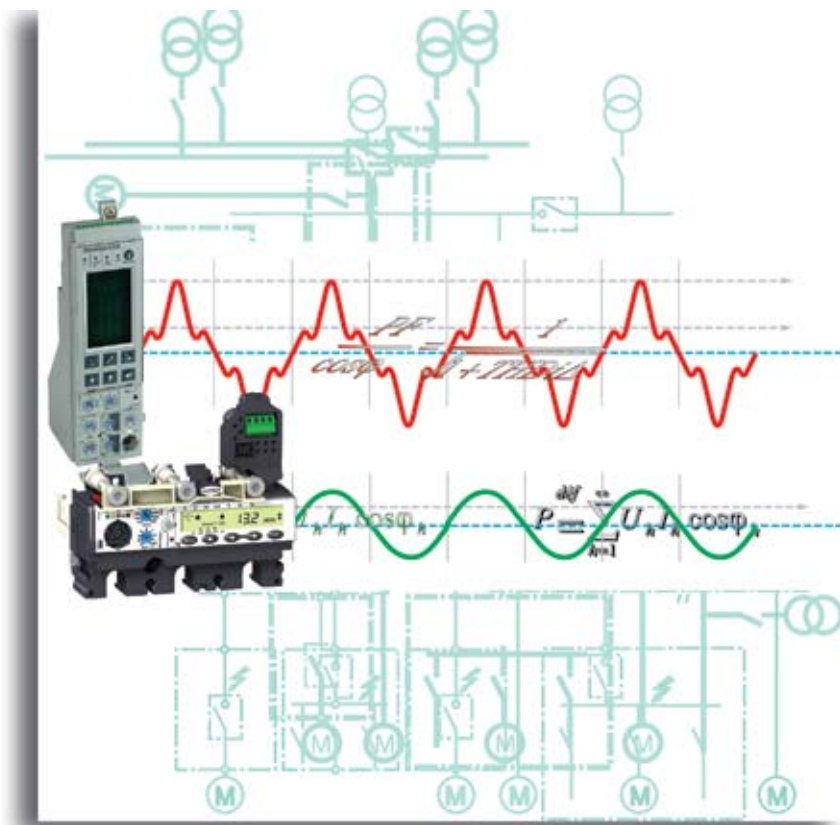


# Rilevamento e filtraggio delle armoniche

Guida tecnica





# Sommario

---

<b>1. Generalità .....</b>	<b>5</b>
1.1 Definizione e origine delle armoniche .....	5
1.1.1 Deformazione di un segnale sinusoidale.....	5
1.1.2 Origine delle armoniche.....	6
1.2 Perché rilevare e limitare le armoniche? .....	9
1.2.1 Le perturbazioni causate dalle armoniche.....	9
1.2.2 L'impatto economico delle armoniche .....	9
1.2.3 Fenomeno in crescita .....	9
1.2.4 In pratica quali sono le armoniche da misurare e limitare? .....	9
<b>2. Gli indicatori della distorsione armonica e principi di misura ....</b>	<b>10</b>
2.1 Fattore di potenza PF .....	10
2.1.1 Definizione.....	10
2.1.2 Interpretazione del fattore di potenza .....	10
2.2 Fattore di cresta K .....	10
2.2.1 Definizione.....	10
2.2.2 Interpretazione del fattore di cresta.....	10
2.3 Potenza e armoniche .....	11
2.3.1 Potenza attiva.....	11
2.3.2 Potenza reattiva.....	11
2.3.3 Potenza di distorsione D.....	11
2.4 Spettro in frequenza e tasso di distorsione armonica .....	12
2.4.1 Principio.....	12
2.4.2 Tasso armonico individuale (o tasso di armonica di ordine h).....	12
2.4.3 Spettro in frequenza .....	12
2.4.4 Valore efficace.....	12
2.5 Tasso di distorsione armonica (THD) .....	13
2.5.1 Definizione di THD.....	13
2.5.2 THD in corrente e in tensione.....	13
2.5.3 Caso specifico: il thd.....	13
2.5.4 Relazione tra fattore di potenza (PF) e tasso di distorsione armonica (THD)14	
2.6 Considerazioni sui singoli indicatori .....	15
<b>3. La misurazione degli indicatori di distorsione armonica ..</b>	<b>16</b>
3.1 Le apparecchiature da utilizzare .....	16
3.1.1 Scelta.....	16
3.1.2 Funzionalità degli analizzatori digitali .....	16
3.1.3 Principio degli analizzatori di spettro digitali, modo di elaborazione dei dati.....	16
3.2 Procedimenti di analisi armonica di un impianto .....	17
3.3 Azioni preventive .....	18
3.3.1 Preferire la soluzione con strumenti di misura installati e collegati all'impianto .....	18
3.3.2 I dispositivi di monitoraggio e misura integrati nelle apparecchiature di distribuzione ..	18
<b>4. Principali effetti delle armoniche sugli impianti .....</b>	<b>19</b>
4.1 La risonanza .....	19
4.2 Perdite aggiuntive .....	20
4.2.1 Perdite nei conduttori.....	20
4.2.2 Perdite nelle macchine asincrone.....	21
4.2.3 Perdite nei trasformatori .....	21
4.2.4 Perdite nei condensatori.....	21
4.3 Sovraccarico .....	22
4.3.1 Alternatori .....	22
4.3.2 Gruppi statici.....	22
4.3.3 Trasformatori .....	22
4.3.4 Macchine asincrone.....	23
4.3.5 Condensatori .....	24
4.3.6 Conduttori di neutro .....	24

# Sommario

---

4.4	Perturbazione di carichi sensibili .....	26
4.4.1	<i>Effetti causati dalla deformazione della tensione di alimentazione</i> .....	26
4.4.2	<i>Segnali telefonici disturbati</i> .....	26
4.5	Impatto economico .....	26
4.5.1	<i>Perdite energetiche supplementari</i> .....	26
4.5.2	<i>Sovracosti contrattuali</i> .....	26
4.5.3	<i>Sovradimensionamenti</i> .....	26
4.5.4	<i>Riduzione della durata di vita dei materiali</i> .....	27
4.5.5	<i>Interventi impestivi e fermi impianto</i> .....	27
<b>5.</b>	<b>Le disposizioni normative .....</b>	<b>28</b>
5.1	Norme di compatibilità reti elettriche/prodotti .....	28
5.2	Norme sulla qualità delle reti .....	28
5.3	Norme prodotto .....	28
5.4	Valori massimi accettabili .....	29
5.5	Norme d'installazione .....	29
<b>6.</b>	<b>Le soluzioni da attuare per l'attenuazione delle armoniche ....</b>	<b>30</b>
6.1	Soluzioni di base .....	30
6.1.1	<i>Posizionamento dei carichi inquinanti a monte della rete</i> .....	30
6.1.2	<i>Raggruppare i carichi inquinanti</i> .....	30
6.1.3	<i>Separare le alimentazioni</i> .....	31
6.1.4	<i>Utilizzare trasformatori con particolari gruppi orari</i> .....	31
6.1.5	<i>Utilizzo di induttanze in linea</i> .....	31
6.1.6	<i>Scegliere uno schema di collegamento a terra adatto</i> .....	32
6.2	Azioni correttive in caso di superamento dei valori limite .....	33
6.2.1	<i>Filtri passivi</i> .....	33
6.2.2	<i>Filtri attivi</i> .....	33
6.2.3	<i>Filtri ibridi</i> .....	34
6.2.4	<i>Criteri di scelta</i> .....	35
<b>7.</b>	<b>I dispositivi di rilevamento Schneider Electric .....</b>	<b>36</b>
7.1	Il rilevamento .....	36
7.1.1	<i>Le centrali di misura integrate</i> .....	36
7.1.2	<i>Le centrali di misura esterne</i> .....	36
7.1.3	<i>Utilizzo delle centrali di misura</i> .....	37
7.2	Guida alla scelta .....	37
<b>8.</b>	<b>Guida alla scelta degli apparecchi di misura .....</b>	<b>38</b>

La presenza di armoniche in rete è indice di deformazione della corrente o della tensione.

Questo significa che la distribuzione dell'energia elettrica è perturbata e che avviene con qualità non ottimale.

# Generalità

## 1.1 Definizione e origine delle armoniche

### 1.1.1 Deformazione di un segnale sinusoidale

Il teorema di Fourier afferma che una qualsiasi funzione periodica non sinusoidale può essere rappresentata con una sommatoria (serie) di:

- una sinusoide con lo stesso periodo T (fondamentale)
- delle sinusoidi con frequenza pari a multipli interi della fondamentale (armoniche)
- un'eventuale componente continua.

Un **armonica di ordine h** è la componente sinusoidale di un segnale che ha frequenza pari a h volte la frequenza fondamentale.

Secondo Fourier la formula corrispondente alla scomposizione armonica della funzione periodica è dunque:

$$y(t) = Y_0 + \sum_{n=1}^{n=\infty} Y_n \sqrt{2} \sin(n\omega t - \varphi_n)$$

dove:

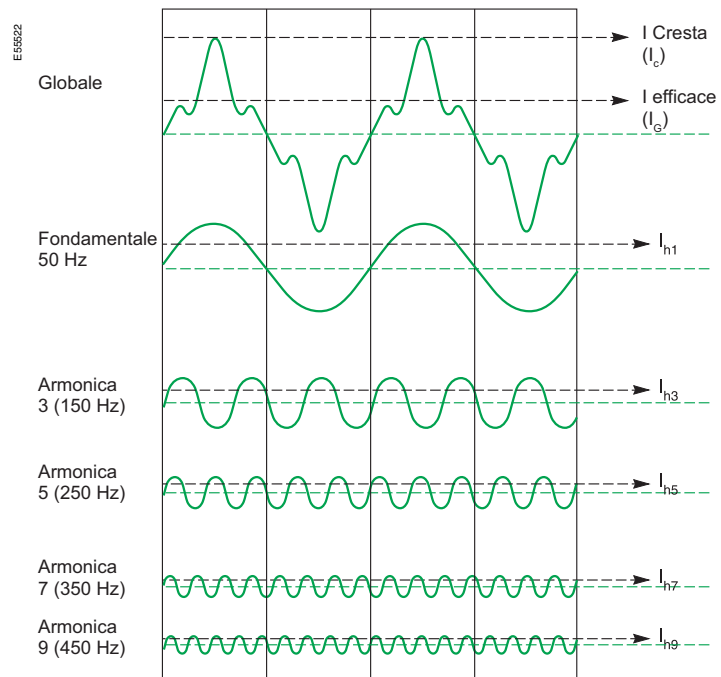
- $Y_0$ : valore della componente continua generalmente nulla (e tale si considererà in seguito)
- $Y_n$ : valore efficace dell'armonica di ordine n
- $\omega$ : pulsazione della frequenza fondamentale
- $\varphi_n$ : sfasamento della componente armonica con  $t = 0$ .

