per motivi che esulano dagli scopi di questo documento.

## UPS line-interactive

Un UPS **line-interactive** condiziona e regola l'alimentazione c.a. erogata dall'azienda elettrica, generalmente usando un solo convertitore principale. La Fig. 4 mostra la descrizione di questa topologia, ricavata dallo standard IEC 62040-3.

**Fig. 4 - Topologia degli UPS line-interactive ricavata dalla norma IEC 62040-3.**  
*Schema a blocchi, con interfaccia di alimentazione e blocco di conversione principale*



Quando è presente l'alimentazione c.a., il blocco "interfaccia di potenza" della Fig. 4 filtra l'alimentazione c.a., sopprime i picchi di tensione e fornisce una sufficiente regolazione della tensione per funzionare entro i limiti di specifica discussi in precedenza. Questo risultato viene spesso ottenuto con filtri passivi e con un trasformatore a variazione di presa. Il convertitore di potenza principale (il blocco "inverter") reindirizza una parte dell'alimentazione c.a. per mantenere le batterie completamente cariche mentre è presente la tensione alternata di linea. Questo normalmente richiede meno del 10% della capacità nominale dell'UPS; perciò, in questa modalità di funzionamento, i componenti restano freddi. Ad esempio, il blocco inverter in un UPS line-interactive da 3000 watt, mentre carica le proprie batterie, funziona solo a 300 watt (1/10 della sua capacità). Molti componenti dimensionati per un funzionamento a pieno carico, quando è presente la corrente alternata (la modalità di funzionamento più comune) possono funzionare di poco al di sopra della temperatura ambientale esterna. Quando la tensione alternata di linea esce dall'intervallo di ingresso dell'interfaccia di potenza, l'inverter eroga all'uscita c.a. l'alimentazione proveniente dalla batteria. L'intervallo delle tensioni di ingresso dell'interfaccia di potenza è solitamente una finestra fissa, normalmente compresa tra -30% e +15% della tensione nominale. Ad esempio, un UPS line-interactive con tensione di uscita nominale di 120 V manterrà la propria uscita tra 107 V e 127 V, mentre l'ingresso varia da 84 V a 138 V.

Un'importante sfumatura riguardo al funzionamento degli UPS line-interactive è che mentre filtrano e condizionano la tensione erogata al carico, non alterano la forma d'onda della corrente ricavata dal carico. Di conseguenza, se il carico ha un alimentatore SMPS con correzione del fattore di potenza (Power Factor Correction; PFC),<sup>5</sup> l'UPS line-interactive non distorcerà né interferirà con la correzione del fattore di potenza. Se l'alimentatore SMPS del carico *non* fornisce la correzione del fattore di potenza e preleva la propria corrente a picchi (come si vede nella Fig. 2), l'UPS line-interactive non altererà né "correggerà" questa forma d'onda.

In teoria, il numero ridotto di componenti e il funzionamento a freddo del convertitore di potenza principale (il blocco "inverter" della Fig. 4) dovrebbero contribuire a una maggiore durata e a un'elevata affidabilità. Nella pratica, invece, l'affidabilità è normalmente determinata da altri fattori, come descritto più avanti nel paragrafo [Considerazioni sull'affidabilità](#).

Grazie al costo ridotto e alla durata, gli UPS line-interactive sono stati usati con successo in milioni di installazioni IT in tutto il mondo.

---

<sup>5</sup> I dispositivi con correzione del fattore di potenza (PFC) prelevano la corrente dall'alimentazione c.a. come onda sinusoidale anziché impulsata. Per un'illustrazione dell'uscita senza PFC, vedere la Fig. 2.

### **Aspetti da considerare (line-interactive)**

Nei paesi in via di sviluppo o in aree con carenze infrastrutturali, in cui la tensione alternata di linea è instabile, ha oscillazioni marcate o è molto distorta, un UPS line-interactive può far intervenire la batteria 1-2 volte al giorno o addirittura più spesso. Ciò accade per i limiti di progettazione della topologia line-interactive, che non è in grado di impedire che marcate oscillazioni di tensione e distorsioni raggiungano il carico se non staccandolo dall'alimentazione c.a. e trasferendolo all'alimentazione a batteria. Anche se l'UPS line-interactive eroga una tensione di uscita che rientra nei limiti IEC (Fig. 3) per il tempo per cui è disponibile l'alimentazione a batteria, l'uso frequente della batteria ne riduce la capacità, riducendone l'autonomia e rendendola inefficace in caso di black-out di lunga durata. Inoltre, anche se le batterie non sono completamente scariche, l'uso frequente può costringere a sostituirle più spesso.

