

La Normativa vigente sui disturbi condotti

1. Introduzione

Gli enti normativi ufficiali nell'area elettrotecnica sono la IEC (*International Electrotechnical Commission*) ed il CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*). La IEC rappresenta il più alto ente a livello Internazionale e il CENELEC rappresenta l'organismo normativo della Comunità Europea le cui Norme devono essere obbligatoriamente recepite da parte dei Comitati Elettrotecnici Nazionali, come in Italia è il CEI.

Ci sono, poi, altri due importanti organismi: la CIGRE (*Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques*) e l'UNIPED (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique). Tali organismi, pur non avendo il compito di emettere norme come la IEC e il CENELEC, hanno una notevole importanza per il prestigio delle organizzazioni stesse e per il fatto che l'attività da essi svolta copre talvolta settori in cui IEC e CENELEC non hanno ancora prodotto documenti ufficiali.

Per quanto riguarda i due enti IEC-CENELEC, si ha la quasi totale ricopertura delle normative emanate; usualmente lo studio della norma viene svolto nell'ambito della IEC ed il CENELEC ne avalla la pubblicazione IEC senza modifiche.

Le norme IEC e CENELEC si presentano sotto tre forme: Norme Internazionali, Guide e Rapporti con le caratteristiche appresso decritte.

- *Norme internazionali*: contengono le specifiche tecniche che descrivono le caratteristiche che devono possedere un prodotto, un processo o un servizio, Queste norme, se espressamente adottate da Autorità pubbliche o citate nei capitoli di fornitura, diventano condizionanti.
- *Guide*: forniscono suggerimenti e indirizzi non obbligatori.
- *Rapporti*: fanno il punto sullo stato dell'arte in un particolare campo della tecnica.

Le norme a loro volta possono classificarsi sulla base dell'oggetto in:

- norme fondamentali: stabiliscono i principi di base per un determinato argomento;
- norme generiche: forniscono indirizzi generali validi per tutte le applicazioni specifiche;
- norme di prodotto: fissano le caratteristiche di un determinato materiale, apparecchio o sistema.

2. Norme sulla compatibilità elettromagnetica

Alcuni comitati formatori possono essere di tipo trasversale, nel senso che stabiliscono delle prescrizioni a cui deve sottostare un insieme di comitati di prodotto. Un tipico esempio di comitato ad azione trasversale è quello relativo alla compatibilità elettromagnetica a cui si riferisce la pubblicazione 1000 della IEC che, nella versione finale, si articolerà nelle seguenti cinque parti:

parte 1 - Terminologia;

parte 2 - Ambiente: descrizione, classificazione;

parte 3 - Limiti di emissione. livelli di compatibilità. Livelli di immunità;

parte 4 - Tecniche di prova e di misura;

parte 5 - Guide di installazione.

A ogni parte corrisponderanno una o più norme, di tipo fondamentale o generico. Ad esempio, sono generiche le norme relative alla parte 3 in cui più categorie di apparecchi sono considerate allo stesso modo per quanto attiene l'emissione di disturbi.

Le norme di prodotto possono sovrapporsi alle norme generiche, a condizione che le prescrizioni siano più severe.

Nel seguito si analizzano con maggiore dettaglio sulle parti 2 e 3 avendo cura di approfondire i riferimenti al tema della distorsione armonica. Si riportano dapprima alcune definizioni relative alla terminologia correntemente adottata nel settore.

Compatibilità elettromagnetica È la capacità di un dispositivo di funzionare correttamente nell'ambiente elettromagnetico in cui è inserito senza disturbare l'ambiente stesso.

Livello di compatibilità È il livello di disturbo elettromagnetico massimo stabilito che può essere applicato a un dispositivo, apparecchiatura o sistema funzionante in condizioni particolari. In pratica, il livello di compatibilità elettromagnetica non è un livello massimo assoluto, ma un livello che ha bassa probabilità di essere superato.

Livello di immunità È il massimo livello che può raggiungere un dato disturbo elettromagnetico incidente su un particolare dispositivo, apparecchiatura o sistema in corrispondenza del quale essi restano capaci di funzionare a un richiesto livello di prestazioni.

