

Advel Application Note – AAN2010.2

Scelta degli alimentatori in funzione della qualità della rete elettrica

Ing. Alessio Spinosi

1. Introduzione

Durante la progettazione di un impianto industriale, è fondamentale considerare il livello di qualità dell'alimentazione di rete a disposizione, e in funzione di questa vanno scelti gli alimentatori AC/DC appropriati.

Si consideri la linea BT monofase, distribuita per esempio da Enel in Italia: questa sorgente non è "ideale", e può contenere numerosi disturbi, quali: armoniche, flicker, variazioni di tensione, squilibri, buchi di tensione, ...

Spesso i disturbi provengono da apparecchi "disturbanti" all'interno dell'impianto stesso, ad esempio:

- convertitori/alimentatori di potenza, carichi con comportamento non lineare (forni, saldatrici, trasformatori, ...) → causano **ARMONICHE**
- apparecchiature con variazioni delle potenze attive e reattive scambiate con la rete (motori, ...) → causano **VARIAZ. DI TENSIONE** e **FLICKER**
- carichi con funzionamento non equilibrato fra le 3 fasi o tutti i carichi monofase → causano **SQUILIBRI**
- correnti di inserzione di trasformatori e condensatori, carichi che variano rapidamente e forti correnti di spunto dei motori → causano **BUCHI DI TENSIONE**

L'argomento è molto vasto, ma vale la pena in questa sede di analizzare le caratteristiche richieste da un alimentatore per l'utilizzo in un impianto industriale.

2. Come migliorare la qualità della rete

È essenziale adottare tutti i possibili provvedimenti per limitare al massimo gli effetti negativi delle perturbazioni destinate all'utenza.

Per contenere le emissioni dei disturbi bisogna:

- ripartire il carico monofase in modo equilibrato tra le fasi e adottare apparecchi trifase per potenze elevate (per limitare gli **SQUILIBRI**),
- effettuare una manutenzione programmata dell'impianto (per limitare le **INTERRUZIONI**),
- utilizzare tecniche per il contenimento delle correnti di inserzione, e quindi chiusura programmata dei teleruttori, commutazione dei carichi rapida/lenta (per limitare i **BUCHI DI TENSIONE**),

- eliminare le condizioni di risonanza (per es. variazioni della potenza dei condensatori di rifasamento) ed utilizzare filtri passivi (per limitare le **ARMONICHE**),
- avviare motori a tensione ridotta (per limitare **VARIAZIONI** di tensione e **FLICKER**)

Ci sono poi degli interventi possibili sull'impianto da parte dell'utente per attenuare la propagazione dei disturbi:

- utilizzo di gruppi di continuità (per i **BUCHI DI TENSIONE** ed altri disturbi di tipo condotto),
- utilizzo di schermature, adeguate messe a terra, separazione galvanica, ... (per i disturbi irradiati di potenziale di terra).

Anche in questo caso la trattazione è piuttosto articolata ed ampiamente descritta in letteratura.

3. Caratteristiche minime richieste da un'alimentatore

Per quanto riguarda gli alimentatori AC/DC da utilizzare in un impianto industriale, è necessario naturalmente che questi soddisfino le normative ad essi applicabili per quanto riguarda immunità ed emissione di disturbi. L'alimentatore deve quindi avere la marcatore CE (regolamentata dalla direttiva denominata "bassa tensione") il che implica la presenza di:

- una dichiarazione di conformità del prodotto,
- un manuale di installazione, uso e manutenzione del prodotto,
- un fascicolo tecnico (quest'ultimo non è fornito al cliente, ma deve essere archiviato presso il costruttore).

Nella Dichiarazione di Conformità devono essere incluse le norme e le direttive a cui il prodotto è conforme.

Per un alimentatore si richiede almeno di soddisfare le norme seguenti:

- **EN50178** (Apparecchiature elettroniche da utilizzare negli impianti di potenza),
- **EN61204-3** (alimentatori in bassa tensione),
- **EN 60950** (sicurezza)

e i requisiti essenziali delle direttive:

- **2004/108/CEE** (EMC Directive),
- **2006/95/CEE** (Low Voltage Directive).