### **Vantaggi della topologia line-interactive**

- Minore consumo di energia elettrica (gestione più economica). Maggiore efficienza, perché viene eseguita una conversione di una potenza minore quando è presente un'alimentazione c.a. accettabile.
- Affidabilità teoricamente più alta. Un numero minore di componenti e temperature di funzionamento più basse (vedere più avanti, nel paragrafo **Considerazioni sull'affidabilità**).
- Carico termico minore sull'impianto. L'UPS produce meno calore.

### **Aspetti da tenere sotto controllo**

L'UPS line-interactive può non essere la scelta adeguata per le installazioni in cui

- l'alimentazione c.a. è instabile o molto distorta, poiché in questi casi la batteria viene usata troppo spesso perché l'uscita dell'UPS rientri nelle specifiche;
- è richiesta la correzione del fattore di potenza (Power Factor Correction; PFC) e il carico non svolge questa funzione.

## **UPS on-line a doppia conversione**

Come suggerito dal nome stesso, l'UPS **on-line a doppia conversione** converte l'alimentazione due volte. Prima di tutto, l'alimentazione c.a. (con i suoi picchi di tensione, le distorsioni e altre anomalie) viene convertita in corrente continua. Tale operazione viene effettuata in modo molto simile a quanto avviene nell'SMPS nelle apparecchiature IT, come descritto sopra. Sempre analogamente a quanto avviene all'alimentatore SMPS, l'UPS on-line a doppia conversione utilizza un condensatore per stabilizzare questa tensione continua e accumulare l'energia prelevata dall'ingresso c.a. Successivamente la c.c. viene riconvertita in c.a. strettamente regolata dall'UPS. Questa uscita c.a. può avere una frequenza diversa dall'ingresso, cosa non possibile con un UPS line-interactive. In presenza di alimentazione c.a., tutta la potenza erogata al carico passa attraverso questo processo di doppia conversione.

### **Confronto tra mito e realtà**

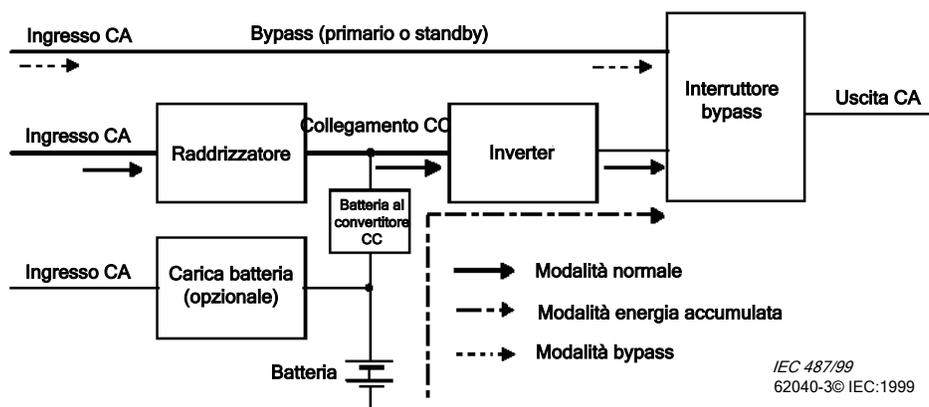
**MITO:** Gli UPS line-interactive non influiscono sull'alimentazione; i disturbi e i picchi arrivano attraverso gli alimentatori usurati.

**REALTÀ:** Le unità line-interactive di alta qualità dispongono di potenti funzioni integrate per l'eliminazione delle sovratensioni e dei disturbi allo scopo di mantenere le relative uscite entro i livelli accettabili in modo da non influenzare l'affidabilità del carico.

Se l'ingresso c.a. non rientra in un intervallo specificato, l'UPS preleva l'alimentazione dalla batteria in modo che la sua uscita non sia compromessa. In molte configurazioni on-line a doppia conversione, questo passaggio all'interno dell'UPS tra alimentazione c.a. e batteria richiede diversi millisecondi. Qui è di nuovo il condensatore nel "collegamento c.c." (vedere Fig. 5) a fornire all'inverter l'energia accumulata durante queste transizioni. Perciò, anche se c'è una breve interruzione nell'alimentazione al "collegamento c.c.", la tensione di uscita dell'UPS non viene influenzata ed è erogata in modo continuo.

