

# Avanza la tecnologia, diminuisce l'impatto

Gli UPS di ultima generazione, oltre a garantire assoluta continuità di servizio, integrano le funzioni di filtro delle armoniche e di rifasamento dei carichi anche alle più alte potenze.

Stefania Ceccarini e Eugenio Mascagni\*



I gruppi statici di continuità, più comunemente denominati UPS (Uninterruptible Power Supply), agendo come interfaccia tra la rete e le utenze, forniscono al carico un'alimentazione elettrica continua di alta qualità, indipendentemente dallo stato della rete di alimentazione a monte. Gli UPS garantiscono una tensione di alimentazione affidabile, esente dai disturbi di rete, entro tolleranze compatibili con i requisiti delle apparecchiature elettroniche, avvalendosi di una fonte di alimentazione di riserva (batteria), qualora la rete pubblica venga temporaneamente a mancare. Gli UPS, oltre che dalla batteria e da alcune funzioni accessorie (es. bypass) sono generalmente costituiti da due blocchi principali:

- uno stadio di ingresso, il raddrizzatore-caricabatterie, per convertire la corrente alternata in corrente continua, che più specificatamente è visto dall'impianto elettrico circostante come un carico da alimentare;
- uno stadio d'uscita, l'inverter, per trasformare questa tensione continua in alternata perfettamente stabilizzata e filtrata, a sua volta visto come sorgente di alimentazione per le utenze. Il gruppo di continuità, frapponendosi tra il carico e la sorgente di alimentazione a monte, "sposta" al suo ingresso eventuali problemi dovuti a sfasamento (carichi "svattati") e distorsione armonica (carichi distorcenti) della corrente assorbita. Gli inconvenienti causati da tali tipi di utenze consistono tipicamente nella necessità di sovradimensionare l'impianto a monte (per evitare eventuali sovratemperature o funzionamenti anomali ad es. del generatore diesel), di aggiungere filtri di rifasamento e di riduzione delle armoni-

che e nella possibilità di malfunzionamento di altre utenze connesse con la stessa rete a monte. E' quindi importante che lo stadio di ingresso di un UPS riduca al minimo lo sfasamento e la distorsione armonica della corrente assorbita in ingresso, specialmente quando si tratta di grossi impianti critici con soluzioni di alimentazione protetta centralizzata.

## Soluzioni adottate nel corso degli anni

Nel corso degli anni sono state adottate diverse soluzioni per limitare l'im-

patto inquinante sull'impianto a monte: Raddrizzatore dodecafase: il raddrizzatore, a tiristori, consiste in un doppio ponte raddrizzatore con adeguato sfasamento che annulla le correnti armoniche di maggiore entità (5° e 7°), ma che comporta l'aggiunta anche di ingombranti e dissipanti trasformatori/induttanze;

Filtri passivi: di norma condensatori e induttanze a monte dell'UPS, estremamente ingombranti e talvolta incompatibili con la sorgente a monte (es. generatore diesel) e con risultati non sempre soddisfacenti; meglio se usati con un raddrizzatore dodecafase sem-

plicemente per ridurre le armoniche successive (11° e 13°) e rifasare.

Filtri attivi: questi vengono installati principalmente in parallelo all'ingresso del raddrizzatore. Annullano attivamente le correnti armoniche in ingresso assorbite dal raddrizzatore evitando che abbiano impatto sul circuito di alimentazione a monte, ma sono normalmente molto costosi. Raddrizzatore PFC (correzione del fattore di potenza) con controllo PWM: la corrente in ingresso del raddrizzatore viene commutata e modulata in modo da ottenere un assorbimento della corrente sinusoidale con bassissimo

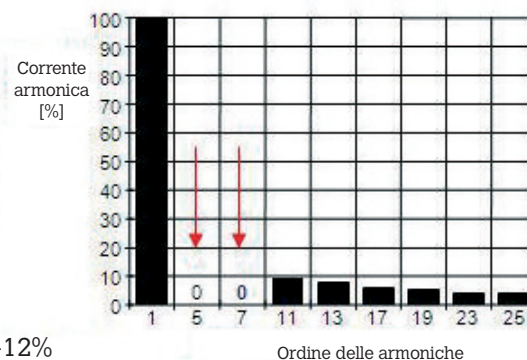
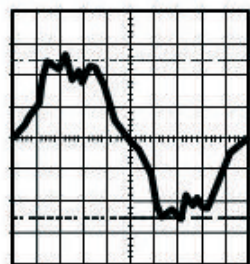
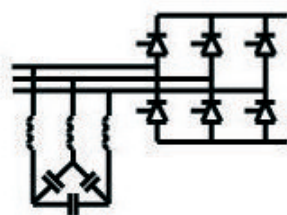
contenuto di armoniche ed elevato fattore di potenza in ingresso. Il raddrizzatore non genera correnti armoniche significative in ingresso.