Questo sostanzialmente implica che l'alimentatore rientra nei limiti di immunità ed emissione di disturbi.

4. Limitazione delle armoniche da parte di un alimentatore

Gli effetti dovuti alla presenza di armoniche, anche se non istantaneamente visibili, possono avere serie conseguenze nel medio e lungo termine. Tali conseguenze sono essenzialmente legate ad un funzionamento delle apparecchiature a tensioni, correnti e frequenze per le quali non erano stati dimensionati e causano, in generale, sovrariscaldamenti, aumento dei valori di picco delle tensioni di alimentazione, vibrazioni, invecchiamento precoce delle apparecchiature.

Gli alimentatori switching AC/DC sono sorgenti di armoniche, e quindi devono essere progettati per limitarne l'emissione nella rete.

In particolare, le normative (**EN61000-3-11**) impongono che gli alimentatori di potenza superiore a 75W (ed ingresso monofase 115-230VAC) devono possedere al loro interno un dispositivo per la "correzione del fattore di potenza" o "rifasamento", ovvero il **PFC** (Power Factor Corrector).

Senza entrare nei dettagli tecnici, del tutto superflui in questa sede, il PFC può essere realizzato in modo passivo (valore PF ~ 0.90 mediamente) mediante l'uso di una bobina o in modo attivo (valore PF ~ 0.99) tramite circuiti elettronici: il primo metodo è meno costoso ma rende il fattore di potenza PF dipendente dal carico e l'alimentatore meno efficiente. La soluzione attiva è più efficace (il PF si approssima all'unità), ma il costo dell'alimentatore è più elevato.

5. Tempo di Hold-UP di un alimentatore per limitare gli effetti dei buchi di tensione

Il tempo di Hold-UP di un alimentatore definisce per quanto tempo l'alimentatore può mantenere la tensione d'uscita nominale quando viene a mancare la V_{in} , e quindi dà un'indicazione di quanto l'alimentatore può sostenere i buchi di tensione della rete.

5.1 Definizione di buco di tensione

Per "buco di tensione" (generalmente dovuto a guasti in rete) si intende l'intervallo di tempo ΔT in cui si ha una riduzione improvvisa del valore efficace della tensione al di sotto del 90% del valore nominale. Variazioni di tensione che non riducono la tensione a meno del 90% della tensione dichiarata non sono considerati buchi di tensione.

Convenzionalmente la durata di un buco di tensione è tra 10ms e 1 minuto.

Il buco di tensione è pertanto un disturbo definito sia dalla durata ΔT , sia dalla sua profondità definita come differenza tra la tensione minima durante il buco e la tensione nominale della rete.

5.2 Tempo di Hold-Up di un alimentatore

Nel calcolo del tempo di Hold-UP di un alimentatore, naturalmente si deve considerare il caso peggiore, ovvero:

- buco di tensione d'ingresso con ampiezza 100% (ovvero la V_{in} va a 0V)
- massima potenza erogata dall'alimentatore.

Le normative (**EN60950**, **IEC1000-4-11**) impongono per gli alimentatori con ingresso monofase 115-230Vac un tempo di Hold-UP pari a 20ms, ovvero il tempo pari ad un ciclo della tensione di rete sinusoidale (ovvero

$$\Delta T = \frac{1}{50\text{Hz}} = 20\text{m sec}.$$

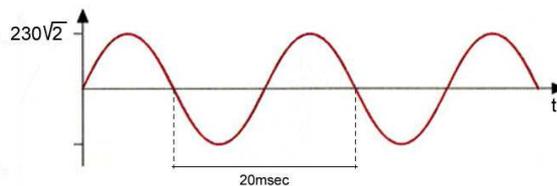


Figura1 – In figura è rappresentato l'andamento sinusoidale della tensione di rete (230Vac) e il tempo minimo di Hold-UP richiesto dalle normative

Naturalmente se il buco di tensione dura oltre il tempo di Hold-UP dell'alimentatore, questo si spegne.