Suscettibilità elettromagnetica È l'incapacità di un dispositivo, apparecchiatura o sistema di funzionare senza degradazione in presenza di un disturbo elettromagnetico.

Distorsione armonica totale (THD. Total Harmonic Distortion) È data dalla formula:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{H_{max}} \frac{V_h^2}{V_1^2}}$$

dove:

h è l'ordine di armonicità;

V_h è l'ampiezza dell'armonica di ordine h ;

V_1 è l'ampiezza della componente alla frequenza fondamentale di esercizio del sistema;

H_{max} è l'ordine massimo di armonicità (può essere assunto in pratica pari a 40).

3. Descrizione e classificazione dell'ambiente

La pubblicazione IEC 1000 si propone di classificare gli ambienti dal punto di vista elettromagnetico, differenziandoli in base alla severità. La classificazione proposta è la seguente:

1. residenziale rurale;
2. residenziale urbano;
3. commerciale;
4. industriale leggero;
5. industriale pesante;
6. area di traffico;
7. centro di telecomunicazioni dedicate;
8. ospedali.

Si sottolinea l'aspetto innovatore della normativa che, identificando l'ambiente con la distorsione di tensione presente, ammette che siano possibili livelli di distorsione differenti e magari maggiori rispetto ad altri. Ad esempio, si ammette che in un ambiente industriale la distorsione stessa possa essere più elevata che in un ambiente residenziale e commerciale; di conseguenza, le apparecchiature installate nel primo dovranno essere previste con caratteristiche di immunità più severe. Con riferimento agli ambienti commerciale e industriale pesante, il THD è posto rispettivamente pari all'8% e al 10%.

4. Limiti di emissione; livelli di compatibilità; livelli di immunità.

La necessità di non superare i livelli massimi di compatibilità previsti dalla normativa finisce con l'imporre di fatto dei limiti all'emissione di armoniche di corrente da parte delle apparecchiature o sistemi. Si possono individuare tre categorie di applicazioni:

- applicazioni domestiche o commerciali in bassa tensione fino a 16 A;
- applicazioni domestiche, commerciali o industriali leggere in bassa tensione oltre i 16 A;
- applicazioni industriali (stabilimenti industriali alimentati in media tensione o alta tensione).

La Normativa vigente sui disturbi condotti

Per la prima categoria di impianti utilizzatori esiste già una normativa in vigore da anni (Pubblicazione IEC 555-2 e varianti successive divenuta Norma CEI 77-3) che, per quanto non del tutto completa, costituisce il più importante esempio di normativa regolatrice dell'emissione di armoniche. Attualmente è già in corso una revisione totale di questa norma. Per quanto riguarda la seconda categoria, dovrebbe uscire quanto prima una guida (quindi non una norma). Infine, per la terza, la situazione è la seguente: la IEC ha approntato un documento di segretariato nel quale vengono fornite le regole pratiche per calcolare l'emissione armonica dei componenti più significativi di un impianto industriale sulla base delle caratteristiche degli stessi; valutare l'effetto complessivo di tutti i componenti presenti in un impianto con criteri di composizione che tengano conto del fattore di contemporaneità.

Dall'applicazione delle regole fornite dalle norme è così possibile precalcolare l'entità delle armoniche immesse dall'impianto nella rete di alimentazione AT o MT: questo valore va quindi confrontato con il valore limite prefissato dalle Società Elettriche nelle proprie regole di allacciamento. Dal documento emerge l'orientamento della normativa ad affidare alle Società Elettriche il mandato della definizione dei criteri di allacciamento dei carichi inquinanti: con ciò si riconosce di fatto che ogni rete di distribuzione pubblica ha le proprie caratteristiche peculiari e che è praticamente impossibile stabilire regole di allacciamento comuni a Paesi diversi.

Per quanto riguarda i livelli di compatibilità, la IEC ha prodotto due pubblicazioni, integralmente recepite dal CENELEC, sui livelli di compatibilità per le reti di distribuzione pubblica a bassa tensione [IEC 1000-2-1, IEC 1000-2-2]. I due documenti stabiliscono la distorsione massima che è accettabile per la tensione di alimentazione in condizioni normali.