## Soluzioni allo stato dell'arte e benefici

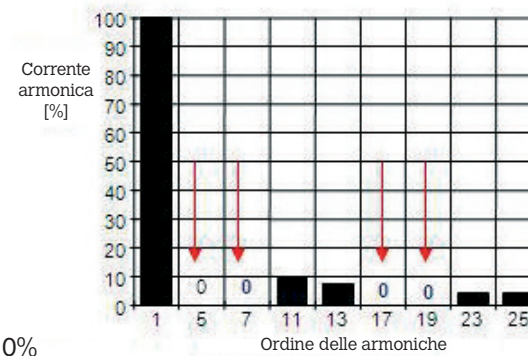
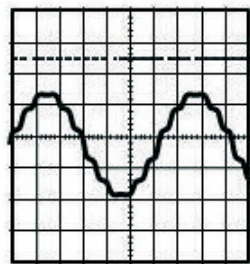
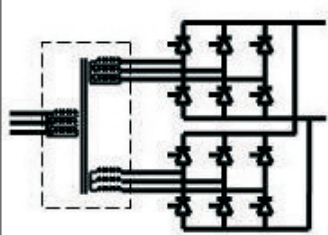
Le soluzioni più avanzate prevedono la realizzazione di un raddrizzatore dotato di controllo attivo del fattore di potenza in ingresso (PFC) tramite stadio di conversione di potenza a IGBT con PWM ad alta frequenza. Ciò comporta la capacità di assorbire energia dalla rete con un **fattore di potenza pari a 0,99** in condizioni normali e corrente dalla rete con un **contenuto armonico al di sotto del 3%**. L'aspetto interessante è che ad oggi alcuni tra i più importanti produttori mondiali di UPS sono in grado di fornire tale tecnologia anche negli apparati di taglia più alta (500-800 kVA), destinati a impianti centralizzati, quali grossi datacenter ed ISP, che sono tra i più sensibili alla riduzione dell'impatto inquinante. I benefici salienti ottenuti sono i seguenti:

Rispetto ad un tradizionale raddrizzatore dodecafase, la soluzione proposta non prevede l'utilizzo di

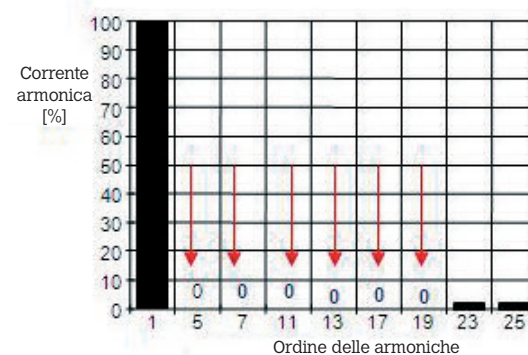
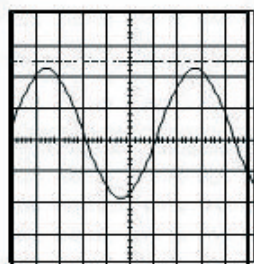
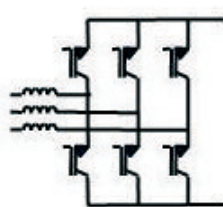
Diverse soluzioni di riduzione delle armoniche nei raddrizzatori trifase con relativi forma d'onda della corrente di ingresso e spettro armonico



Raddrizzatore esafase con filtro - THD%:10-12%



Raddrizzatore dodecafase - THD%: 8-10%



Raddrizzatore PFC - THD%: 3-5%

trasformatore od autotrasformatore in ingresso, evitando così le alte correnti di spunto all'inserzione, nonché ingombri eccessivi. I valori percentuali di contenuto armonico della corrente in ingresso sono poco influenzati dalle condizioni di carico, mentre con raddrizzatore dodecafase aumentano al diminuire del carico stesso. I valori di fattore di potenza e distorsione armonica sopra citati sono ottenuti senza l'ulteriore necessità di aggiungere filtri, come è invece necessario con raddrizzatore dodecafase. Ciò evita eventuali problemi di risonanza tra i condensatori del filtro THD ed una sorgente a monte ad alta impedenza (es. generatore diesel), nonché problemi al filtro stesso se la tensione a monte è particolarmente distorta. Le prestazioni indicate sono garantite a qualunque percentuale di carico, senza i problemi di sovracompensazione per carichi bassi. Il fattore di potenza pari a 0,99 permette, a parità di potenza erogata, una minore corrente assorbita a monte, con conseguente possibilità di riduzione dimensionale dell'impianto elettrico. Le prestazioni di raddrizzatore appena descritte rendono l'apparato particolarmente adat-

