

Caratteristiche di un impianto con trasformatore

Ecco i principali casi che coinvolgono il trasformatore nell'impianto elettrico. Unitamente a tale esposizione, si vedranno le caratteristiche dell'impianto che necessariamente vengono modificate.

Alessandro Nalbone*

Nella configurazione abituale di un impianto elettrico in cui è previsto un UPS, si possono notare alcune configurazioni comuni e di alta affidabilità: un sistema UPS, dotato di ponte raddrizzatore dodecafase con trasformatore all'uscita dell'inverter che preveda l'isolamento galvanico totale, dispone di un trasformatore, per il riferimento a terra del neutro, posto sulla alimentazione da by-pass (con gruppo vettoriale Yy0 o Dz0 in modo tale che le tensioni in ingresso e in uscita siano in fase). Si ottiene così un completo disaccoppiamento di ampiezza e frequenza fra le tensioni in ingresso e in uscita, con una caratteristica dinamica in uscita in Classe 1. Le evoluzioni tecnologiche degli UPS hanno visto negli ultimi anni sempre meno l'inserimento di un trasformatore all'interno dell'UPS: la regolazione della tensione in uscita dell'inverter, compito principale del trasformatore interno all'UPS, viene oggi realizzato dall'inverter stesso, demandando ad un trasformatore in ingresso o in uscita al gruppo di continuità il compito di rendere il sistema galvanicamente isolato.

Modifica permanente dello stato del neutro

Per eseguire permanentemente la modifica dello stato del neutro è necessario utilizzare un trasformatore Dyn, meglio se con schermo, il cui centro stella del secondario va posto a terra. Questo trasformatore può essere collocato elettricamente sia a monte che a valle del gruppo di continuità. Di seguito vengono elencate alcune considerazioni sui diversi modi possibili di connettere il trasformatore all'UPS.

Trasformatore a valle del gruppo di continuità

Il trasformatore (figura 1) è costantemente attraversato dal flusso di potenza che alimenta il carico; questo provoca una diminuzione del rendimento globale, di solito dell'ordine di 2 o 3 punti percentuali. La linea dall'uscita

del gruppo fino al primario del trasformatore funzionerà in regime IT se l'UPS funziona in isola (apertura del neutro a monte dell'UPS). Il neutro del secondario del trasformatore può essere messo a terra, ad esempio per creare un sistema TN. Se ciò non avviene, a valle del secondario si costituisce un sistema IT, il quale è adatto per migliorare la continuità dell'alimentazione per carichi particolarmente critici, non richiedendo l'apertura di protezioni al primo guasto a terra.

Trasformatore a monte del gruppo di continuità, connesso all'ingresso di riserva, separato dall'ingresso principale

Questa soluzione (figura 2) può essere applicata solo se all'uscita dell'inverter vi è un trasformatore, che quindi provvede all'isolamento tra ingresso ed uscita della linea a doppia conversione. In questo caso il raddrizzatore non utilizza il neutro dell'impianto a monte (ad esempio UPS Chloride 90-NET da 250 a 800 kVA). Il neutro di riserva (che è identico al neutro di uscita) viene collegato al centro stella del trasformatore esterno ed al centro stella del trasformatore di inverter (attraverso il cablaggio interno). In funzionamento normale (cioè da inverter) il trasformatore sulla riserva fornisce solo il riferimento di neutro ma non è attraversato da potenza, quindi non si ha la perdita di rendimento che invece si verifica nel caso precedente. Questo è il principale vantaggio di questa configurazione.

Trasformatore a monte del gruppo di continuità, che alimenta sia il raddrizzatore che la linea di riserva

Il trasformatore (figura 3) deve essere più grande in potenza, rispetto quelli indicati ai punti precedenti, perché deve essere in grado di alimentare il raddrizzatore nel caso in cui sia necessa-

rio ricaricare le batterie. La potenza passante nel trasformatore sarà quella da fornire al carico, tenendo conto del rendimento della doppia conversione, più la quota di potenza necessaria per la ricarica degli accumulatori. Dato che il raddrizzatore reietta in rete correnti armoniche, queste distorceranno la tensione del secondario del trasformatore (facendo caduta sulla impedenza equivalente dell'avvolgimento); in caso di funzionamen-

to da riserva, il carico verrebbe quindi alimentato da una tensione lievemente distorta se il raddrizzatore sta caricando le batterie. Anche se il livello di distorsione non sarà molto elevato, si deve verificare se il carico può funzionare correttamente in presenza di questa distorsione. Come indicato al punto 1, anche in questo caso la dissipazione del trasformatore è permanente perché la potenza fluisce sempre attraverso di esso.