I valori riportati non rappresentano un massimo assoluto in quanto è ammissibile che possano essere superati, ma solo per il 5% del tempo di osservazione. Si noti, infatti, come il livello di disturbo varia in funzione del tempo e dello spazio: per questo motivo va considerata la sua distribuzione statistica. A causa della variabilità del livello di disturbo risulta spesso molto difficile, se non addirittura impossibile, valutare i reali livelli massimi di disturbo che possono presentarsi, sia pure con bassa probabilità, in un sistema elettrico. D'altra parte, non sarebbe economico definire i livelli di compatibilità in termini dei valori più elevati a cui la maggior parte dei dispositivi inseriti in un dato sistema non sarebbe esposta per la maggior parte del tempo di funzionamento.

La Tabella 1 riporta i limiti di distorsione armonica sopraddeiti per i vari ordini di armonicità con riferimento alla rete di distribuzione pubblica in bassa tensione

La Normativa vigente sui disturbi condotti

Ai limiti della Tabella 1 va aggiunto il fattore di distorsione totale che non deve superare l'8%. I livelli riportati nella tabella rappresentano l'inquinamento massimo nelle reti elettriche che va contenuto fissando limiti sull'emissione.

Tabella 1 - Livelli di compatibilità per le singole tensioni armoniche nelle reti in BT

Armoniche dispari non multiple di 3		Armoniche dispari multiple di 3		Armoniche pari	
Ordine di armonicità <i>n</i>	Tensione armonica %	Ordine di armonicità <i>n</i>	Tensione armonica %	Ordine di armonicità <i>n</i>	Tensione armonica %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3	21	0,2	8	0,5
17	2	> 21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			> 12	0,2
25	1,5				
> 25	$0,2 + 0,5 \times 25/n$				

Per quanto riguarda i disturbi nelle reti d'alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili, il CEI ha pubblicato le norme CEI 77-2 e CEI 77-3.

Per quanto riguarda i livelli di compatibilità per le reti di media tensione, l'orientamento della IEC è quello di sceglierli pari a quelli per la bassa tensione (IEC Sec. 113); infine per i livelli consentiti nelle reti con tensione superiore a 132 kV si è orientati su valori pari alla metà o a un terzo dei precedenti.

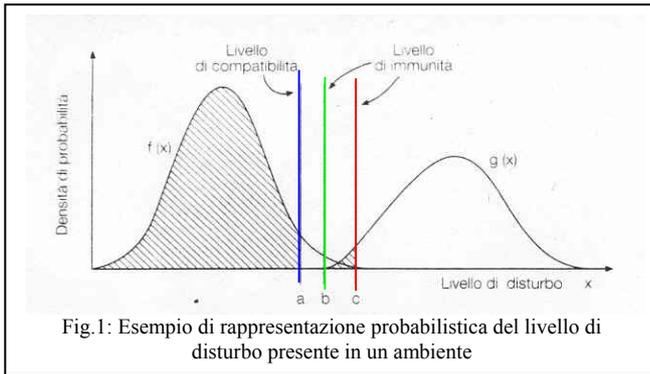
Va comunque ribadito il concetto che i livelli di cui sopra dovranno essere considerati come indicativi in quanto spetta alle Società Elettriche scegliere i più adeguati alle caratteristiche delle proprie reti: ad esempio l'ENEL ha prodotto il documento "Criteri di allacciamento di impianti utilizzatori comprendenti forni ad arco in corrente alternata", prevalentemente rivolto ad uno specifico carico altamente disturbante per le reti.

I livelli di compatibilità di cui sopra fanno riferimento alle reti pubbliche: nelle reti di distribuzione industriale, soprattutto in presenza di convertitori o altri apparecchi disturbanti, i livelli di compatibilità ammissibili possono essere aumentati e il THD può raggiungere il 10%.

Per quanto riguarda i livelli di immunità, ogni apparecchio utilizzatore in un ambiente elettromagneticamente perturbato è caratterizzato dalla sua suscettibilità ai disturbi. Il costruttore definisce un livello di suscettibilità inteso come rischio che l'apparecchio, sottoposto a un disturbo di caratteristiche assegnate, sia oggetto di malfunzionamenti o di danneggiamenti.

