

Armoniche e Flicker... i soliti ignoti

Due misure insolite, nel panorama del marchio CE

CURRENT HARMONICS AND VOLTAGE FLICKERS... THESE UNKNOWN PERPETRATORS

In the list of tests required for CE marking of products connected to single-phase and 3-phase mains, there are two measurements, which are not generally well-known by customers, who very often raise questions and manifest curiosity about. Scope of this article is to introduce these two measurements, explaining the background and the connection with electromagnetic compatibility.

RIASSUNTO

Nell'elenco delle prove necessarie alla marcatura CE dei prodotti alimentati con tensione monofase e trifase, sono previste due misure che generalmente non sono molto conosciute, e che suscitano domande e curiosità da parte dei clienti di un laboratorio di compatibilità. Questo articolo vuole introdurre le due misure, spiegarne i retroscena e i collegamenti al mondo dell'EMC.

LA CAUSA DELLE ARMONICHE... I DIABOLICI ALIMENTATORI A COMMUTAZIONE

Tutto nasce dallo stadio di alimentazione degli alimentatori a commutazione, chiamati comunemente *switching* (acronimo inglese *SMPS*, *switch mode power supply*). Bisogna introdurre il concetto di *PF*, *power factor*, definito come il rapporto tra la **potenza reale** (detta anche **potenza attiva**) e la **potenza apparente**. La potenza reale è definita come la media del prodotto di corrente e tensione su un ciclo. La potenza apparente è invece il prodotto dei valori efficaci di tensione e corrente.

$$PF = \frac{\text{Potenza Reale [Watt]}}{\text{Potenza Apparente [VA]}}$$

Se la corrente e la tensione sono in fase e di forma sinusoidale si ottiene un PF pari a 1 (Fig. 1): nella figura è mostrato anche il contenuto armonico, ovviamente l'unica componente rilevante è la fondamentale, il 50 Hz. Peccato che la forma d'onda della

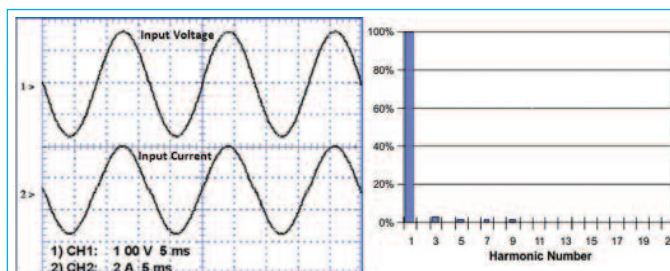


Figura 1 – Caratteristica della tensione e corrente all'ingresso di un SMPS con PF unitario e suo contenuto armonico

corrente, nella dura e cruda realtà, sia invece quella raffigurata nella Fig. 2. Il suo contenuto armonico è molto esteso, sia in ampiezza sia in frequenza: tutti questi contributi in frequenza sono immessi nella rete di alimentazione e possono generare malfunzionamenti agli apparati connessi alla stessa rete. Inoltre viene richiesta alla rete tanta corrente che però non porta potenza reale (quest'ultimo aspetto è legato all'efficienza energetica degli utilizzatori). Perché accade ciò? Tutto dipende dallo stadio d'ingresso di tipo diodo/capacità degli alimentatori a commutazione, ormai

molto comuni in apparati elettrici/elettronici: infatti dopo il ponte raddrizzatore c'è una capacità che serve a mantenere la tensione di picco ai capi dello *switching*, quando la sinusoide si avvicina allo zero.

Quindi, per "sostenere" il carico, viene richiesta molta corrente solo in corrispondenza dei picchi della sinusoide di tensione: i picchi di corrente della Fig. 2 possono durare fino al 20% dell'intero ciclo, che porta a un valore impulsivo di corrente pari a circa 5-10 volte il valore medio di corrente.