Ad esempio nel caso di una rete elettrica:

- la frequenza fondamentale (o armonica di ordine 1) ha frequenza pari a 50 Hz
- l'armonica di ordine 2 ha frequenza pari a 100 Hz
- l'armonica di ordine 3 ha frequenza pari a 150 Hz
- l'armonica di ordine 4 ha frequenza pari a 200 Hz
- ...

Un segnale deformato può quindi essere considerato come la somma di un insieme di armoniche.

La figura 1 mostra l'esempio di una corrente distorta da armoniche.



**Figura 1** - Esempio di correnti distorte (presenza di armoniche) e scomposizione in armoniche di ordine 1 (fondamentale), 3 (terza armonica), 5, 7 e 9.

# Generalità

## Rappresentazione delle armoniche: lo spettro in frequenza

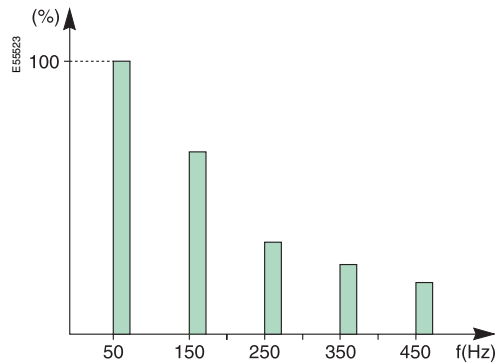
Lo spettro in frequenza è una delle rappresentazione classiche del contenuto armonico di una grandezza periodica. Si tratta di una rappresentazione grafica molto pratica che permette di capire in un solo colpo d'occhio la presenza di armoniche .

Lo spettro in frequenza è un istogramma in cui ogni armonica presente è rappresentata in valore percentuale della fondamentale.

Questo tipo di rappresentazione è detta anche analisi dello spettro.

L'esame dello spettro permette di capire quali armoniche sono presenti nel segnale e con quale incidenza.

La figura 2 rappresenta lo spettro del segnale riportato nella figura 1.



**Figura 2** - Spettro di un segnale con frequenza fondamentale 50 Hz e contenente armoniche di ordine 3 (150 Hz), 5 (250 Hz), 7 (350 Hz) e 9 (450 Hz).

## 1.1.2 Origine delle armoniche

I dispositivi che danno luogo ad armoniche sono presenti sia nel settore industriale che nel terziario e in ambito domestico. Le armoniche sono dovute essenzialmente a **carichi non lineari**.

### Carico non-lineare: definizione

Un carico è detto **non lineare** quando dà luogo ad assorbimento di corrente con andamento differente dalla tensione di alimentazione.

### Esempio di carichi non lineari

L'esempio classico è l'**elettronica di potenza**.

I carichi non lineari sono sempre più numerosi e la loro incidenza sui consumi di elettricità continua ad aumentare.

#### Come esempi si può citare:

- le apparecchiature industriali (saldatrici, forni ad arco, forni a induzione, raddrizzatori)
- i variatori di velocità per motori asincroni o motori a corrente continua
- le apparecchiature da ufficio (PC, fotocopiatrici, fax, ecc...)
- le apparecchiature domestiche (TV, forni a micro-onde, lampade neon, ecc ...)
- UPS.

Ancora i dispositivi affetti da saturazione (essenzialmente i trasformatori) possono dar luogo ad armoniche.

Le correnti armoniche sono generate dai carichi non lineari collegati alla rete.  
La circolazione delle correnti armoniche crea tensioni armoniche attraverso le impedenze della rete e quindi una deformazione della tensione di alimentazione.

### Le perturbazioni causate dai carichi non lineari: correnti e tensioni armoniche

L'alimentazione di carichi non lineari provoca la comparsa di correnti armoniche circolanti nell'impianto.

La tensione armonica è dovuta alla circolazione della corrente armonica nelle impedenze dei circuiti di alimentazione (trasformatore e linee, nel caso della fig. 3).

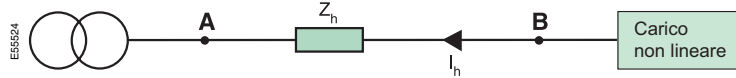


Figura 3 - Schema unifilare del circuito di alimentazione "visto" dall'armonica di ordine  $h$ .

Ricordiamo che l'impedenza di un conduttore aumenta all'aumentare della frequenza della corrente che lo attraversa e dunque ad ogni corrente armonica di ordine  $h$  corrisponde quindi un'impedenza del circuito di alimentazione  $Z_h$ .

La corrente armonica di ordine  $h$  causerà attraverso l'impedenza  $Z_h$  una tensione armonica  $U_h$ , con  $U_h = Z_h \times I_h$ , (legge di Ohm). La tensione in B è quindi deformata. Qualsiasi apparecchio alimentato dal punto B riceverà quindi una tensione con contenuto armonico.

La deformazione sarà tanto più elevata quanto maggiori saranno le impedenze della linea, per una corrente armonica data.

### Circolazione delle armoniche in rete

Per una migliore comprensione del fenomeno delle armoniche possiamo considerarle iniettate in rete dal carico non lineare verso la sorgente.

Le figure 4a e 4b scompongono l'impianto in due circuiti differenti, uno in cui circola solo la componente armonica fondamentale di frequenza 50 Hz (figura 4a), ed uno in cui circolano le armoniche di ordine  $h$  (figura 4b).

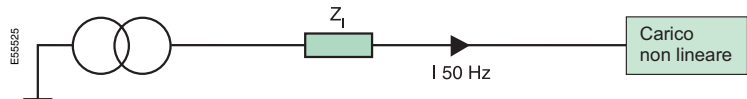


Figura 4a - Schema di un circuito per il quale si tiene conto solo delle componenti fondamentali perfettamente sinusoidali (frequenza 50 Hz).

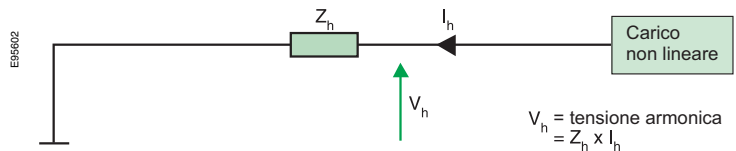
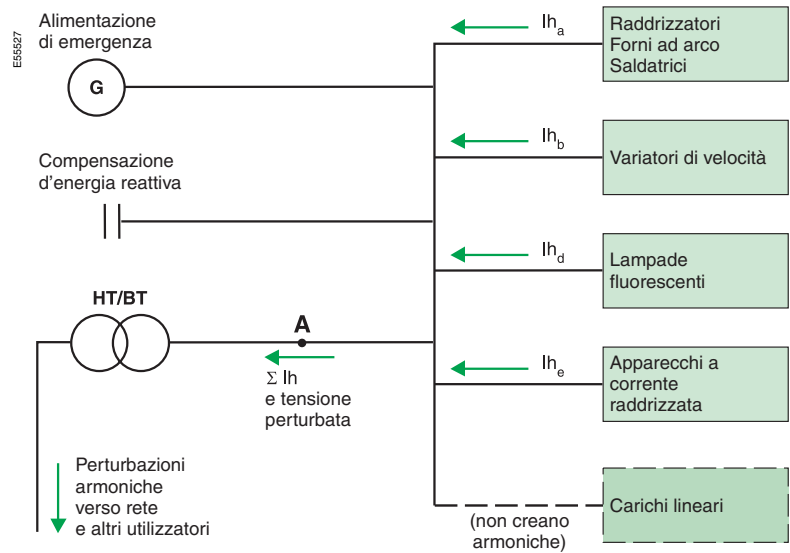


Figura 4b - Schema di un circuito in cui si considerano solo le armoniche di ordine  $h$ .

L'alimentazione di questo carico non lineare genera nella rete la circolazione della corrente  $I_{50Hz}$  (figura 4a), al quale si aggiungono le diverse correnti armoniche  $I_h$  (figura 4b) corrispondenti alle varie armoniche di ordine  $h$ .

# Generalità

Considerando sempre il modello dei carichi che iniettano in rete una corrente armonica, è possibile rappresentare la circolazione delle correnti armoniche in un impianto (figura 5).



**Figura 5** - Circolazione delle correnti armoniche in un impianto.

La figura mostra alcuni carichi che creano in rete delle correnti armoniche ed altri carichi che si comportano in modo opposto, funzionando da assorbitori di armoniche.



---

## 1.2 Perché rilevare e limitare le armoniche?

### 1.2.1 Le perturbazioni causate dalle armoniche

Le armoniche che circolano nell'impianto provocano un generale peggioramento della qualità dell'energia e sono all'origine di numerosi disturbi:

- sovraccarico della rete di distribuzione (aumento del valore efficace della corrente)
- sovraccarico nel conduttore di neutro dovuto alla somma delle correnti di terza armonica create dai carichi monofase
- sovraccarico, vibrazioni e usura precoce di alternatori, trasformatori, motori
- sovraccarico e usura dei condensatori di rifasamento
- deformazione della tensione di alimentazione con possibile malfunzionamento delle utenze più sensibili
- disturbi alle linee di comunicazione (telefono).

### 1.2.2 L'impatto economico delle armoniche

Dal punto di vista economico l'impatto delle armoniche può essere gravoso:

- l'usura precoce porta ad una vita utile inferiore dell'impianto, a meno di sovradimensionamenti
- il sovraccarico della rete si traduce in contratti più gravosi e perdite supplementari, a meno di un sovradimensionamento
- la deformazione della corrente può causare interventi intempestivi degli organi di protezione e l'arresto delle linee di produzione con conseguenti perdite.

**I costi derivanti dall'usura del materiale, dalle perdite energetiche e di produttività** riducono notevolmente la competitività delle aziende.

### 1.2.3 Fenomeno in crescita

Solo una decina di anni fa l'attenzione per il fenomeno delle armoniche era ancora poco sentita perché gli effetti sulle reti erano generalmente poco rilevanti.

Ma l'utilizzo dell'elettronica di potenza è andato diffondendosi sempre più, amplificando notevolmente il fenomeno in tutti i settori di attività e rendendo fondamentale la necessità di valutare l'impatto armonico sugli impianti.

Le armoniche sono sempre più difficili da limitare dal momento che le apparecchiature vitali per l'azienda sono spesso la causa della comparsa delle perturbazioni.

### 1.2.4 In pratica quali sono le armoniche da misurare e limitare?

Le armoniche più facilmente riscontrabili nelle reti trifase e quindi quelle più fastidiose sono le armoniche di ordine dispari.

Un'analisi armonica che si spinga oltre l'ordine di armonicità 50 è superflua.

Un buon grado di precisione si ottiene analizzando fino all'armonica di ordine 30.

Normalmente i distributori di energia controllano le armoniche di ordine 3, 5, 7, 11 e 13.

È dunque essenziale prevedere sistemi di compensazione che considerino le armoniche fino all'ordine 13; è comunque bene compensare le armoniche fino alla 25a.