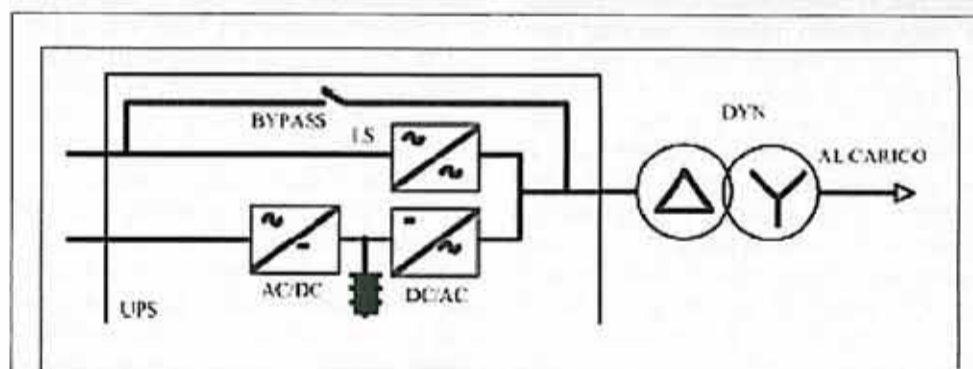
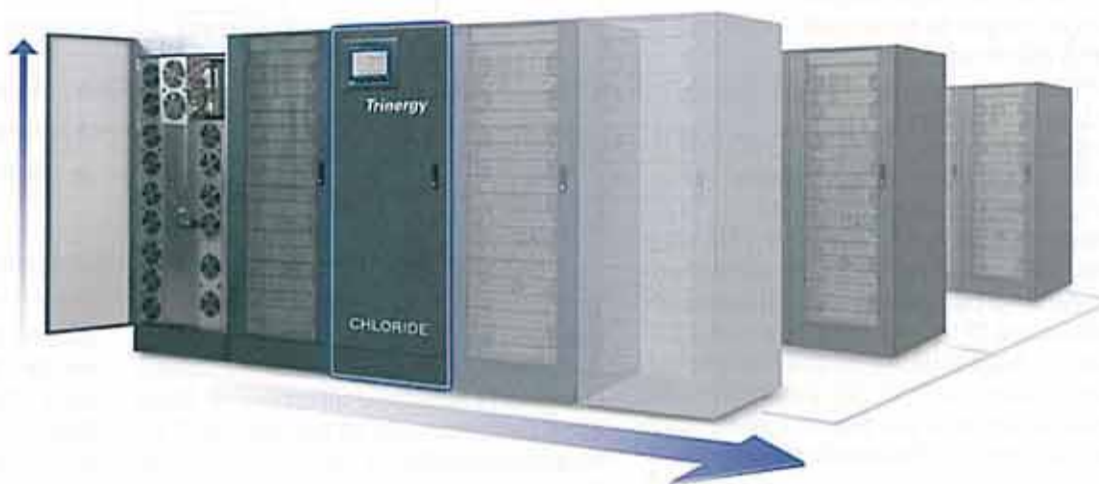