A prima vista le due onde sono in fase, e quindi si può erroneamente stabilire che il PF di questo dispositivo

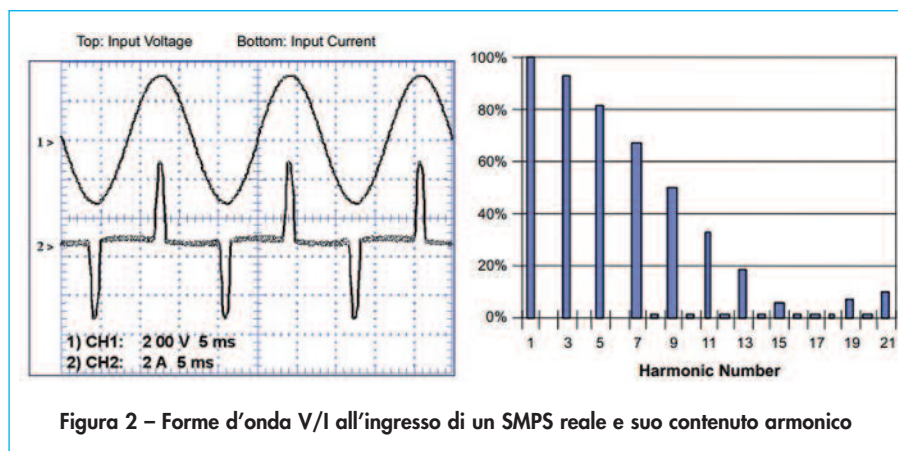
è uguale a 1. In realtà non è così perché, come accennato prima, l'unica componente di potenza reale è quella fondamentale.

Le altre armoniche, tutte dispari per la simmetria della forma d'onda, sono potenza apparente.

Da questo ne consegue che il PF dell'EUT (*Equipment Under Test*) con le caratteristiche di Fig. 2 è minore di 1 (da [2] vale circa 0,6).

Teseo spa, Gruppo Clemessy
Druento (TO)

c.stazzone@teseo.clemessy.com



"Toglietemi tutto, ma non il mio PFC!". La soluzione al problema delle armoniche

La soluzione ai nostri problemi non tarda ad arrivare: stiamo parlando del PFC, Power Factor Correction. Ne esistono di due tipi: quello più economico ma più difficile da dimensionare e con diversi svantaggi (PFC passivo), e quello più costoso ma con prestazioni più elevate (PFC attivo). Cominciamo da quest'ultimo e facciamo riferimento alla Fig. 3: un SMPS di tipo BOOST posizionato tra il ponte e il famigerato condensatore. Il suo funzionamento è regolato con un circuito integrato che cerca di far seguire alla corrente lo stesso andamento della tensione, riducendo quindi il contenuto armonico. Un PFC passivo è semplicemente un induttore posizionato nello stesso posto: opponendosi a repentine variazioni di corrente, svolge in modo più blando la funzione di un PFC.

Timer, termostati e motori... a voi, i flicker!

Alcuni di noi si ricorderanno vari episodi di attacchi epilettici accaduti a ragazzi che abusavano nell'uso di videogiochi. Luci intermittenti e impulsive a particolari frequenze e su determinati soggetti possono provocare simili attacchi. Ma questo cosa c'entra con i flicker? È uno degli effetti che potrebbero essere causati dalle fluttuazioni di tensione, che impattano anche sulla stabilità di funzionamento di circuiti elettronici e dispositivi elettrici. È doveroso fornire un po' di definizioni prese dalla norma di riferimento, la EN 61000-3-3.

Una *fluttuazione di tensione* è definita come una serie di variazioni della tensione efficace valutata come singolo valore preso tra due passaggi per lo zero di una semionda. Il *flicker* è definito come la percezione d'instabilità della sensazione visiva provocata da uno stimolo luminoso con una distribuzione spettrale fluttuante nel tempo. Sono definizioni rigorose, ma che servono necessariamente per descrivere fenomeni che avvengono quando per esempio il termostato di un frigo "decide" di accendere il compressore. Oppure quando il cestello di una lavatrice comincia a girare. Si può avere l'effetto mostrato in Fig. 4, che impatta anche sul contenuto spettrale della tensione. La fluttuazione della tensione a 230 V è dovuta al fatto che un carico anche rilevante viene collegato o scollegato quasi istantaneamente (il cestello della nostra lavatrice esegue cicli di rotazione). Con riferimento alla Fig. 5, ogni variazione di I_{load} provoca una variazione di U_{ab} .