# Gli indicatori della distorsione armonica e principi di misura

**Vi sono degli indicatori che permettono di quantificare e valutare la distorsione armonica delle onde di tensione e di corrente.**

Questi sono:

- il fattore di potenza
- il fattore di cresta
- la potenza di distorsione
- lo spettro in frequenza
- il tasso di distorsione armonica.

Questi indicatori sono lo strumento indispensabile per stabilire le eventuali azioni correttive.

## 2.1 Fattore di potenza PF

Il fattore di potenza verrà qui di seguito definito PF (Power Factor).

### 2.1.1 Definizione

Il fattore di potenza è il rapporto tra la potenza attiva P e la potenza apparente S.

$$PF = \frac{P}{S}$$

Spesso viene confuso con il  $\cos \varphi$ , che invece è dato dalla relazione:

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{S_1}$$

$P_1$  = Potenza attiva della fondamentale.

$S_1$  = Potenza reattiva della fondamentale.

Il " $\cos \varphi$ " si riferisce solo alla frequenza fondamentale, e, in presenza di armoniche è quindi diverso dal fattore di potenza PF.

### 2.1.2 Interpretazione del fattore di potenza

Una prima indicazione di presenza significativa di armoniche può essere un fattore di potenza "PF" diverso dal " $\cos \varphi$ " (il fattore di potenza non potrà essere che inferiore al " $\cos \varphi$ ").

## 2.2 Fattore di cresta K

### 2.2.1 Definizione

Il fattore di cresta è il rapporto tra il valore di cresta della corrente o della tensione ( $I_m$  o  $U_m$ ) e il valore efficace.

$$k = \frac{I_m}{I_{eff}} \quad \text{o} \quad k = \frac{U_m}{U_{eff}}$$

Per un segnale sinusoidale puro il fattore è pari a  $\sqrt{2}$ .

In caso di segnali distorti può assumere valori inferiori o superiori a  $\sqrt{2}$ .

Il calcolo del fattore di cresta è utile soprattutto per evidenziare la presenza di valori di cresta eccezionali rispetto al valore efficace.

### 2.2.2 Interpretazione del fattore di cresta

Il fattore di cresta tipico delle correnti assorbite dai carichi non lineari è molto superiore a  $\sqrt{2}$ : può assumere anche valori pari a 1,5 o 2, o anche superiori a 5 nei casi più critici.

Se il fattore di cresta è molto elevato significa che l'utenza è chiamata a sopportare sovraccarichi istantanei importanti ad ogni semionda. Questi sovraccarichi potrebbero dare origine anche ad interventi intempestivi delle protezioni.

---

## 2.3 Potenza e armoniche

### 2.3.1 Potenza attiva

**La potenza attiva  $P$** , in caso di presenza di armoniche, è la somma delle potenze attive dovute a tensioni e correnti dello stesso ordine.

La scomposizione della corrente e della tensione nelle loro componenti armoniche darà:

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} U_h I_h \cos \varphi_h$$

essendo  $\varphi_h$  lo sfasamento tra le armoniche di ordine  $h$  di corrente e di tensione.

**Nota :**

- la formula è valida in caso siano nulle le componenti continue di tensione e di corrente:  $U_0 = I_0 = 0$
- in assenza di armoniche si avrà la formula  $P = U_1 I_1 \cos \varphi_1$ , potenza di un segnale sinusoidale ove  $\cos \varphi_1$ , è il "cos  $\varphi$ ".

### 2.3.2 Potenza reattiva

La potenza reattiva è definita solo per la fondamentale, ovvero:

$$Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1$$

### 2.3.3 Potenza di distorsione D

Consideriamo la potenza apparente S:

$$S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

in presenza di armoniche la potenza apparente S può essere scritta anche come:

$$S^2 = \left( \sum_{n=1}^{\infty} U_n^2 \right) \cdot \left( \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2 \right)$$

Dunque in presenza di armoniche la classica relazione  $S^2 = P^2 + Q^2$  non è più valida.

Si introduce un nuovo termine che definisce la potenza di distorsione D come:

$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$ , ovvero:

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$$

# Gli indicatori della distorsione armonica e principi di misura

## 2.4 Spettro in frequenza e tasso di distorsione armonica

### 2.4.1 Principio

Ciascun tipo di apparecchio inquinante è caratterizzato dalla generazione di correnti armoniche, con ampiezze e sfasamenti diversi.

Questi valori, soprattutto l'ampiezza per ogni ordine di armonica, sono essenziali per l'analisi dei disturbi in rete e per risalire alla causa.

### 2.4.2 Tasso armonico individuale (o tasso di armonica di ordine h)

Il tasso armonico individuale è il rapporto tra la singola componente armonica di ordine h e la fondamentale:

$$u_h(\%) = 100 \frac{U_h}{U_1} \quad \text{o} \quad i_h(\%) = 100 \frac{I_h}{I_1}$$

### 2.4.3 Spettro in frequenza

È la rappresentazione dell'ampiezza di ogni ordine di armonica, rapportata alla componente fondamentale, sotto forma di istogramma o analisi spettrale.

La figura 6 fornisce un esempio di analisi spettrale di un segnale di tensione rettangolare.

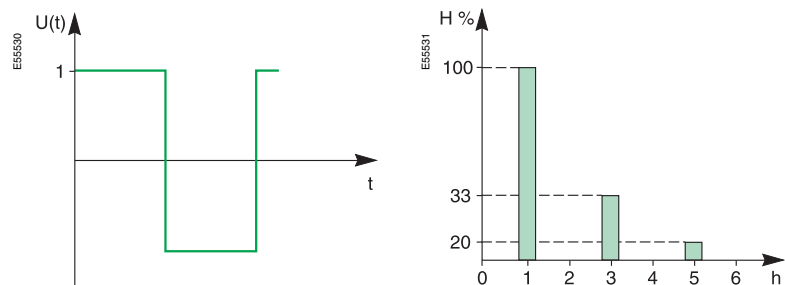


Figura 6 - Analisi spettrale di un segnale rettangolare, per la tensione U(t).

### 2.4.4 Valore efficace

Il valore efficace della corrente o della tensione in funzione del valore delle sue armoniche si calcola con la seguente formula:

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}$$

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} U_h^2}$$

**THD è l'acronimo di Total Harmonic Distortion (tasso di distorsione armonica).**

Il tasso di distorsione armonica è una nozione molto utilizzata per definire l'importanza del contenuto armonico di un segnale alternato.

## 2.5 Tasso di distorsione armonica (THD)

### 2.5.1 Definizione di THD

Per un segnale  $y$  il tasso di distorsione armonica THD è definito dalla formula:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1}$$

Tale definizione è data dalla norma CEI EN 61000-2-2.

Il suo valore può essere superiore a 1.

Secondo la norma è possibile in genere limitare  $h$  a 50. Questa grandezza permette di valutare con un'unica cifra la deformazione di un segnale di tensione o di corrente in un punto della rete.

Il tasso di distorsione armonica è normalmente espresso in percentuale.

### 2.5.2 THD in corrente e in tensione

Se il segnale considerato è una corrente, la formula diventa:

$$\text{THD}_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

Nel caso si conosca il valore efficace della corrente si può utilizzare la seguente formula equivalente:

$$\text{THD}_I = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{eff}}}{I_1}\right)^2 - 1}$$

Nel caso si stia considerando un segnale in tensione, la formula diventa:

$$\text{THD}_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1}$$

### 2.5.3 Caso specifico: il thd

In alcuni Paesi il tasso di distorsione armonica viene calcolato con una formula diversa, sostituendo il valore fondamentale della tensione  $U_1$  o della corrente  $I_1$  con i rispettivi valori efficaci  $U_{\text{eff}}$  o  $I_{\text{eff}}$ .

Per distinguerli scriveremo  $\text{thd}$  invece che THD.

**Esempio di  $\text{thd}$  in tensione:**

$$\text{thd}_u = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_{\text{eff}}}$$

Il  $\text{thd}$  (in tensione o in corrente) è sempre inferiore al 100 %. Tale valore coincide con il THD in caso di segnale poco perturbato, ma se ne discosta anche sensibilmente per segnali molto perturbati. In questo caso non è adatto perché, al contrario del THD, non può mai essere superiore al 100 %.

# Gli indicatori della distorsione armonica e principi di misura

## 2.5.4 Relazione tra fattore di potenza (PF) e tasso di distorsione armonica (THD)

Se si ha a che fare con una tensione sinusoidale o pressochè sinusoidale, possiamo supporre che:

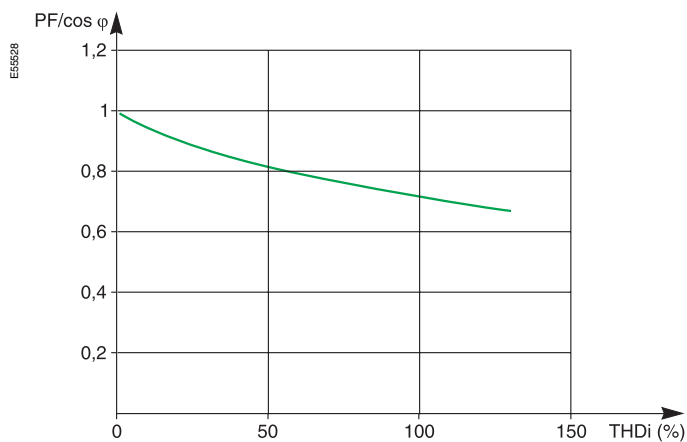
$$P \neq P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1$$

$$\text{Quindi si avrà che: } PF = \frac{P}{S} \neq \frac{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1}{U_1 \cdot I_{\text{eff}}}$$

$$\text{O: } \frac{I_1}{I_{\text{eff}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}_I^2}}$$

$$\text{Da cui: } PF \neq \frac{\cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \text{THD}_I^2}}$$

otterremo quindi la relazione che permette di rappresentare in forma grafica il rapporto tra la grandezza  $PF / \cos \varphi$  in funzione del  $\text{THD}_I$  (figura 7).  
 $PF / \cos \varphi = f(\text{THD}_I)$ .



**Figura 7** - Andamento del valore  $PF/\cos$  in funzione del tasso di distorsione armonica in corrente  $\text{THD}_I$  con  $\text{THD}_U = 0$ .

L'indicatore essenziale è il THD che traduce con un solo valore la deformazione della forma d'onda della tensione o della corrente. Lo spettro è utilizzato per avere un'indicazione visuale della deformazione del segnale considerato

## 2.6 Considerazioni sui singoli indicatori

- **Il THD in tensione** caratterizza la deformazione della forma d'onda della tensione.

Valore del THDu misurato e fenomeni osservati in un impianto:

Se il valore del THDu è inferiore al 5 % il valore è da considerarsi normale. Non sono da temere problemi di funzionamento e non è necessario prendere provvedimenti.