5.3 Frequenza dei buchi di tensione

La normativa CEI **EN50160** dà un'indicazione approssimativa della numerosità attesa dei buchi di tensione, che in un anno può variare da qualche decina fino a un migliaio. Ciò perché si tratta di eventi imprevedibili ed ampiamente aleatori con frequenza annuale notevolmente variabile in funzione del tipo di sistema di alimentazione e del punto di osservazione (per esempio in aree con reti deboli come quelle rurali, i buchi di tensione sono più frequenti rispetto alla media).

Considerando soltanto i buchi di tensione "profondi" (in cui si ha una riduzione del valore efficace della tensione al di sotto del 60% del valore nominale) secondo un'indagine UNIPEDE, in Europa si hanno i risultati riassunti in Tabella 1.

Ampiezza buco	Durata (ms)			
	10 ÷ 100	100 ÷ 500	500 ÷ 1s	1s ÷ 60s
>40%	26	70	25	14

Tabella1 – Indagine UNIPEDE (durata 3 anni) sulle caratteristiche dei buchi di tensione nelle reti MT europee: è indicata la frequenza annua con probabilità 95% di non essere superata.

Tuttavia, nel caso di installazioni con carichi o processi industriali sensibili ai buchi di tensione, ove siano richieste informazioni più precise sulla frequenza e severità del disturbo, un'indagine in sito più dettagliata deve essere condotta.

6. Protezioni dai buchi di tensione

Naturalmente la miglior protezione dai buchi di tensione in un impianto, è l'utilizzo di **gruppi di continuità**.

I gruppi di continuità sono dispositivi in grado di elevare la qualità dell'alimentazione della rete di distribuzione pubblica o dell'impianto elettrico dell'utente a monte del nodo di installazione dell'impianto, operando come un'interfaccia in grado di filtrare i disturbi provenienti dalla rete stessa e garantendo, per un tempo prestabilito, l'alimentazione dei carichi senza interruzione.

6.1 Gruppi di continuità

Una classificazione tra i gruppi di continuità può essere realizzata in funzione delle caratteristiche del sistema di generazione, individuando gruppi di continuità **statici** (basati sull'impiego di convertitori elettronici di potenza e con sistema di accumulo in c.c., in genere di tipo elettrochimico ma anche capacitivo o induttivo a superconduttori) e **rotanti** (basati sull'impiego di macchine rotanti, con accumulo costituito da volani ad elevata inerzia). È possibile avere gruppi di continuità "ibridi" in cui sono presenti componenti sia statici sia rotanti.

Le taglie tipiche per ogni tipologia di gruppo di continuità, sono indicativamente:

- Statico: da 0 a 1000 kVA;
- Rotante MT: da 1000 kVA a 5000 kVA;
- Rotante BT: da 100 kVA a 1500 kVA;
- Ibrido: da 100 kVA a 1000 kVA.

Potenze superiori possono essere ottenute connettendo in parallelo più unità singole.

Esistono inoltre diversi sottotipi di gruppi di continuità, ma adesso non serve dilungarsi ulteriormente in questa classificazione: basti dire che si tratta di dispositivi tanto più costosi quanto maggiori sono i livelli di potenza e di "pulizia" della rete che essi possono garantire.

In alcuni stabilimenti di media/grande dimensione, l'applicazione estesa di gruppi di continuità può comportare costi notevolissimi.

Una soluzione possibile, seppure di minore efficacia, consiste nella realizzazione di linee privilegiate "coperte" da gruppi di continuità, da usare solo per l'alimentazione di apparati critici (per es. sistemi elettronici di controllo ed elaborazione dati) il cui disservizio causerebbe danni di natura economica o problemi di sicurezza.

In tal caso, soprattutto per le zone dell'impianto non alimentate dalle linee privilegiate, risulta utile utilizzare alimentatori con elevato tempo di Hold-Up, molto maggiore del minimo richiesto dalle normative (solo 20msec, come visto in Figura 1).

6.2 Alimentatori con elevato tempo di Hold-Up in commercio

Il 90% (o più) degli alimentatori AC/DC presenti sul mercato, offrono un tempo di Hold-Up di soli 20ms (il minimo richiesto dalle normative).