Nelle topologie moderne è quasi sempre presente un circuito di carica della batteria; quindi un UPS on-line a doppia conversione normalmente ha almeno tre fasi di conversione della potenza. La Fig. 5 illustra questa tipologia secondo la descrizione contenuta nella norma IEC 62040-3.

**Fig. 5 - Topologia UPS on-line a doppia conversione, dalla norma IEC 62040-3.**  
*Schema a blocchi con quattro fasi di conversione*



Oltre ad eseguire la conversione c.a.-c.c., il raddrizzatore svolge anche la correzione del fattore di potenza (PFC), trasformando la corrente dalla linea c.a. in una sinusoide regolare anziché a impulsi (per una rappresentazione della corrente di ingresso senza PFC, vedere la Fig. 2). Dato che la PFC "corregge" la forma d'onda della corrente di ingresso, viene prelevata meno corrente e vengono inoltre ridotte le armoniche ad alta frequenza. Ciò accade anche quando l'apparecchiatura IT alimentata dall'UPS preleva corrente in modo pulsato (senza PFC). Per ulteriori informazioni sulla correzione del fattore di potenza e sulle armoniche neutre, vedere il White Paper APC n. 26, "Rischi connessi con le armoniche e i sovraccarichi neutri".

Durante il funzionamento a pieno carico, l'intervallo accettabile di tensioni alternate di ingresso di un UPS on-line a doppia conversione è simile a quello di un UPS line-interactive. Diversamente dall'UPS line-interactive, però, l'on-line a doppia conversione può funzionare con una tensione di ingresso molto minore se l'UPS non è completamente carico. Ciò significa che un UPS a doppia conversione a 120 V può essere in grado di funzionare con l'alimentazione c.a. in presenza di carichi molto modesti, anche quando la tensione di ingresso è addirittura il 50% di quella nominale (60 V). Si tratta di una caratteristica interessante della topologia on-line, anche se risulta utile molto raramente (se non per scopi dimostrativi), perché i disturbi prolungati di questa entità sono molto rari e perché le condizioni di carico, nella pratica, sono variabili.

Un UPS on-line è di solito più piccolo di un UPS line-interactive di capacità equivalente. Anche se ha un numero maggiore di componenti (normalmente il triplo), questi sono di dimensioni minori. Ciò vale in particolare per le unità di maggiore potenza (al di sopra dei 2200 VA) ed è sempre vero se si esegue un confronto con un UPS line-interactive con tempo di autonomia scalabile.

Normalmente la topologia on-line include un circuito di by-pass che viene usato in caso di sovraccarico prolungato o se ci sono problemi in uno dei circuiti di doppia conversione. Le transizioni tra il by-pass e l'inverter spesso tolgono l'alimentazione per pochi millisecondi, in modo simile a quanto accade quando l'UPS line-interactive passa al funzionamento a batteria. Ne consegue che molte unità on-line, per ovviare a questi disturbi all'uscita dell'UPS, sono realizzate con alimentatori SMPS. Come per le unità line-interactive, ciò non costituisce un problema, purché il disturbo all'uscita dell'UPS rientri nelle specifiche illustrate in Fig. 3.

#### **Aspetti da considerare (on-line a doppia conversione)**

Le fasi di conversione dell'alimentazione on-line, che vengono eseguite continuamente per erogare la tensione di uscita strettamente regolata che caratterizza questi UPS, possono sostenere carichi alla loro piena potenza nominale. A queste maggiori prestazioni, tuttavia, sono associati costi più alti.

A causa degli stadi di potenza multipli, un tipico UPS on-line a doppia conversione avrà molti più componenti di un UPS line-interactive equivalente. Poiché questi componenti elaborano continuamente tutta l'alimentazione assorbita dal carico, le loro temperature sono di solito più alte di quelle dei componenti di un UPS line-interactive, in presenza di alimentazione c.a. In teoria, sia il funzionamento continuato che le temperature più alte causano una riduzione dell'affidabilità dei componenti dell'UPS. Nella pratica, però, l'affidabilità è spesso determinata da altri fattori, come descritto più avanti nel paragrafo **Considerazioni sull'affidabilità**.