Fig. 1 - Trasformatore di isolamento in uscita UPS

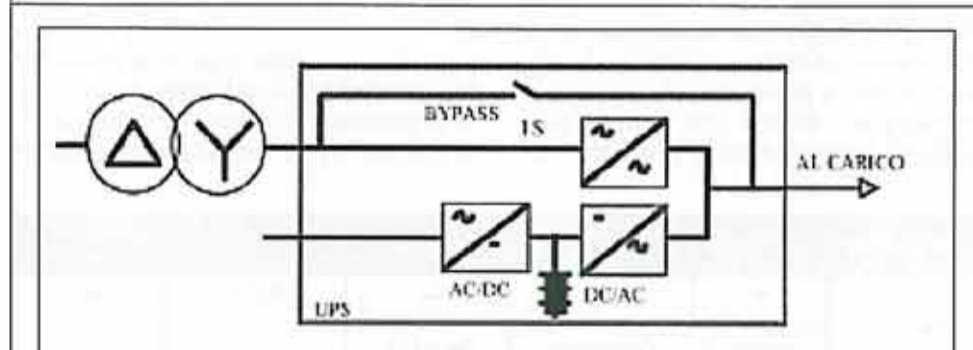


Fig. 2 - Trasformatore di isolamento in ingresso riserva

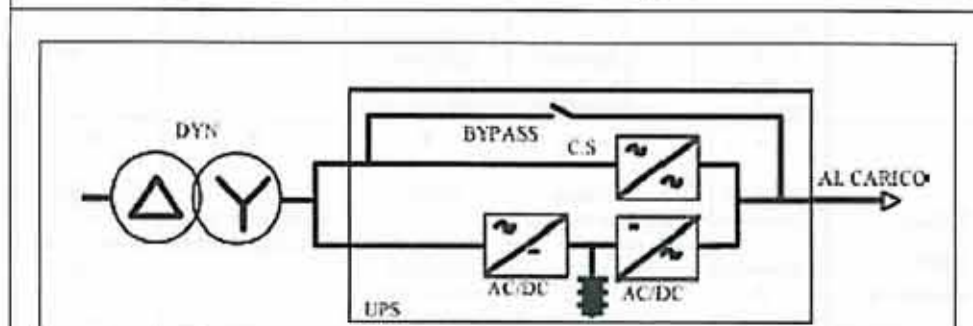


Fig. 3 - Trasformatore di isolamento in ingresso UPS

Effetto dell'inserimento di un trasformatore nell'impianto elettrico

Oltre alle maggiori dimensioni di ingombro e peso, che necessariamente vanno a variare il layout iniziale di un impianto elettrico, ci sono alcune caratteristiche che determinano dei cambiamenti permanenti del sistema UPS e in generale dell'impianto elettrico in seguito all'inserimento di un trasformatore:

Effetto sui consumi elettrici: il trasformatore dissipa costantemente della potenza (kW) aumentando i costi di gestione di un impianto, ed aumenta la corrente che fluisce nei conduttori dell'impianto (a causa della potenza dissipata e del valore induttivo del trasformatore);

Effetto sul fattore di potenza del carico: Il fattore di potenza del carico (collegato sul secondario del trasformatore) al primario del trasformatore avrà un valore diverso, a causa del valore induttivo del trasformatore;

Effetto sulle armoniche di corrente reiettate dal carico: la situazione cambia in funzione del tipo di trasformatore, come di seguito esposto: Tipo YNyn0 (Stella/stella): non si prevedono particolari riduzioni delle armoniche di corrente, se non per quanto dovuto all'impedenza del trasformatore.

Tipo Dyn11 (Triangolo/stella): la corrente di terza armonica (150 Hz) viene intrappolata dal primario, quindi a monte del trasformatore questa armonica è completamente assente.

Tipo Dzn0 (Triangolo/zig-zag): la corrente di terza armonica (150 Hz) viene intrappolata al secondario (quindi il primario non viene sovraccaricato), anche la quinta armonica (250 Hz) e la settima armonica (350 Hz) vengono un po' attenuate. Si noti che il passaggio di correnti armoniche sul trasformatore crea anche una distorsione di tensione, causata dal passaggio della corrente di quella certa armonica sull'impedenza del trasformatore a quella certa frequenza armonica. Il valore di distorsione armonica della tensione di uscita dell'UPS senza trasformatore è più bassa, perché la regolazione della tensione di uscita è realizzata con una retroazione a circuito chiuso che tiene in considerazione anche l'attenuazione dell'effetto delle correnti armoniche.

Effetto sullo stato del neutro dell'impianto: l'UPS non modifica lo stato del neutro, infatti il neutro ai fini del carico è passante. Potrebbe succedere però che a causa dell'apertura di un interruttore a monte dell'UPS, o durante il passaggio dal trasformatore MT/BT al GE e viceversa, il neutro dell'impianto non sia più collegato a ter-

ra. In queste condizioni l'UPS alimenta il carico in IT (ad ogni modo, la norma CEI 64-8 accetta che non vi sia un controllore d'isolamento perché la condizione è momentanea). Questa condizione può non essere accettabile per alcuni carichi, o può in alcuni casi causare lo scatto intempestivo di alcuni differenziali collocati fra l'UPS ed i carichi, a causa delle capacità parassite (isolamento dei cavi,...) fra le fasi e la terra, che si caricano quando il neutro non è a terra e si scaricano di colpo quando il neutro torna nuovamente connesso a terra. Per evitare questi problemi, è possibile inserire un trasformatore subito a monte o subito a valle dell'UPS (avendo cura, se a monte, di non porre un interruttore fra il secondario del trasformatore e l'ingresso dell'UPS), per ricreare una distribuzione TN-S, in cui il neutro è sempre vincolato a terra. Talvolta invece il trasformatore è utilizzato per realizzare appositamente degli impianti IT (Sale operatorie,...), a valle del quale sarà inserito un controllore d'isolamento.