Se il valore del THDu è compreso tra il 5 e l'8 % significa che l'impianto è caratterizzato da una forte distorsione armonica. È possibile che vi siano dei malfunzionamenti nell'impianto.

Se il valore del THDu supera l'8 % l'impianto è caratterizzato da una presenza di armoniche rilevante. Per evitare probabili malfunzionamenti saranno necessarie un'analisi approfondita dell'impianto e l'installazione di sistemi di compensazione.

- **Il THD in corrente** caratterizza la deformazione della forma d'onda della corrente.

La ricerca della fonte delle perturbazioni si effettua misurando il THD in corrente sull'arrivo e su tutte le partenze dei diversi circuiti.

Valore del THDi misurato e fenomeni osservati in un impianto:

Se il valore del THDi è inferiore al 10 % il valore è da considerarsi normale. Non sono da temere problemi di funzionamento.

Se il valore del THDi è compreso tra il 10 e il 50 % significa che l'impianto è caratterizzato da una sensibile distorsione armonica che potrebbe causare surriscaldamenti: può rendersi necessario il sovradimensionamento dei cavi e delle alimentazioni.

Se il valore del THDi supera il 50 % siamo in presenza di un impianto fortemente perturbato che può avere malfunzionamenti significativi. Per evitare probabili malfunzionamenti è necessario procedere ad un'analisi approfondita dell'impianto e all'installazione di sistemi di compensazione adatti.

- **Il fattore di potenza PF** permette di valutare il sovradimensionamento necessario dell'alimentazione di un impianto.

■ **Il fattore di cresta K** è utilizzato per capire se la corrente assorbita dall'impianto possa dare problemi all'alimentazione (ad esempio gli alternatori possono avere problemi a fornire correnti con elevato fattore di cresta e necessitano un declassamento). Le utenze di tipo informatico sono ad esempio caratterizzate da correnti assorbite che presentano un fattore di cresta anche pari a 3 o 5.

- **Lo spettro** (scomposizione in frequenza del segnale) offre una rappresentazione grafica delle armoniche e permette di valutarne la deformazione.

# La misurazione degli indicatori di distorsione armonica

## 3.1 Le apparecchiature da utilizzare

### 3.1.1 Scelta

Solo gli **analizzatori digitali**, apparecchi tecnologicamente più moderni, permettono una valutazione precisa ed affidabile dei diversi indicatori.

Ricordiamo tuttavia altri metodi di analisi e misura utilizzati in passato e da considerarsi ormai superati:

#### ■ **oscilloscopio**

Una prima indicazione della deformazione del segnale è ottenibile visualizzando la corrente o la tensione con un oscilloscopio.

Una forma dell'onda non sinusoidale evidenzia la presenza di armoniche.

In tal modo è possibile visualizzare i picchi di tensione o di corrente.

Questo metodo non consente tuttavia di quantificare in modo preciso le componenti armoniche.

#### ■ **analizzatori di spettro analogici**

Questi strumenti sono composti da filtri passa banda associati ad un voltmetro a valore efficace.

Basati su una tecnologia ormai superata hanno prestazioni mediocri e non danno indicazioni riguardo allo sfasamento.

### 3.1.2 Funzionalità degli analizzatori digitali

I microprocessori integrati negli analizzatori digitali:

■ calcolano i valori degli indicatori del livello di armoniche (**fattore di potenza, fattore di cresta, potenza di distorsione, tasso di distorsione armonica THD**)

■ realizzano diverse funzioni complementari (correzioni, statistiche, gestione delle misure, visualizzazione, comunicazione, ecc ...)

■ possono fornire in tempo reale l'**analisi spettrale** dei segnali di tensione e corrente considerati (solo i modelli multicanali).

### 3.1.3 Principio degli analizzatori di spettro digitali, modo di elaborazione dei dati

I segnali analogici vengono convertiti in una serie di valori numerici.

L'algoritmo FFT (Fast Fourier Transform o Trasformata rapida di Fourier) calcola a partire dai valori numerici le ampiezze e le fasi delle armoniche per un gran numero di finestre temporali di osservazione.

La maggior parte degli analizzatori numerici misura le armoniche fino all'ordine 20 o 25 per calcolare il THD.

L'elaborazione dei valori successivi calcolati dall'algoritmo FFT (classificazione, statistiche) può essere effettuata dal dispositivo di misura o da un software esterno.



## 3.2 Procedimenti di analisi armonica di un impianto

L'analisi armonica di un impianto si effettua sia nel settore industriale che terziario:

- come azione preventiva:
  - per avere una **stima globale dello stato della rete** (cartografia della rete)
- come azione correttiva:
  - per **diagnosticare le fonti delle eventuali perturbazioni** e stabilire le soluzioni necessarie a risolverli
  - per **verificare la conformità di una soluzione** (con modifica dell'impianto per verificare la diminuzione delle armoniche).

### Modo operativo

Si studiano la tensione e la corrente in corrispondenza:

- del punto di alimentazione dell'impianto
- delle sbarre del quadro principale di distribuzione
- e di ciascuna delle partenze del quadro principale di distribuzione.

Affinchè le misure siano significative è necessario conoscere i dati precisi relativi al funzionamento dell'impianto e in particolare lo stato delle batterie dei condensatori (in servizio/fuori servizio, numero di gradini).

Con i risultati ottenuti si potrà:

- valutare gli eventuali declassamenti da applicare ai componenti dell'impianto
- decidere i sistemi di compensazione (protezioni e filtri) contro le armoniche da installare e in quale punto dell'impianto collegarli
- confrontare i valori dei vari indicatori con quelli ritenuti accettabili dall'ente distributore dell'energia: valori limite del tasso di distorsione armonica, valori accettabili, valori di riferimento.

### Utilizzo del dispositivo di misura

I moderni apparecchi di monitoraggio e misura servono a mostrare sia gli effetti istantanei che gli effetti a lungo termine delle armoniche.

Sono necessari valori integrati su periodi di tempo che vanno da alcuni secondi ad alcuni minuti, per periodi di osservazione di alcuni giorni.

Le grandezze da misurare sono le seguenti:

- il valore delle tensioni e delle correnti armoniche
- il tasso armonico per ogni ordine in corrente e in tensione
- il tasso di distorsione armonica in corrente e in tensione
- eventualmente il valore dello sfasamento tra tensione e corrente armoniche dello stesso ordine, e la fase delle armoniche rispetto ad un riferimento comune (la tensione fondamentale ad esempio).

# La misurazione degli indicatori di distorsione armonica

## 3.3 Azioni preventive

L'analisi armonica di un impianto può essere misurata:

- con strumenti appositamente collegati all'impianto
- o con l'intervento di esperti sull'impianto.

### 3.3.1 Preferire la soluzione con strumenti di misura installati e collegati all'impianto

Per diversi motivi è da preferire la soluzione che prevede il collegamento all'impianto da monitorare di apparecchi di misura:

- l'intervento di un esperto è utile ma temporaneo, mentre strumenti collegati in permanenza o per un periodo abbastanza lungo (da 1 settimana ad 1 mese) e in diversi punti **offrono una visione globale** del comportamento dell'impianto e anche in funzione delle diverse configurazioni o condizioni di funzionamento quali:
  - la fluttuazione della sorgente di alimentazione
  - le variazioni di funzionamento dell'impianto
  - eventuali nuovi carichi aggiuntivi
- i dati raccolti dagli apparecchi di misura installati **facilitano la diagnostica** permettendo agli esperti di elaborare e valutare le informazioni e di mettere in atto le opportune azioni correttive solo quando necessario, riducendo quindi il numero e la durata degli interventi
- gli apparecchi di misura installati **rileveranno le eventuali perturbazioni** dovute all'installazione di nuovi dispositivi, a nuove modalità di funzionamento o fluttuazioni della rete di alimentazione.

### 3.3.2 I dispositivi di monitoraggio e misura integrati nelle apparecchiature di distribuzione

I moderni dispositivi di monitoraggio e misura integrati alle apparecchiature di distribuzione elettrica offrono vantaggi rilevanti.

- **in caso di visione globale dell'impianto di distribuzione (analisi preventiva)**, evitano:
  - l'installazione di strumenti di misura
  - l'intervento di esperti
  - l'aggravio di ulteriori collegamenti dei dispositivi di misura.

Per la visione globale dell'impianto la stima a livello dei quadri generali di distribuzione (QGBT) può essere effettuata dall'apparecchio di arrivo e/o dagli apparecchi di misura integrati ad ogni partenza.

- **in caso di azioni correttive permettono:**
  - di ripristinare le condizioni di funzionamento presenti al momento del guasto
  - di raccogliere le informazioni sulla rete e sulla soluzione adottata.

La diagnostica sarà completata con l'eventuale utilizzo di prodotti adatti al problema riscontrato.

Le armoniche hanno un impatto economico rilevante sugli impianti:

- aumento della spesa energetica
- usura dei materiali
- perdite di produttività.

# Principali effetti delle armoniche sugli impianti

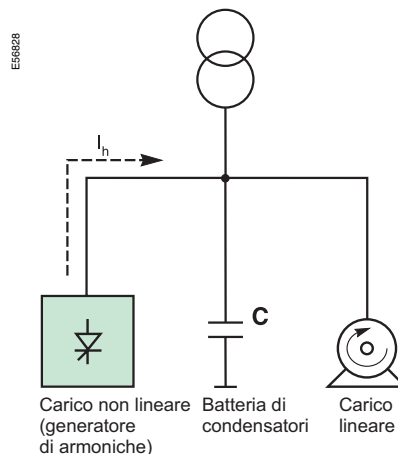
## 4.1 La risonanza

La presenza, in una stessa rete elettrica, di elementi induttivi e capacitivi, può dar luogo al fenomeno della risonanza che dà luogo a valori di impedenza equivalente estremamente ridotti o elevati che a loro volta influenzano le correnti e le tensioni di rete.

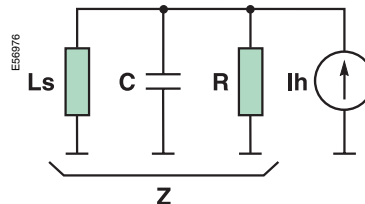
Qui di seguito considereremo solo la risonanza causata da fenomeni di tipo parallelo perchè più frequenti rispetto a quelli di tipo seriale.

Esemplifichiamo il fenomeno considerando la seguente schematizzazione di impianto:

- alimentato tramite trasformatore
- che alimenta sia carichi lineari che carichi non lineari che generano armoniche
- presenza di una batteria di condensatori di rifasamento.



Ai fini dell'analisi armonica dell'impianto lo schema diventa:



**L<sub>s</sub>**: induttanza dell'alimentazione (rete + trasformatore + linea)  
**C**: capacità batteria dei condensatori  
**R**: resistenza dei carichi lineari  
**I<sub>h</sub>**: corrente armonica.

$$Z = \frac{jL_s\omega}{1 - L_sC\omega^2} \text{ trascurando la resistenza R.}$$

Vi sarà risonanza quando il denominatore  $1 - L_sC\omega^2$  tende a zero.