#### **Confronto tra mito e realtà**

**MITO:** Gli UPS on-line offrono una maggiore protezione contro i disturbi CM (Common-Mode).

**REALTÀ:** Sebbene sia possibile progettare topologie sia on-line che line-interactive con isolamento galvanico, queste generalmente utilizzano componenti passivi per ridurre la tensione CM. Pertanto nessuna delle due topologie offre un vantaggio fondamentale in questo senso. Gli alimentatori SMPS dispongono già di isolamento galvanico, pertanto non è necessario l'isolamento esterno. Per ulteriori informazioni, vedere i White Paper APC n. 9 e n. 21.

Un altro fattore da considerare è l'energia supplementare necessaria per far funzionare un UPS on-line a doppia conversione. Un UPS on-line a doppia conversione funziona costantemente con un'efficienza compresa tra l'85% e il 92% (variabile in funzione del progetto), rispetto al 96-98% di un UPS line-interactive. Un UPS completamente carico da 1000 W con un'efficienza del 90%, ad esempio, consumerà continuamente 100 W di potenza. Tale potenza assorbita si traduce mediamente in un costo extra di circa 100 dollari all'anno. Oltre ai costi di consumo, questi 100 W di calore devono essere allontanati dall'ambiente, causando un aumento nei costi di raffreddamento che può variare in funzione dell'efficienza del particolare impianto di raffreddamento. Può non sembrare molto, ma se si considera la somma di tutte le perdite di tutti gli UPS in un'azienda oppure il consumo totale di energia per l'intera vita utile di un singolo UPS, questa cifra si traduce in una componente importante del costo totale di possesso dell'UPS. Di contro, un UPS line-interactive con un carico simile avrà un costo energetico per potenza di carico pari a un terzo.

#### *Vantaggi dell'UPS on-line a doppia conversione*

- Funziona meno spesso a batteria quando la tensione di ingresso è molto distorta o presenta ampie oscillazioni
- Esegue la correzione del fattore di potenza (PFC), indipendentemente dal tipo di carico
- È più compatto e leggero, soprattutto a livelli di potenza più elevati
- Può regolare la frequenza di uscita e addirittura eseguire la "conversione" della frequenza da 50 a 60 Hz (e viceversa)

Si potrebbe sostenere che una tensione alternata di uscita strettamente regolata sia un *vantaggio* della topologia on-line. Tuttavia un alimentatore SMPS non richiede una c.a. strettamente regolata, poiché la regolazione della tensione viene fornita dall'SMPS stesso, come descritto prima in questo documento.

#### *Aspetti da tenere sotto controllo*

- L'UPS on-line a doppia conversione contiene più componenti che funzionano in modo ininterrotto a temperature più alte e, a parità di condizioni, hanno una vita utile inferiore rispetto a parti simili dell'UPS line-interactive.
- L'UPS on-line a doppia conversione consuma più corrente elettrica di un UPS line-interactive, perché esegue costantemente la conversione e la riconversione dall'ingresso all'uscita, in presenza di alimentazione c.a.
- L'UPS on-line a doppia conversione produce più calore, che si propaga all'ambiente IT. Questo calore deve essere efficacemente eliminato per contrastare gli effetti di riduzione della vita utile su altri sistemi e addirittura sulle batterie dello stesso UPS.

### Confronto tra mito e realtà

**MITO:** Una regolazione della tensione più efficiente migliora le prestazioni e l'affidabilità dell'apparecchiatura IT.

**REALTÀ:** Tutti gli alimentatori SMPS convertono la tensione in ingresso CA (insieme ai picchi e alla distorsione ad essa correlati) in alimentazione CC costante, che viene quindi utilizzata per creare uscite CC regolate correttamente per tutti i carichi IT. Le condizioni della linea di ingresso entro le gamme nominali NON influiscono sulla qualità delle uscite degli alimentatori SMPS o sulle prestazioni dell'apparecchiatura IT. Per questo motivo sul telaio di tali alimentatori sono stampate le tensioni nominali.

## Considerazioni sull'affidabilità

In entrambe le topologie, alcuni aspetti della progettazione teoricamente prolungano o accorciano la vita utile e l'affidabilità. Nell'UPS line-interactive, il numero minore di componenti e il funzionamento a freddo dello stadio di potenza principale tendono entrambi a far *umentare* la vita utile e l'affidabilità. Nell'UPS on-line a doppia conversione, il funzionamento continuo e le temperature di funzionamento più alte tendono a *ridurre* la vita utile e l'affidabilità.