Il flicker è dunque un fenomeno soggettivo. Come si fa a caratterizzarlo e a scrivere un documento che definisca metodi per la sua misura? I comitati che hanno scritto la norma di riferi-

mento hanno cercato di modellare la reazione umana alla fluttuazione, prendendo come riferimento una lampadina a 60 W alimentata a 230 V. Le reazioni congiunte dell'occhio e del cervello umano sono state modellate con un filtro passa banda pesato, un moltiplicatore quadratico e un filtro passa-basso, questo per dire quanta complessità c'è dietro una misura che può durare 10 minuti.

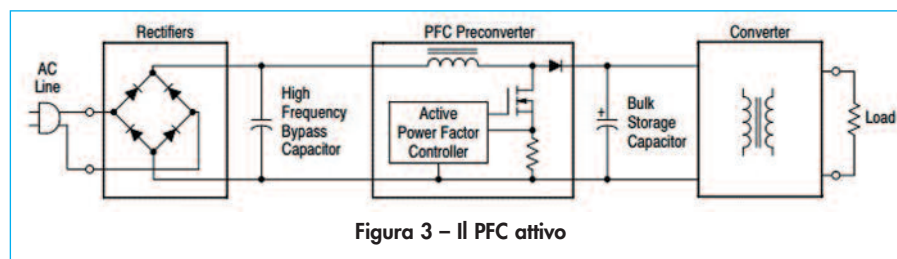
Breve e lungo termine

Possiamo distinguere due tipi di flicker. Il P_{st} o flicker di breve periodo (dall'inglese *short term*) e il P_{lt} o flicker di lungo periodo (*long term*). Il primo è calcolato su un periodo di 10 minuti, il secondo su un periodo di 2 ore, eseguendo una media mobile di misure sequenziali di P_{st} , cioè la radice cubica della sommatoria dei P_{st} elevati al cubo, misurati ogni 10 minuti (in due ore sono 12 eventi) diviso il numero di eventi, 12 per l'appunto. Nell'Allegato A della norma di riferimento troviamo le condizioni operative per svariate tipologie di oggetti. Inoltre nella EN 61000-4-15 troviamo le definizioni di P_{st} e P_{lt} .

Piccoli trucchi per grandi risultati: come minimizzare i flicker di tensione

L'entità del flicker dipende da tre fattori: la variazione, la sua velocità, il suo tasso di ripetizione. Elenchiamo qui tre possibili soluzioni per minimizzare i flicker ([3]).

Ridurre le variazioni del carico: si può intervenire su tutti e tre i fattori, per esempio suddividendo il carico in tre parti comandato sempre dallo stesso interruttore. Oppure suddividere in tre interruttori che intervengono in tempi diversi. O ancora, utilizzare circuiti di *soft-start* per i motori, o ancora, azionamenti a rampa lenta.



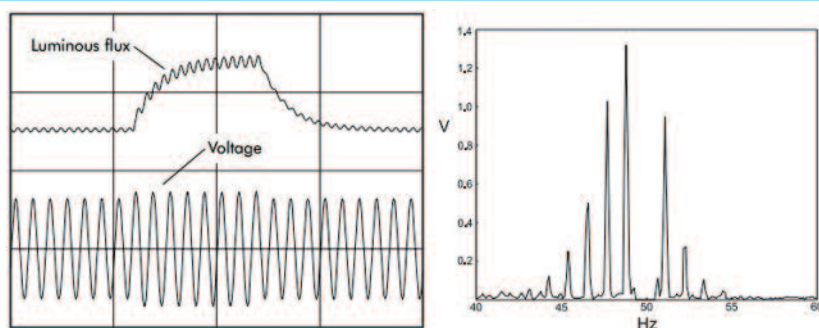


Figura 4 – Effetto sul flusso luminoso dovuto a una variazione temporanea della tensione. Spettro misurato in presenza di flicker (50 Hz non visibile)