La frequenza corrispondente verrà quindi detta frequenza di risonanza del sistema. In corrispondenza di tale frequenza l'impedenza assume il suo valore massimo con conseguente comparsa di armoniche rilevanti. La tensione sarà quindi particolarmente distorta. Alla tensione distorta si accompagnano correnti armoniche nel circuito  $L_s + C$  superiori alle correnti armoniche iniettate.

La rete di alimentazione e i condensatori sono sottoposti a correnti armoniche rilevanti e quindi a rischi di sovraccarico.

# Principali effetti delle armoniche sugli impianti

## 4.2 Perdite aggiuntive

### 4.2.1 Perdite nei conduttori

La potenza attiva assorbita da un carico dipende dalla sola componente fondamentale della corrente. Se però il carico contiene delle armoniche ed è quindi distorto il valore efficace della corrente  $I_{\text{eff}}$  risulterà maggiore del valore della corrente fondamentale  $I_1$ .

La definizione del THD darà:

$$\text{THD} = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{eff}}}{I_1}\right)^2 - 1}$$

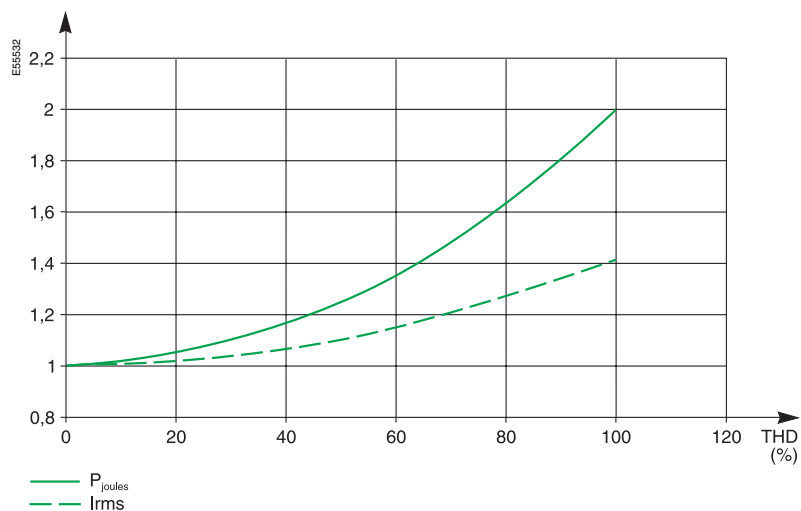
da cui otteniamo la relazione:

$$I_{\text{eff}} = I_1 \sqrt{1 + \text{THD}^2}$$

La figura seguente (figura 8) rappresenta l'andamento in funzione del tasso di distorsione armonica THD:

- l'aumento del valore efficace della corrente  $I_{\text{eff}}$  per un carico che assorbe una data corrente fondamentale
- l'aumento delle perdite per effetto Joule  $P_{\text{joule}}$  (senza tener conto dell'effetto pelle).

(prendiamo come riferimento una base 1 per  $I_{\text{eff}}$  e  $P_{\text{joule}}$  nel caso in cui non ci sia presenza di armoniche).



**Figura 8** - Evoluzione della corrente efficace e delle perdite Joule in funzione del valore del THD.

Si può quindi notare che la presenza di armoniche causa un aumento delle perdite Joule in tutti i conduttori con conseguente surriscaldamento dei trasformatori, delle apparecchiature, dei cavi, ecc ...

---

## 4.2.2 Perdite nelle macchine asincrone

Le tensioni armoniche applicate alle macchine asincrone provocano la circolazione di correnti di frequenza superiore a 50 Hz, negli avvolgimenti rotorici con conseguenti perdite aggiuntive proporzionali a  $U_h^2/h$ .

■ ordini di grandezza:

□ una tensione di alimentazione quasi rettangolare provoca un **aumento del 20 % delle perdite rotoriche**

□ una tensione di alimentazione con tasso di distorsione armonica di ordine  $h$   $u_h$ :

-  $u_5$ : 8 % di  $U_1$ ,  $U_1$  con armonica di ordine 1 (o tensione fondamentale)

-  $u_7$ : 5 % di  $U_1$

-  $u_{11}$ : 3 % di  $U_1$

-  $u_{13}$ : 1 % di  $U_1$

(ovvero un THD per la tensione pari al 10 %)

implica un aumento del 6 % delle perdite rotoriche.

## 4.2.3 Perdite nei trasformatori

Le correnti armoniche che percorrono gli avvolgimenti dei trasformatori causano perdite aggiuntive negli avvolgimenti per effetto Joule e perdite nel ferro dovute alle correnti di Foucault.

Le tensioni armoniche sono invece responsabili di perdite aggiuntive nel ferro per isteresi magnetica.

In linea di massima si può assumere che le perdite negli avvolgimenti sono proporzionali al quadrato del THD in corrente, mentre le perdite nel ferro sono proporzionali al THD in tensione.

■ ordine di grandezza:

□ valori di armonicità ritenuti accettabili con tasso di distorsione limitato possono causare **perdite aggiuntive dell'ordine del 10-15 %** nei trasformatori di distribuzione .

## 4.2.4 Perdite nei condensatori

Le tensioni armoniche applicate ai condensatori provocano la circolazione di correnti proporzionali all'ordine di armonicità che causano perdite aggiuntive.

■ esempio

una tensione di alimentazione con tasso di distorsione armonica di ordine  $h$   $u_h$ :

□ tensione fondamentale (o armonica di ordine 1):  $U_1$

□ tensioni armoniche:

-  $u_5$ : 8 % di  $U_1$

-  $u_7$ : 5 % di  $U_1$

-  $u_{11}$ : 3 % di  $U_1$

-  $u_{13}$ : 1 % di  $U_1$

(ovvero un THD per la tensione pari al 10 %).

$$I_1 = U_1 \cdot C \cdot \omega$$

$$I_5 = U_5 \cdot C \cdot 5 \cdot \omega = u_5 \cdot 5 \cdot I_1$$

$$I_7 = U_7 \cdot C \cdot 7 \cdot \omega = u_7 \cdot 7 \cdot I_1$$

$$I_{11} = U_{11} \cdot C \cdot 11 \cdot \omega = u_{11} \cdot 11 \cdot I_1$$

$$I_{13} = U_{13} \cdot C \cdot 13 \cdot \omega = u_{13} \cdot 13 \cdot I_1$$

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\sum I_h^2}$$

$$\frac{I_{\text{eff}}}{I_1} = \sqrt{1 + (u_5 \cdot 5)^2 + (u_7 \cdot 7)^2 + (u_{11} \cdot 11)^2 + (u_{13} \cdot 13)^2} = 1,19$$

Nel nostro esempio le perdite Joule sono moltiplicate per  $1,19^2 = 1,4$  (ciò, significa che possono causare un **40% in più di perdite** nei condensatori).

# Principali effetti delle armoniche sugli impianti

## 4.3 Sovraccarico

### 4.3.1 Alternatori

Gli alternatori che alimentano carichi non lineari devono essere declassati a causa delle perdite aggiuntive causate dalle correnti armoniche. Per un alternatore tale **declassamento è nell'ordine del 10 %** se il 30 % del carico totale è costituito da utenze non lineari; di qui la necessità di un sovradimensionamento dell'apparecchio.

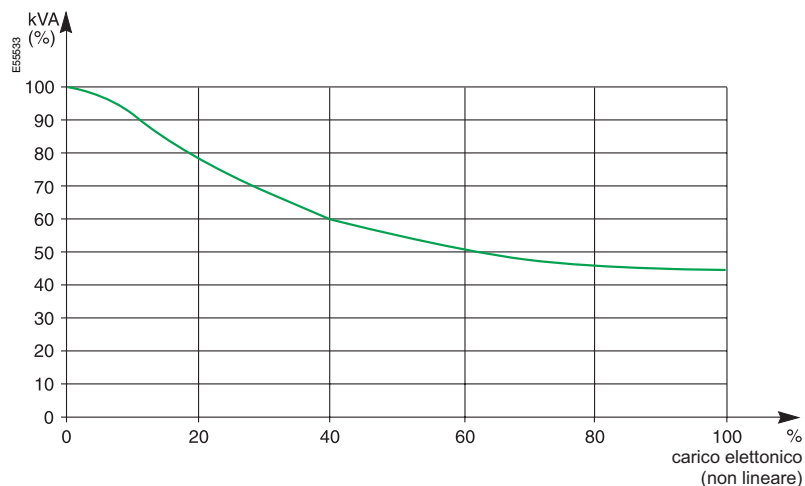
### 4.3.2 Gruppi statici

I dispositivi informatici hanno un assorbimento di corrente caratterizzata da un elevato fattore di cresta che può tradursi in un sovraccarico per i gruppi statici se non opportunamente declassati.

### 4.3.3 Trasformatori

■ il grafico sotto riportato (figura 9) mostra il declassamento da applicare ad un trasformatore in funzione della percentuale di carico non lineare.

Esempio: se il carico del trasformatore è costituito al 40 % da utenze non lineari bisognerà applicare un **declassamento del 40 %**.



**Figura 9** - Fattore di declassamento da applicare ad un trasformatore in funzione della percentuale di carico non lineare.

■ la norma francese UTE C15-112 propone una formula per il calcolo del fattore di declassamento dei trasformatori in funzione delle contenuto armonico delle correnti fornite al carico:

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,1 \cdot \left( \sum_{h=2}^{40} h^{1,6} \cdot T_h^2 \right)}}$$

$$T_h = \frac{I_h}{I_1}$$

valori tipici:

- corrente "rettangolare" (spettro in  $1/h^{(1)}$ ):  $k = 0,86$
- corrente tipo convertitore di frequenza (THD  $\approx 50\%$ ):  $k = 0,80$ .

(1) in realtà la forma del segnale della corrente si avvicina ad un'onda rettangolare; questo riguarda qualsiasi raddrizzatore di corrente (raddrizzatore trifase, forno a induzione, ecc...).

■ "K factor"

La norma ANSI C57.110 definisce invece con la seguente formula un coefficiente di declassamento chiamato "K factor":

$$K = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2 \cdot h^2}{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} = \sum_{h=1}^{\infty} \left( \frac{I_h}{I_{\text{eff}}} \right)^2 \cdot h^2$$

Il coefficiente di declassamento "K factor", più vincolante, è molto utilizzato negli Stati Uniti.

Nell'esempio sotto riportato si ottiene un coefficiente di declassamento "K factor" uguale a 13:

Ordine h	I <sub>h</sub> (%)
5	30
7	20
11	14
13	11
17	8
19	7
23	5
25	4

Un trasformatore con "K factor" pari a 13 avrà un sovracosto variabile tra il 30 e il 60 % a seconda dei calibri, in una gamma compresa tra 15 e 500 kVA.