Questo tempo, come già detto, copre un buco di tensione pari ad un periodo della tensione sinusoidale fornita dalla rete elettrica, e dovrebbe essere sufficiente a coprire il tempo necessario ad esempio alle manovre di commutazione UPS-rete o viceversa (tipicamente pari a 10ms), ma del tutto insufficiente a sostenere la maggior parte dei buchi di tensione.

Tuttavia, come definito nel paragrafo precedente, sarebbe utile, in molti casi, cercare di coprire buchi di tensione ben più ampi, soprattutto per le zone dell'impianto non coperte da gruppi di continuità.

Alcuni produttori di alimentatori offrono dei "tool", opzionali ed acquistabili separatamente, da connettere all'alimentatore per accrescerne il tempo di Hold-Up (Figura 2).

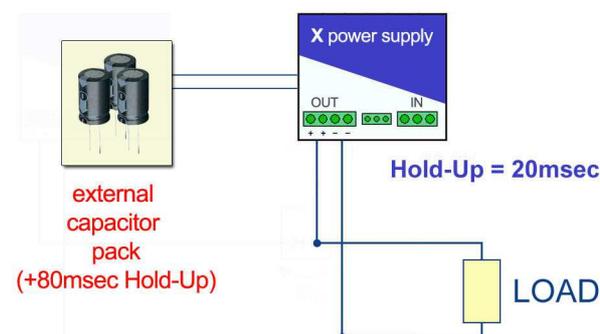


Figura2 – Pacchetto di condensatori elettrolitici da connettere all'alimentatore, per accrescerne il tempo di Hold-Up.

Di fatto si tratta di banali gruppi di condensatori elettrolitici (Figura 3).

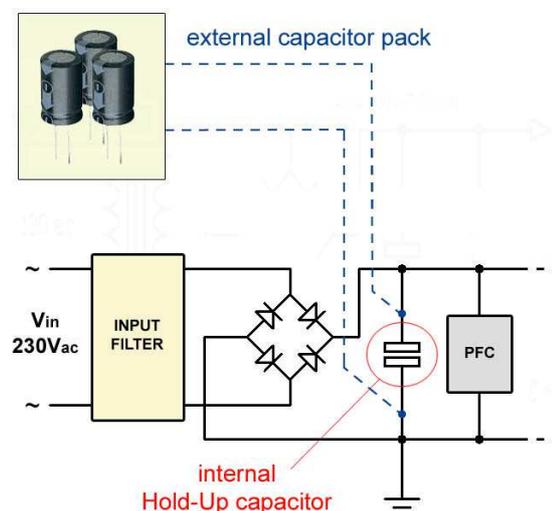


Figura3 – Schematizzazione della connessione del pacchetto di condensatori esterni in parallelo al condensatore di Hold-Up interno all'alimentatore.

Questa soluzione non piace particolarmente per la maggiore complessità di cablaggio e per la maggiore occupazione di spazio nel quadro.

Inoltre, con questi sistemi, è possibile raggiungere tempi di Hold-Up pari a circa 100÷150msec, non oltre (per motivi legati alla corrente di Inrush, che cresce con il numero di condensatori di Hold-Up).

Advel invece offre, su tutti i propri alimentatori, un tempo di Hold-Up pari a 100msec, calcolati nella condizione di carico 100% e massima ampiezza del buco di tensione (Figura 4).

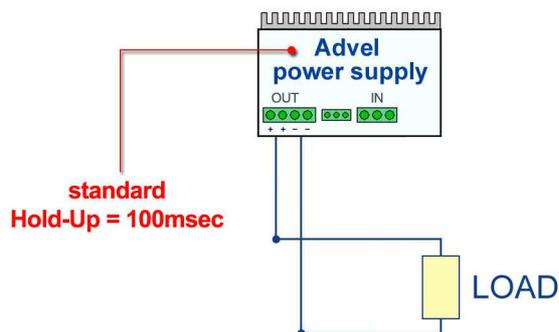


Figura4 – Alimentatore prodotto da Advel, con tempo di Hold-Up pari a ben 100msec.