to a funzionare anche in presenza di generatore diesel a monte, visto il pressoché trascurabile contenuto armonico della corrente assorbita e l'assenza di sfasamento della corrente medesima. Ciò previene la necessità di un eccessivo e quindi costoso sovradimensionamento del generatore stesso.

L'uso della tecnologia sopra descritta permette una realizzazione **estremamente compatta**, a differenza delle soluzioni tradizionali a SCR dove sono richiesti spazi aggiuntivi per trasformatori e filtri per ridurre le armoniche.

Un altro vantaggio non trascurabile è quello di avere un **rendimento estremamente elevato**, con un'efficienza tipica del 95% rispetto ad un rendimento del 92% (esempio di apparati da qualche centinaio di kVA) di una soluzione dodecafase che presenta perdite aggiuntive sulle magnetiche accessorie e sui filtri. Ciò comporta un risparmio nel **consumo d'energia** durante l'esercizio degli apparati, nonché un **risparmio nell'utilizzo degli impianti di condizionamento** previsti per la rimozione dal calore sviluppato dagli apparati stessi.

### PERCHÉ IN UN UPS DI ULTIMA GENERAZIONE LA POTENZA NOMINALE IN INGRESSO È MINORE DELLA POTENZA NOMINALE IN USCITA

La spiegazione di quello che sembra un paradosso energetico risiede nelle caratteristiche di ingresso e di uscita dei moderni UPS ad assorbimento sinusoidale, con correzione attiva del fattore di potenza.

Tramite opportune tecniche di controllo e l'impiego di dispositivi di commutazione ad IGBT nello stadio raddrizzatore, essi assorbono la potenza attiva nominale, più quella dissipata, comportandosi come un carico puramente resistivo, dunque a fattore di potenza praticamente unitario e con un assorbimento quasi sinusoidale di corrente (a meno del modesto contenuto armonico reiniettato in rete). In ingresso, dunque, la potenza nominale apparente coincide con la potenza attiva nominale di uscita, più un contributo (tipicamente meno del 7%) che tiene conto del rendimento ( $\eta$ ) e del fattore di distorsione armonica della corrente di ingresso ( $k$ ) [1] (in condizioni nominali la potenza assorbita dalla batteria per il mantenimento del livello di carica è trascurabile).

Per ciò che riguarda le caratteristiche di uscita, i costruttori di UPS dimensionano le loro macchine per alimentare carichi con un fattore di potenza nominale tra 0,8 e 0,9. La potenza apparente nominale in uscita è quindi la potenza attiva nominale, maggiorata secondo il fattore di potenza nominale [2] (la potenza reattiva impegnata dai carichi è scambiata con gli elementi reattivi del filtro di uscita dell'UPS).

$$[1] S_{in} = k \cdot \frac{P_{out}}{\eta \cdot \cos(\varphi)_{in}}; \cos(\varphi)_{in} \cong 1$$

$$[2] S_{out} = \frac{P_{out}}{\cos(\varphi)_{out}};$$

Attraverso le precedenti relazioni si può ricavare la potenza apparente nominale in ingresso in funzione di quella in uscita:

$$[3] S_{in} = k \cdot \frac{\cos(\varphi)_{out}}{\eta \cdot \cos(\varphi)_{in}} \cdot S_{out}$$

Per valori tipici di fattore di potenza nominale in ingresso 0,99, fattore di potenza nominale in uscita 0,8, rendimento nominale del 95% e fattore di distorsione armonica di corrente 1,02 (corrispondente ad un THDi% del 3%), si ottiene:

$$[4] S_{in} = 0,86 \cdot S_{out}$$

### UPS, DISTORSIONE ARMONICA E FATTORE DI POTENZA

Dal punto di vista impiantistico, un UPS è un *carico* per il generatore a monte e un *generatore* per i carichi da esso alimentati. Da ciò consegue anche che i parametri di ingresso di un UPS sono da considerare *specifiche* per l'impianto a monte, mentre i parametri di uscita sono *prestazioni* dell'UPS per l'impianto a valle. Il generatore a monte vede una corrente in ingresso all'UPS non perfettamente sinusoidale, a causa degli elementi non lineari che costituiscono il raddrizzatore. L'UPS è quindi un *carico non lineare*, che assorbe una corrente scomponibile, secondo il teorema di Fourier, nella somma di una sinusoide fondamentale, avente la stessa frequenza della tensione del generatore e di altre sinusoidi con frequenze multiple della fondamentale (armoniche).