Ridurre l'impedenza della sorgente (alimentatore): per la maggior parte di apparati collegati alla rete a bassa tensione, l'impedenza d'ingresso è dovuta al trasformatore che serve per abbassare la tensione in ingresso e alla lunghezza del cablaggio di collegamento alla rete. Nel primo caso, bisogna tenere conto che conviene utilizzare trasformatori di potenza elevata per ridurre l'impedenza (applicabile nel caso di grandi macchine). Nel secondo caso, aumentare la dimensione dei cavi può aiutare a ridurre i flicker, ovviamente in caso di lunghe tratte.

Disaccoppiare il carico dalla sorgente: si può pensare di usare un trasformatore a tre avvolgimenti per separare gli utilizzatori connessi alla stessa rete. Per esempio, dedicherò un avvolgimento alle lampade, che verranno quindi alimentate con una sorgente filtrata. In generale, separare i circuiti d'illuminazione dagli altri carichi presenti sulla rete.

Vogliamo esagerare? Allora ci sono gli SVC, *static voltage compensator*. Sono circuiti, sicuramente costosi, che "sentono" le variazioni di tensione e agiscono variando l'impedenza d'ingresso grazie a reti induttive e capacitive che vengono dinamicamente inserite o disinserite con interruttori allo stato solido. Rimando alla [3] per altri dettagli sugli SVC.

PER ALCUNI... NON PER TUTTI

Ci si potrebbe chiedere se proprio tutti gli oggetti che passano sotto le "grinfie" dei Laboratori EMC devono essere sottoposti a queste due misure. In realtà bisogna fare un po' di chiarezza: le norme di riferimento EN 61000-3-2 (armoniche) e EN 61000-3-3 (flicker) si riferiscono a oggetti con ben determinate caratteristiche in termini di corrente d'ingresso, cioè al massimo 16 A per fase, con collegamento alla rete pubblica a bassa tensione (fase e neutro compresi tra 220 e 250 V a 50 Hz). Quindi le apparecchiature trifase a 400 V sono incluse! Infatti la dicitura *bassa tensione* definisce il limite superiore a 1.000 V, e in un sistema di alimentazione trifase ci sono 400 V tra fase e fase, ma 230 V tra fase e neutro!

Un'altra osservazione: le armoniche sono riferite anche per oggetti a 60 Hz (61000-3-2), ma non è così per i flicker (la 61000-3-3 cita solo il 50 Hz).

E se il mio apparato consuma più di 16 A? Le normative EN 61000-3-12 per le armoniche e EN 61000-3-11 per i flicker coprono questo caso particolare.

SE LI CONOSCI LI EVITI...

In questo articolo si è voluto dare un'idea di base su due fenomeni curiosi, oggetto di studi approfonditi e di accurate misure da parte dei laboratori di prove EMC.

Due misure che analizzano cosa c'è al di sotto dei classici 150 kHz, limite di partenza per la misura di emissioni. Due misure con forte impatto non solo sull'EMC.

Le problematiche legate al risparmio energetico, all'uso ottimizzato e sensato delle risorse, e quindi l'efficienza elettrica degli apparati collegati alle nostre reti a 230 V (e non solo) sono due aspetti molto attuali, in un mondo che tende a consumare sempre più corrente, che come l'acqua e il petrolio è diventata una risorsa preziosa.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Zbigniew Hanzelka & Andrzej Bien, Voltage disturbances Flicker Measurement v. 5.2.3, Ottobre 2005, Copper Development Association.
2. Joel Turchi, Dhaval Dalal, Patrick Wang, Laurent Jenck, Power Factor Correction (PFC) Handbook rev. 5 Aprile 2014, ON Semiconductor.
3. Power quality, A guide to voltage fluctuation and light flicker, BCHydro.



Claudio Stazzone si è laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni nel 2006. Dal 2008 si occupa di compatibilità elettromagnetica nel laboratorio EMC della società Teseo spa gruppo Clemessy di Druento (TO).

Figura 5 – Schema di una semplice rete alimentatore/carico