Nella pratica, però, l'affidabilità è generalmente determinata dalla bontà della progettazione e della costruzione dell'UPS, nonché dalla qualità dei componenti utilizzati, indipendentemente dalla topologia. Dato che la qualità dipende dal fornitore, potranno esserci prodotti on-line a doppia conversione di alta e line-interactive di bassa qualità, e viceversa.

## Riassunto comparativo

La tabella seguente riassume i principali vantaggi e svantaggi della topologia di UPS line-interactive e di quella on-line a doppia conversione.

**Tabella 1 - Confronto delle topologie line-interactive e on-line a doppia conversione**

TOPOLOGIA	Affidabilità	Costo totale di possesso	Ingresso	Uscita	Dimensioni/peso
<b>Line-interactive</b>	<b>+</b>  Numero minore di componenti  Temperatura di funzionamento o più bassa	<b>+</b>  Costo iniziale minore (numero minore di componenti)  Costi di gestione inferiori (meno energia elettrica)	<b>-</b>  Senza PFC  Distorsioni molto marcate della tensione possono richiedere un utilizzo frequente della batteria	<b>+ / -</b>  La frequenza di uscita varia in un intervallo regolabile	<b>-</b>  Normalmente più grande/pesante
<b>On-line a doppia conversione</b>	<b>-</b>  Numerosi componenti  Temperatura di funzionamento o più elevata	<b>-</b>  Costo iniziale superiore (numero maggiore di componenti)  Costi di gestione superiori (energia elettrica e raffreddamento)	<b>+</b>  Con PFC  Accetta una distorsione estrema della tensione senza passare alla batteria	<b>+</b>  Uscita fissata a una frequenza regolabile	<b>+</b>  Normalmente più piccolo/leggero, soprattutto a livelli di potenza più elevati

# Conclusioni

Nell'intervallo di potenza compreso tra 750 VA e 5000 VA, entrambi i tipi di UPS offrono una protezione adeguata delle apparecchiature IT dai disturbi di alimentazione; scelta della topologia più opportuna dipende quindi sostanzialmente dalle peculiarità dell'applicazione del cliente.

Dato che il costo iniziale, le spese di gestione, la produzione di calore e l'affidabilità sono fattori molto importanti in tutte le applicazioni, la scelta dovrebbe ricadere sulla topologia line-interactive. Questi UPS, in effetti, si comportano in modo efficiente e affidabile negli ambienti IT tipici.

In determinate circostanze, però, la topologia on-line a doppia conversione può essere più adatta. Nelle aree geografiche in cui l'alimentazione c.a. è fortemente distorta e/o presenta variazioni di tensione estreme, un UPS on-line a doppia conversione utilizzerà la batteria meno frequentemente per mantenere un'uscita adeguata, ciò preserverà la capacità della batteria per i blackout più prolungati e ne prolungherà la vita utile. Inoltre la riduzione dei costi di sostituzione della batteria può controbilanciare al minore costo iniziale e di gestione degli UPS line-interactive. Altre situazioni meno comuni, che potrebbero far optare per un UPS on-line a doppia conversione, sono quelle che richiedono la correzione del fattore di potenza (PFC), un ingombro ridotto o la conversione della frequenza; situazioni di questo tipo possono presentarsi, ad esempio, nel caso delle apparecchiature medicali o della strumentazione.

## Informazioni sugli autori

**Jeffrey Samstad** è ingegnere capo per la linea di prodotti Smart-UPS RT presso American Power Conversion. È laureato in Ingegneria Elettrica ed ha 14 anni di esperienza nella conduzione di team di progettazione di UPS e nello sviluppo di diverse architetture di UPS.

**Michael Hoff** si è laureato in Ingegneria Elettrica, con specializzazione sui sistemi di alimentazione, presso la Northeastern University e conduce un gruppo di ricerca sulle nuove tecnologie presso American Power Conversion. Durante i suoi 16 anni trascorsi in APC ha sviluppato gruppi di continuità e architetture UPS ed ha gestito progetti, team e gruppi per lo sviluppo di prodotti negli Stati Uniti e all'estero.