Effetto sulle correnti di cortocircuito e di guasto: l'inserimento di un trasformatore modifica il valore di queste correnti, in funzione della propria Vcc%, nella sostanza aggiunge una propria impedenza che diminuisce la corrente di guasto. Il valore della Vcc% può, entro certi limiti, essere realizzato in funzione delle proprie esigenze. Esempio un trasformatore da 100kVA con una Vcc% del 4% con tensione 400V/400V, presenterà una corrente nominale di 144 A ed una corrente di cortocircuito 25 volte superiore (100/4), 3600 A. In realtà la corrente di cortocircuito, anche direttamente ai morsetti del secondario del trasformatore, sarà più bassa a causa dell'impedenza di tutto il circuito a monte del primario.

Effetto delle correnti di magnetizzazione del trasformatore: ogni trasformatore presenta una corrente di spunto (magnetizzante) ogni volta che viene alimentato. Questa caratteristica deve essere ben valutata per collocare a monte del trasformatore dispositivi compatibili con queste correnti (es. interruttori che non scattino con lo spunto). Il valore della corrente di spunto può, entro certi limiti, essere realizzato in funzione delle esigenze d'impianto (ad es. a valle dell'UPS è in genere preferibile che lo spunto sia al massimo di 10 In). Per i trasformatori di piccola taglia il valore della corrente di spunto può essere anche maggiore o uguale a 20 In; ed i trasformatori YNyn hanno per loro natura correnti di spunto più alte dei trasformatori Dyn11.

Effetto dello sfasamento elettrico fra primario e secondario: alcuni tipi costruttivi di trasformatori, ad es. Dyn11, presentano uno sfasamento



elettrico fra primario e secondario, indicato appunto dal "gruppo" del trasformatore, espresso in multipli di 30°. Nel Dyn11, ad esempio, 11 indica che lo sfasamento tra primario e secondario è di $11 \times 30^\circ$, ossia 330° . Un trasformatore Dzn0 non presenta invece alcuno sfasamento fra primario e secondario ($0 \times 11^\circ$). Questa caratteristica obbliga a costruire trasformatori che siano compatibili con la loro collocazione in un certo punto dell'impianto.

Ad esempio è previsto che venga collocato un trasformatore a monte o a valle di un sistema UPS dove è previsto anche un bypass di sistema esterno. In questo caso, se il trasformatore deve essere collocato all'interno del circuito che viene bypassato, è necessario utilizzare Ynyn0 o Dzn0, se il trasformatore è a monte o a valle dell'intero circuito bypassato può essere utilizzato un Dyn11.

Effetto delle variazioni di tensione sul primario del trasformatore: nel caso in cui in un impianto è accettata la variazione della tensione al +/-15%, è opportuno fare costruire il trasformatore con la possibilità di accettare questa variazione senza entrare in saturazione (stato di non corretto funzionamento del trasformatore, che può essere dannoso allo stesso trasformatore).

Effetto della classe di isolamento del trasformatore: il trasformatore può essere costruito con varie classi di isolamento, contraddistinte da lettere. In genere più la lettera è alta, più la temperatura di funzionamento è alta, più il trasformatore ha dimensioni ridotte. Con classi d'isolamento alte è necessario considerare adeguatamente le distanze da altri componenti e dalle pareti metalliche dell'armadio/cassa di contenimento, a causa delle temperature di lavoro del trasformatore.

Effetto sui disturbi in bassa ed in alta frequenza che si chiudono verso massa: l'inserimento del trasformatore può ridurre l'effetto di questi disturbi sul carico, perché il suo inserimento interrompe i circuiti di protezione delle masse, i circuiti delle masse del primario sono separati da quelli del secondario. Inserendo uno schermo elettrostatico fra primario e secondario si limitano i disturbi verso massa a bassa frequenza. Inserendo due schermi elettrostatici fra primario e secondario si limitano i disturbi verso massa ad alta frequenza. Il trasformatore non diminuisce, se non per un eventuale effetto di saturazione, i disturbi che si propagano fra fase e fase.

Effetto della diversa tensione del primario rispetto a quella del secondario: oltre che all'isolamento fra primario e secondario, il trasformatore può essere utilizzato per modificare la tensione di una parte dell'impianto; potrebbe essere necessario che la linea a valle dell'UPS (oppure una delle linee a valle dell'UPS) abbia una tensione di funzionamento diversa da quella dell'UPS. Ad esempio l'UPS lavora a 400 V mentre il secondario del trasformatore è realizzato a 110 V, per alimentare un particolare carico.

Effetto della frequenza di lavoro: il trasformatore è costruito per lavorare ad una determinata frequenza. È necessario che il trasformatore venga installato in un impianto con la frequenza adatta alla sua costruzione. Ad esempio un trasformatore costruito per lavorare a 60 Hz, non può lavorare a 50 Hz perché si danneggerebbe. Invece un trasformatore costruito per lavorare a 50 Hz, può in genere lavorare a 60 Hz.