#### 4.3.4 Macchine asincrone

■ Si definisce un tasso di distorsione armonica THD<sub>v</sub> ponderato (*Harmonic Voltage Factor*) di cui forniamo qui di seguito la formula e il valore massimo:

$$HVF = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} \frac{U_h \Delta}{h^2}} \leq 0,02$$

■ esempio

tensione di alimentazione con armoniche di ordine h u<sub>n</sub>:

□ tensione fondamentale: (o armonica di ordine 1) U<sub>1</sub>

□ tensioni armoniche:

- u<sub>3</sub>: 2 % di U<sub>1</sub>

- u<sub>5</sub>: 3 % di U<sub>1</sub>

- u<sub>7</sub>: 1 % di U<sub>1</sub>

ovvero un THD per la tensione pari al 3,7 %, e HVF = 0,018.

Nel nostro esempio il THD ponderato si avvicina molto al THD limite oltre il quale è necessario declassare la macchina.

Una regola semplice e pratica è il non superare, per la tensione di alimentazione della macchina un tasso di distorsione armonica del 10 %.

# Principali effetti delle armoniche sugli impianti

## 4.3.5 Condensatori

La norma impone che il valore efficace della corrente che circola nei condensatori non debba essere superiore a 1,3 volte la sua corrente nominale.

■ riprendendo l'esempio precedente:

- tensione di alimentazione con armoniche di ordine  $h$   $u_h$
- tensione fondamentale: (o armonica di ordine 1)  $U_1$
- tensioni armoniche:

-  $u_5$ : 8 % di  $U_1$

-  $u_7$ : 5 % di  $U_1$

-  $u_{11}$ : 3 % di  $U_1$

-  $u_{13}$ : 1 % di  $U_1$

(ovvero un THD per la tensione pari al 10 %),

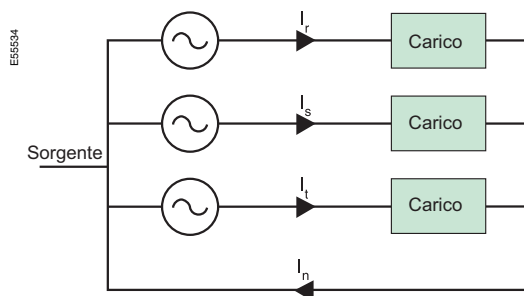
avremo  $\frac{I_{eff}}{I_1} = 1,19$ , alla tensione nominale.

Per un valore di tensione pari a 1,1 volte la tensione nominale, si raggiunge il limite di

$\frac{I_{eff}}{I_1} = 1,3$  e si dovrà quindi rivedere il dimensionamento dei condensatori.

## 4.3.6 Conduttori di neutro

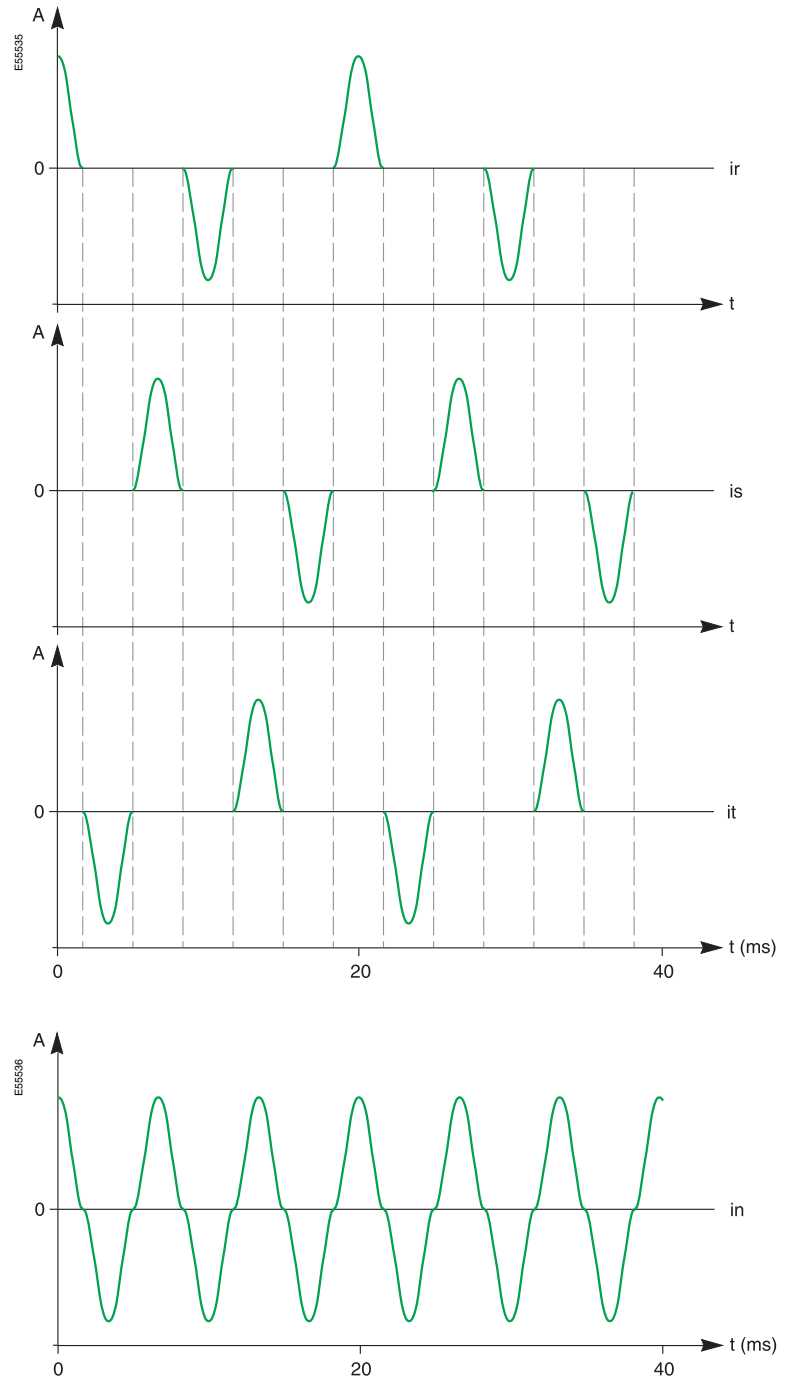
Consideriamo un sistema composto da una sorgente trifase equilibrata e da 3 carichi monofase identici collegati tra fasi e neutro:



**Figura 10** - Principio di circolazione delle correnti nei diversi conduttori collegati ad una sorgente trifase.



I grafici sotto riportati (*figura 11*) mostrano le correnti che circolano nelle 3 fasi e la corrente risultante nel conduttore di neutro.



**Figura 11** - Esempio di correnti che circolano nei diversi conduttori collegati ad un carico trifase: avremo  $I_n = i_r + i_s + i_t$ .

In questo esempio la corrente nel neutro avrà un valore efficace  $\sqrt{3}$  volte superiore a quello della corrente in una delle tre fasi. Occorrerà quindi sovradimensionare il conduttore di neutro.

# Principali effetti delle armoniche sugli impianti

## 4.4 Perturbazione di carichi sensibili

### 4.4.1 Effetti causati dalla deformazione della tensione di alimentazione

- una tensione di alimentazione deformata può provocare problemi di funzionamento nei dispositivi sensibili:
- dispositivi di regolazione (temperatura, ...)
- prodotti informatici
- dispositivi di controllo (relè di protezione).

### 4.4.2 Segnali telefonici disturbati

Le armoniche generano nei circuiti delle perturbazioni indotte il cui livello dipende da diversi fattori quali la lunghezza dei cavi di potenza e di segnale in parallelo, la distanza tra i circuiti e la frequenza delle armoniche.

## 4.5 Impatto economico

### 4.5.1 Perdite energetiche supplementari

Le perdite per effetto Joule indotte dalle correnti armoniche nei conduttori pesano sui costi d'impianto.

### 4.5.2 Sovracosti contrattuali

La presenza di armoniche può inoltre comportare la necessità di aumentare la potenza necessaria sottoscrivendo contratti più gravosi con l'ente distributore.

Gli enti distributori sono inoltre orientati a penalizzare con tariffe più gravose gli impianti produttori di armoniche.

### 4.5.3 Sovradimensionamenti

- il declassamento delle sorgenti di alimentazione (generatori, trasformatori e gruppi statici) richiede il loro sovradimensionamento
- i conduttori devono essere dimensionati in modo tale da consentire la circolazione delle correnti armoniche: dal momento che le frequenze delle armoniche sono più elevate della fondamentale, le impedenze rilevate da queste correnti sono più elevate; per evitare perdite troppo rilevanti dovute all'effetto Joule è necessario sovradimensionare i conduttori
- la circolazione di armoniche nel conduttore di neutro richiede il suo sovradimensionamento.

---

#### 4.5.4 Riduzione della durata di vita dei materiali

(Studio: Canadian Electrical Association).

Una tensione di alimentazione distorta con THD vicino al 10 % causa una sensibile diminuzione della durata di vita degli apparecchi.

A seconda del tipo di apparecchio la diminuzione della durata di vita dei materiali sarà:

- del 32,5 % per gli apparecchi monofase
- 18 % per gli apparecchi trifase
- 5 % per i trasformatori.

Per avere apparecchiature che garantiscano la durata di vita corrispondente al carico nominale bisogna ricorrere al loro sovradimensionamento.

#### 4.5.5 Interventi intempestivi e fermi impianto

Le armoniche sottopongono gli interruttori di un impianto a valori di cresta della corrente che possono provocare interventi intempestivi.

Questa ulteriore conseguenza della presenza di armoniche è fonte di perdite di produzione e di costi aggiuntivi legati ai fermi impianto.

Le emissioni armoniche sono sottoposte a diverse disposizioni normative:

- norme di compatibilità sulla qualità delle reti
- norme prodotto
- norme relative alle caratteristiche che deve avere la tensione fornita dall'ente distributore.

## Le disposizioni normative

### 5.1 Norme di compatibilità reti elettriche/prodotti

Queste norme indicano le direttive necessarie a garantire la compatibilità tra le reti elettriche e i prodotti:

- il singolo prodotto non deve generare armoniche tali da creare problemi all'impianto, restando al di sotto di determinati livelli specificati
- il singolo apparecchio deve garantire un funzionamento corretto anche in presenza di armoniche fino ad un determinato valore specificato
- CEI EN 61000-2-2 per le reti pubbliche BT
- CEI EN 61000-2-4 per le installazioni industriali MT/BT.

### 5.2 Norme sulla qualità delle reti

- La norma CEI EN 50160 indica le caratteristiche che deve avere la tensione fornita dall'ente distributore per le reti pubbliche BT
- Il documento IEEE 519 (Recommended practices for harmonics control in electrical power systems) fornisce dei criteri generali per un approccio congiunto al problema da parte dell'ente distributore di energia e dell'utente per limitare l'impatto dei carichi non lineari.