Forma d'onda distorta

Scomposizione armonica equivalente

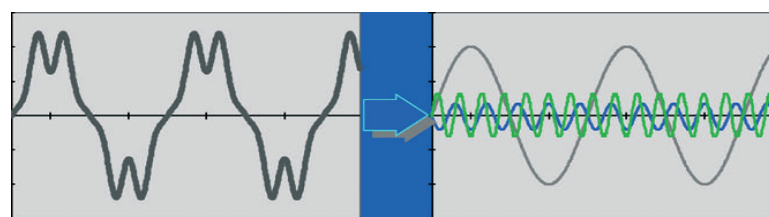


Fig. 1 - scomposizione armonica di una forma d'onda

Il parametro che riassume il contenuto armonico della corrente assorbita da un UPS è il *THDi* (*Input Current Total Harmonic Distortion*), di solito espresso come percentuale della fondamentale (*THDi%*). Il *THDi%* è una *specificità* dichiarata dal costruttore dell'UPS e dipende dalla tecnologia costruttiva del raddrizzatore e dal livello di carico. Nel caso di UPS trifase può variare dal 30% al 3%. Il *fattore di potenza in ingresso* è il rapporto tra la potenza attiva e quella apparente in ingresso all'UPS, le quali non coincidono sia per effetto della non linearità dei dispositivi di commutazione, sia della presenza degli elementi reattivi nel raddrizzatore. Il *fattore di potenza in ingresso* è una *specificità* dichiarata dal costruttore ed è determinato dalla tecnologia costruttiva dell'UPS e dal livello di carico. Può variare da 0,7 a circa 1. Per l'impianto a valle l'UPS rappresenta, come detto, il generatore di tensione. A causa della sua non idealità, tuttavia, la tensione generata non sarà perfettamente sinusoidale, e dunque sarà scomponibile in uno spettro che comprende la fondamentale e le sue armoniche.

Si definisce allora la *distorsione armonica della tensione di uscita* (*THDv*), anch'essa di solito espressa in percentuale (*THDv%*), per rendere conto dello scostamento della tensione di uscita dalla sinusoide ideale. Il *THDv%* è dunque una *prestazione*, che fissa la capacità di un UPS di alimentare sinusoidalmente carichi lineari e distorcenti. I moderni convertitori assicurano valori del *THDv%* inferiori all'1%, per carichi lineari, e del 3-5% per carichi non lineari. Il *fattore di potenza* che un UPS vede *in uscita* è determinato dalla natura dei carichi collegati. I costruttori dimensionano gli UPS in termini di *potenza nominale* apparente e *fattore di potenza nominale*, fissando così la massima potenza attiva erogabile dalla macchina. La *prestazione* relativa al *fattore di potenza in uscita* è rappresentata dalla curva della potenza apparente erogabile dall'UPS, al variare del fattore di potenza del carico. Partendo da un carico totalmente induttivo, l'UPS è in grado di fornire tutta la potenza apparente nominale fino ad un carico con fattore di potenza nominale. Oltre questo valore si raggiunge il limite della potenza attiva erogabile dall'UPS e la potenza apparente in uscita diminuisce, fino a raggiungere il valore della potenza attiva nominale, per carico resistivo. Analogo ragio-

namento si può fare nella zona dei carichi capacitivi, dove in genere gli UPS garantiscono la capacità di alimentare senza derating carichi fino al fattore di potenza 0,9, essendo questo l'intervallo di pertinenza dei carichi informatici.

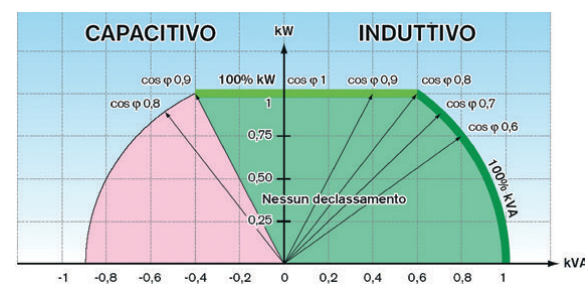


Fig. 2 - curva del  $\cos\varphi$  in uscita