La soluzione offerta da Advel comporta un leggero aumento dimensionale degli alimentatori (perché i condensatori elettrolitici interni hanno un certo ingombro) ma ha il vantaggio di avere un prodotto già dotato di un tempo di Hold-Up significativamente elevato.

Inoltre, nella classica composizione di un sistema ridondante 1+1 (in cui cioè un solo alimentatore, dei due in parallelo, può sostenere interamente il carico), il tempo di Hold-Up del sistema è sicuramente superiore a 200msec, come mostrato in Figura 5 (tra l'altro gli alimentatori prodotti da Advel possono essere messi in parallelo senza problema, essendo già equipaggiati internamente dei diodi di disaccoppiamento).

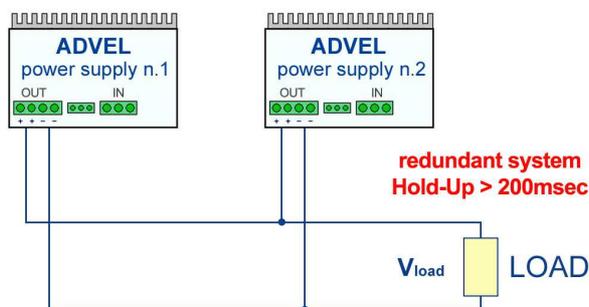


Figura5 – Sistema di 2 alimentatori Advel nella classica ridondanza 1+1: ogni alimentatore lavora al 50%, quindi il tempo di Hold-Up del sistema supera i 200msec.

Un sistema come quello mostrato in Figura 5, con un tempo di Hold-Up superiore a 200msec, permette di sostenere ben più del 50% dei buchi

di tensione annui secondo le stime riportate in Tabella 1.

7. Conclusioni

Nella progettazione di un impianto industriale è fondamentale effettuare un'indagine sulla qualità della rete elettrica a disposizione.

È inoltre fondamentale classificare gli utilizzatori (come singole utenze o come aggregati di utenze) in termini di conseguenze sul funzionamento dei processi produttivi e quindi di prestazioni dell'alimentazione elettrica. In particolare è possibile definire carichi per i quali la mancanza dell'alimentazione ha un impatto non rilevante sulla produzione e sulla sicurezza del personale e degli impianti o carichi per i quali, dato l'impatto che essi hanno in termini di produzione e sicurezza, è necessario che l'alimentazione sia ripristinata entro tempi generalmente brevi, compatibilmente con le esigenze del processo produttivo o del servizio svolto. E' infine possibile definire utenze o gruppi di utenze di tipo "privilegiato" (tipicamente utenze estremamente sensibili ai disturbi di rete) dal cui corretto funzionamento dipendono la sicurezza del personale, degli impianti e la corretta esecuzione di processi il cui arresto può causare rilevanti perdite di produzione e, quindi, economiche. Tutti questi elementi sono necessari per definire le esigenze di alimentazione delle differenti tipologie di utenze, portando alla definizione degli schemi elettrici di impianto più opportuni.

A questo punto bisogna impiegare strategie per limitare al massimo gli effetti negativi delle perturbazioni destinate all'utenza, e utilizzare gruppi di continuità per creare delle linee "privilegiate" destinate alle utenze più critiche.

Per quanto riguarda gli alimentatori AC/DC da utilizzare negli impianti industriali, è fondamentale che questi siano marcati **CE**, perché ciò garantisce immunità ai disturbi e bassa emissione di disturbi.

In particolare è bene privilegiare alimentatori provvisti di PFC attivo (per limitare al massimo l'emissione di armoniche nella rete), e che abbiano un elevato tempo di Hold-Up, soprattutto se questi dovranno essere installati in zone non coperte da gruppi di continuità.

Sono stati presi come esempio gli alimentatori prodotti da Advel, tutti dotati di tempo di Hold-Up pari a ben 100msec.

»ADVEL«
ELETTRONICA INDUSTRIALE

HEADQUARTER: Via Miglioli 13, Segrate 20090 MI (Italy)

Technical DPT: Ing. A.Spinosi, tec@advel.it