Gli enti distributori di energia incoraggiano le azioni di prevenzione volte a ridurre i problemi legati ad una cattiva qualità dell'elettricità, ai surriscaldamenti e alle alterazioni del fattore di potenza. L'orientamento è infatti quello di penalizzare con tariffe più gravose gli impianti produttori di armoniche.

### 5.3 Norme prodotto

- CEI EN 61000-3-2 per gli apparecchi BT con un assorbimento di corrente inferiore a 16 A
- CEI EN 61000-3-4 per gli apparecchi BT con un assorbimento di corrente superiore a 16 A.

## 5.4 Valori massimi accettabili

Uno studio condotto su diversi documenti internazionali dagli enti di distribuzione ha permesso di indicare i valori massimi accettabili per le singole armoniche.

La tabella qui di seguito presenta i risultati ottenuti.

Armoniche dispari di ordine non multiplo di 3				Armoniche dispari di ordine multiplo di 3				Armoniche pari			
Ordine h	BT	MT	AT	Ordine h	BT	MT	AT	Ordine h	BT	MT	AT
5	6	6	2	3	5	2,5	1,5	2	2	1,5	1,5
7	5	5	2	9	1,5	1,5	1	4	1	1	1
11	3,5	3,5	1,5	15	0,3	0,3	0,3	6	0,5	0,5	0,5
13	3	3	1,5	21	0,2	0,2	0,2	8	0,5	0,2	0,2
17	2	2	1	> 21	0,2	0,2	0,2	10	0,5	0,2	0,2
19	1,5	1,5	1					12	0,2	0,2	0,2
23	1,5	1	0,7					> 12	0,2	0,2	0,2
25	1,5	1	0,7								
> 25	0,2 + 25h	0,2 + 25h	0,1 + 25h								

## 5.5 Norme d'installazione

Le norme d'installazione fissano le soglie limite del valore del THD tali da garantire la sicurezza dell'apparecchio.

La norma francese NF C 15-100 suggerisce la sezione del neutro in funzione delle soglie del 15 %, 33 % e 45 % del tasso di 3a armonica nella corrente delle fasi (§ 524.2):

	THDI <sub>H3</sub> ≤ 15 %	15 % < THDI <sub>H3</sub> ≤ 33 %	THDI <sub>H3</sub> > 33 %
$S_N = 1/2 S_{Ph}$	Ammesso Protezione del neutro obbligatoria	Non ammesso	Non ammesso
$S_N = S_{Ph}$	Ammesso Protezione del neutro opzionale	Ammesso Le correnti nelle fasi determinano la sezione di tutti i conduttori	Ammesso La corrente nel neutro determina la sezione di tutti i conduttori
$S_N > S_{Ph}$			Ammesso La corrente nel neutro determina solo la sezione del neutro

Nel primo caso Schneider Electric propone degli sganciatori speciali (sganciatori con neutro sovradimensionato OSN) che permettono di utilizzare conduttori di fase di sezione inferiore a quella del conduttore di neutro in caso di un elevato valore di THDI<sub>H3</sub>.

La norma internazionale IEC 60364-5-52 (da cui deriva la NF C 15-100) indica dei fattori di riduzione per il calcolo delle correnti armoniche nei conduttori:

3a armonica nella corrente di fase (%)	Fattore di riduzione	
	Scelta basata sulla corrente di fase	Scelta basata sulla corrente di neutro
0 - 15	1,0	-
15 - 33	0,86	-
33 - 45	-	0,86
> 45	-	1,0

Le soluzioni disponibili per attenuare gli effetti delle armoniche sono di tre tipi:

- adattamento dell'impianto
- utilizzo di dispositivi particolari nell'alimentazione (induttanze, trasformatori speciali)
- filtraggio.

# Le soluzioni da attuare per l'attenuazione delle armoniche

## 6.1 Soluzioni di base

Per limitare la propagazione delle armoniche nell'impianto è necessario osservare alcuni accorgimenti, soprattutto in caso di nuova installazione.

### 6.1.1 Posizionamento dei carichi inquinanti a monte della rete

La perturbazione armonica provocata da un dato apparecchio è tanto maggiore quanto più è basso il livello di corto circuito del punto in cui viene collegato.

Escludendo le considerazioni economiche è preferibile collegare i carichi inquinanti il più a monte possibile (vedere figura 12a).

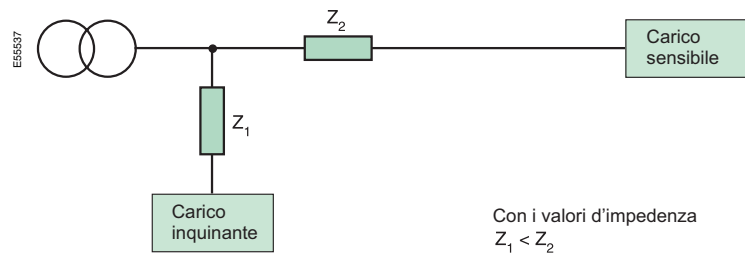


Figura 12a - Collegamento dei carichi non lineari il più a monte possibile (schema consigliato).

### 6.1.2 Raggruppare i carichi inquinanti

Quando si stabilisce lo schema di collegamento sarà bene raggruppare i carichi inquinanti separandoli da tutti gli altri (vedere figura 12b): in pratica si alimenteranno i carichi inquinanti e non inquinanti con due sistemi di sbarre diverse.

Il vantaggio consiste nel fatto che raggruppando i carichi inquinanti la somma vettoriale delle correnti armoniche sarà inferiore alla loro somma algebrica.

Si eviterà così che le armoniche attraversino i cavi, limitando le cadute di tensione e i riscaldamenti nei cavi.

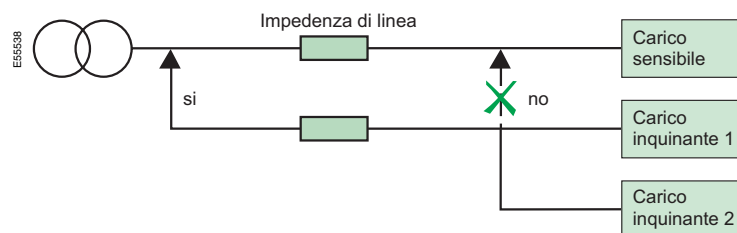
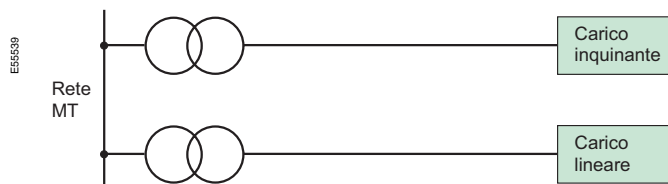


Figura 12b - Raggruppamento dei carichi non lineari e alimentazione il più a monte possibile (schema consigliato).

### 6.1.3 Separare le alimentazioni

Un rimedio contro le armoniche può essere lo sdoppiamento dell'alimentazione, dedicando cioè un trasformatore ai carichi inquinanti, come mostrato dallo schema di collegamento sotto riportato (figura 13).



**Figura 13** - Alimentazione dei carichi inquinanti con trasformatore dedicato.

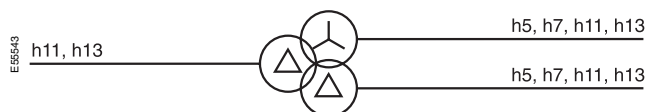
L'inconveniente di questa soluzione è rappresentato dall'aumento dei costi impiantistici.

### 6.1.4 Utilizzare trasformatori con particolari gruppi orari

Utilizzando particolari gruppi orari ovvero particolari modalità di collegamento degli avvolgimenti è possibile eliminare determinate armoniche.

Ad esempio:

- un collegamento Dyd arresta le armoniche di ordine 5 e 7 (vedere figura 14)
- un collegamento Dy arresta le armoniche di ordine 3
- un collegamento  $DZ_5$  arresta le armoniche di ordine 5.



**Figura 14** - L'utilizzo di un trasformatore Dyd arresta la propagazione delle armoniche di ordine 5 e 7 verso il circuito a monte.

### 6.1.5 Utilizzo di induttanze in linea

In caso di alimentazione di variatori di velocità è possibile limitare le armoniche installando delle **induttanze di linea**. Aumentando l'impedenza globale del circuito di alimentazione si limitano le armoniche.

In presenza di armoniche di ordine elevato l'installazione di **induttanze anti-armoniche** sulle batterie dei condensatori permette di aumentare l'impedenza dell'insieme induttanza-condensatore.

# Le soluzioni da attuare per l'attenuazione delle armoniche

---

## 6.1.6 Scegliere uno schema di collegamento a terra adatto

### ■ schema TNC

In caso di regime di neutro TNC un solo conduttore (PEN) assicura la protezione in caso di guasto (terra) ed il transito delle correnti armoniche.

In regime permanente nel conduttore PEN circoleranno le correnti armoniche che potranno dar vita a differenze nel potenziale di riferimento (nell'ordine di diversi volt) visto dai diversi apparecchi causando malfunzionamenti nel caso di apparecchiature elettroniche sensibili.

Lo schema TNC deve essere quindi riservato all'alimentazione dei circuiti di potenza ed è **sconsigliato in caso di alimentazione di carichi sensibili**.

### ■ schema TNS

**Lo schema di collegamento TNS è consigliato in caso di presenza di armoniche.**

Con conduttore di neutro e conduttore di protezione PE completamente separati le correnti armoniche circoleranno infatti solo nel conduttore di neutro; il potenziale dell'impianto sarà più stabile e sarà possibile evitare i problemi.



Nel caso in cui le soluzioni preventive si rivelino insufficienti sarà necessario equipaggiare l'impianto con appositi dispositivi di filtraggio delle armoniche.

Sono disponibili tre tipi di filtri:

- i filtri passivi
- i filtri attivi
- i filtri ibridi.

## 6.2 Azioni correttive in caso di superamento dei valori limite

### 6.2.1 Filtri passivi

■ applicazioni tipiche:

- impianti industriali con un insieme di carichi inquinanti di potenza totale superiore a 200 kVA circa (variatori di velocità, alimentatori senza interruttori, raddrizzatori, ecc...)
- impianti con necessità di compensazione dell'energia reattiva
- impianti con necessità di riduzione del tasso di distorsione in tensione per evitare la perturbazione dei carichi sensibili
- impianti con necessità di riduzione del tasso di distorsione in corrente per evitare i sovraccarichi

■ principio di funzionamento:

i filtri passivi sono circuiti LC dimensionati per offrire un'impedenza quasi nulla nei confronti dell'armonica di corrente che si vuole eliminare. Si installerà quindi un circuito LC in parallelo sul carico inquinante (vedere figura 15).

In questo modo il circuito LC assorbirà le armoniche evitando che esse circolino nell'alimentazione.