Il livello di suscettibilità richiede considerazioni in termini statistici: mediante delle prove (ben definite per ogni tipo di apparecchio) è possibile ricavare per un dato disturbo la probabilità di malfunzionamento dell'apparecchiatura intesa come numero di campioni malfunzionanti rispetto al numero di campioni totali (che deve essere elevato).

Si può tracciare allora, come indicato in figura 1, una curva $g(x)$ di densità di probabilità per il



livello di suscettibilità tale che, per ogni livello x di disturbo, l'area sottesa dalla curva $g(x)$ rappresenti la probabilità che l'apparecchiatura non funzioni correttamente se sottoposta a quel valore x di disturbo.

Il "livello di immunità" potrebbe quindi coincidere con il più basso valore di disturbo

per cui sia nulla la suscettibilità $g(x)$ (retta b di figura 1). In pratica, per ragioni economiche, può essere scelto un valore superiore (retta c di figura 1) ammettendo in questo caso una certa probabilità di malfunzionamento che corrisponde all'area tratteggiata sottesa dalla $g(x)$.

In figura 1 è riportata anche la funzione $f(x)$ che rappresenta la densità di probabilità di non superare il corrispondente livello x di disturbo, per cui l'area da essa sottesa dall'origine a una data ascissa x indica la probabilità di non eccedere quel livello x di disturbo nell'ambiente considerato.

Il "livello di compatibilità" (retta a di figura 1) viene posizionato, per i motivi precedentemente esposti, in modo tale da garantire una probabilità di circa il 95% di non essere superato; esso serve di riferimento per l'ambiente elettromagnetico in cui si inseriranno le diverse apparecchiature.

Il "livello di immunità", che rappresenta il valore che identifica un generico apparecchio agli

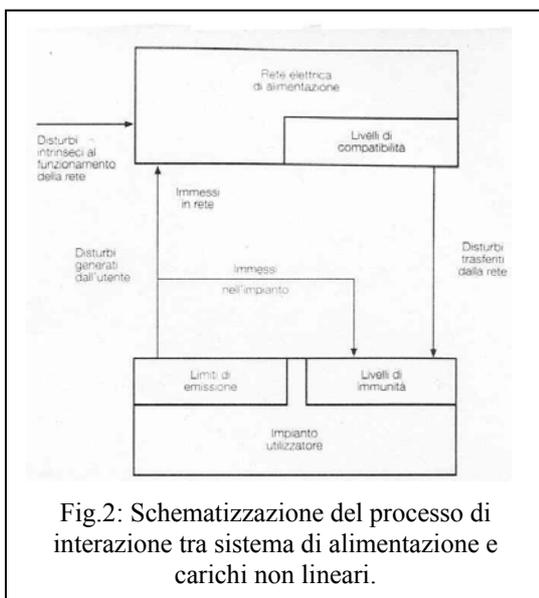


Fig.2: Schematizzazione del processo di interazione tra sistema di alimentazione e carichi non lineari.

effetti dei disturbi, dovrà ovviamente essere superiore o al limite uguale al "livello di compatibilità" che caratterizza l'ambiente in cui l'apparecchio sarà inserito.

La differenza tra livelli di immunità e di compatibilità costituisce il margine di sicurezza che il progettista assume nel coordinare le caratteristiche di tolleranza ai disturbi degli apparecchi che compongono un impianto con i livelli di disturbo attesi nell'impianto stesso.

La figura 2 schematizza il processo di generazione e diffusione dei disturbi, con riferimento all'interazione tra il sistema di alimentazione e l'impianto utilizzatore, mettendo in evidenza i concetti sopra esposti

("compatibilità" e "immunità").

Si può osservare che un utente costituito da carichi disturbanti, oltre che la rete, inquina innanzitutto il proprio impianto per cui è nel suo interesse adottare dei provvedi-

La Normativa vigente sui disturbi condotti

menti di limitazione della emissione dei disturbi. Si vede inoltre che anche il sistema di alimentazione genera disturbi legati al suo funzionamento e determina la propagazione di certi tipi di disturbo immessi dagli utenti.