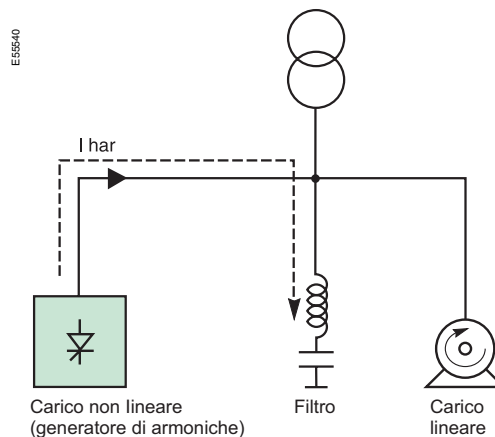


Figura 15 - Principio di utilizzo di un filtro passivo.

In generale il filtro passivo è impostato su un ordine di armonica vicino all'armonica da eliminare. Nel caso in cui si voglia ottenere una forte riduzione del tasso di distorsione su più armoniche di ordine diverso è necessario installare più filtri in parallelo.

### 6.2.2 Filtri attivi

■ applicazioni tipiche:

- impianti del settore terziario con carichi inquinanti di potenza totale inferiore a 200 kVA (variatori di velocità, alimentazioni senza interruttori, apparecchiature per ufficio, ecc...)
- impianti con necessità di riduzione del tasso di distorsione in corrente per evitare i sovraccarichi

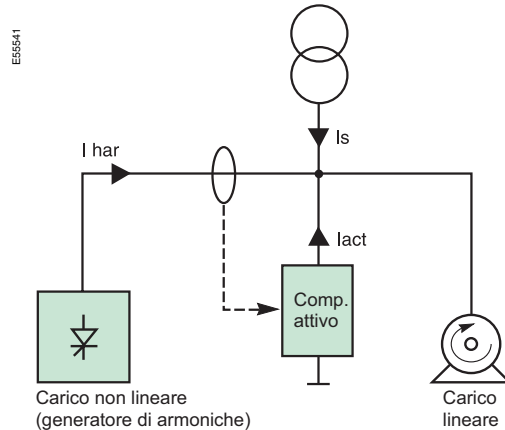
■ principio di funzionamento:

i filtri attivi sono dei dispositivi elettronici di potenza installati in serie o in parallelo al carico inquinante con lo scopo di compensare sia le tensioni armoniche che le correnti armoniche generate dal carico stesso.

# Le soluzioni da attuare per l'attenuazione delle armoniche

La figura 16 mostra un esempio di filtro attivo di compensazione della corrente armonica:

$$I_{har} = -I_{act}$$



**Figura 16** - Principio di utilizzo di un filtro attivo.

Il filtro attivo inietta nell'impianto correnti uguali e opposte alle armoniche generate dall'utenza controllata che le eliminano; in tal modo la corrente di linea  $I_s$  risulta perfettamente sinusoidale.

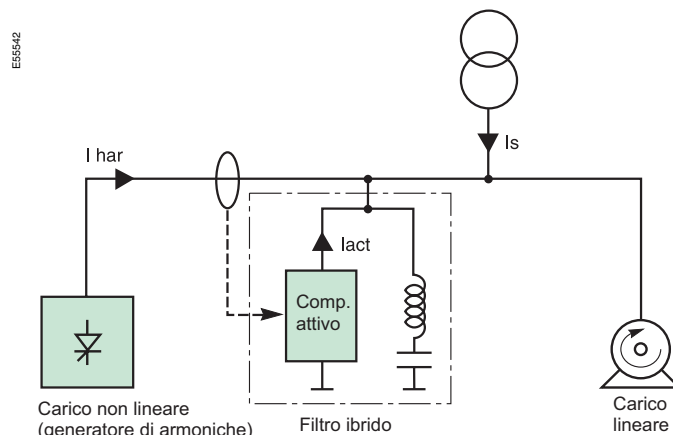
## 6.2.3 Filtri ibridi

### ■ applicazioni tipiche:

- impianti industriali con diversi carichi inquinanti di potenza totale superiore a 200 kVA circa (variatori di velocità, alimentatori senza interruttori, raddrizzatori, ecc...)
- impianti con necessità di compensazione dell'energia reattiva
- impianti con necessità di riduzione del tasso di distorsione in tensione per evitare la perturbazione dei carichi sensibili
- impianti con necessità di riduzione del tasso di distorsione in corrente per evitare i sovraccarichi
- esigenze di conformità a stretti limiti di emissione armonica

### ■ principio di funzionamento:

Le due precedenti soluzioni possono essere associate nello stesso impianto realizzando un filtro ibrido (vedere figura 17). Questo sistema permette di sommare i vantaggi delle soluzioni precedenti realizzando un sistema di compensazione molto preciso anche in presenza di carichi inquinanti con potenza installata rilevante.



**Figura 17** - Principio di utilizzo di un filtro ibrido.

---

## 6.2.4 Criteri di scelta

- **i filtri passivi** permettono:
  - la compensazione dell'energia reattiva
  - una grande capacità di filtraggio in corrente.

L'impianto su cui installare un filtro passivo deve presentare una sufficiente stabilità con fluttuazioni del carico limitate.

Se la potenza reattiva fornita è importante è consigliabile mettere fuori tensione il filtro passivo per i periodi di carico ridotto.

Lo schema di collegamento di un filtro deve tenere conto dell'eventuale presenza di un condensatore di rifasamento che potrebbe tuttavia richiedere il suo scollegamento.

- **i filtri attivi** permettono il filtraggio delle armoniche su un'ampia gamma di frequenza con una compensazione molto precisa. Sono adatti a qualsiasi tipo di carico, tuttavia la potenza che sono in grado di fornire è limitata
- **i filtri ibridi** associano le prestazioni e i vantaggi dei filtri passivi e dei filtri attivi.

Schneider Electric dispone di una gamma completa di dispositivi di rilevamento della distorsione armonica:

- Power Meter e ION
- Unità di controllo Micrologic.



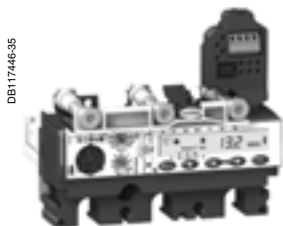
Power Meter PM800.



ION8800.



Unità di controllo e di misura Micrologic H installata su interruttori aperti Masterpact NW e NT.



Unità di controllo e di misura Micrologic E installata su interruttori scatolati Compact NSX.

# I dispositivi di rilevamento Schneider Electric

## 7.1 Il rilevamento

Il controllo della distorsione armonica passa per prima cosa dalla misura. Schneider Electric offre un'ampia gamma di prodotti adatti ad ogni tipo di impianto e soluzione.

### 7.1.1 Le centrali di misura integrate

#### Micrologic

L'unità di controllo e di misura Micrologic può equipaggiare gli interruttori aperti Masterpact (Micrologic H) o gli interruttori scatolati Compact NSX (Micrologic 5/6 A/E).

L'unità di controllo e di misura Micrologic permette un'analisi fine della qualità di energia e una diagnostica dettagliata degli eventi. Le informazioni possono essere trasmesse su display fronte quadro o su supervisore.

Il Micrologic effettua:

- la misura di correnti, tensioni, potenza attiva e reattiva
- la misura del THD in corrente e tensione
- il calcolo delle armoniche in corrente e tensione fino a ordine 31
- la registrazione delle forme d'onda (oscilloperturbografia). Questo dato è disponibile solo per Micrologic H.

Un display fronte quadro (FDM121) migliora l'ergonomia di visualizzazione e di lettura dei parametri elettrici (solo per Micrologic 5/6).

### 7.1.2 Le centrali di misura esterne

#### Power Meter e ION di PowerLogic System

Questi prodotti sono strumenti performanti adatti alle reti BT e MT. Sono centrali di misura digitali dedicate alla misura della qualità dell'energia.

PowerLogic System è un sistema che offre centrali di misura Power Meter (PM) e ION, oltre al software di supervisione.

Si tratta di un'offerta in grado di coprire un'ampia gamma di esigenze, dalle più semplici con i PM fino alle più complesse con centrali ION.

Sono prodotti adatti all'installazione in impianti nuovi o esistenti che richiedono livelli elevati di qualità dell'energia elettrica. Sono utilizzabili in locale o a distanza.

I Power Meter permettono, in base alla loro posizione sulla rete, una prima stima della qualità dell'energia. Le principali misure dei PM sono:

- misura del THD in corrente e tensione
- misura del fattore di potenza.

A seconda della versione del prodotto le misure possono essere associate all'orodatazione e ad allarmi.

I Power Meter 850 permettono l'analisi dettagliata della qualità dell'energia e l'analisi dei disturbi della rete.

Le funzioni principali delle centrali ION sono:

- misura di oltre 100 parametri elettrici
- memorizzazione e datazione dei valori minimo e massimo di ogni parametro elettrico
- funzioni di allarme su parametri elettrici
- registrazione eventi
- registrazione dei disturbi in corrente e tensione
- analisi delle armoniche
- registrazione delle forme d'onda (oscilloperturbografia).

## 7.1.3 L'utilizzo delle centrali di misura

### Utilizzo e analisi a distanza: software d'impiego e di analisi

Nel quadro più globale di analisi della rete Schneider Electric offre la possibilità di collegare diversi prodotti con una rete di comunicazione, permettendo in tal modo la centralizzazione delle informazioni ed una visione globale dei disturbi sull'intera rete.

Si potrà quindi, a seconda dell'applicazione, effettuare misure in tempo reale, rilevare le misure medie, registrare la forma delle onde, prevedere l'intervento di un allarme, ecc...

Le centrali di misura comunicano su Modbus per trasmettere tutti i dati accessibili.

Questo dispositivo permette essenzialmente di supportare l'identificazione e la pianificazione delle operazioni di manutenzione.

Potrà essere sfruttato vantaggiosamente per ridurre i tempi d'intervento e il costo d'installazione dei prodotti in caso di misure sul posto o per la scelta e il dimensionamento dei dispositivi (filtri).

### ION-E

ION-E è un software molto completo di analisi della rete associato ai prodotti PowerLogic System. Installato su un PC standard permette:

- la visualizzazione delle misure in tempo reale
- la visualizzazione degli storici su un periodo di tempo determinato
- la scelta del modo di rappresentazione dei dati (tabelle, diversi tipi di curve)
- l'elaborazione statistica dei dati (visualizzazione istogrammi).

## 7.2 Guida alla scelta

La tabella sottostante riassume i casi di utilizzo più corretti per la misura delle armoniche:

Scopo del rilevamento	Da PM700 a PM820	Micrologic E	Micrologic H	PM850
Valutazione globale dello stato della rete di distribuzione	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Precisione della diagnostica	■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Analisi	■	■ ■	■ ■	■ ■ ■
Vantaggi	Primo livello di misura, semplicità d'impiego, economico, ingombro ridotto, precisione elevata.	Integrato all'interruttore, permette il controllo e la misura di oltre 100 parametri elettrici senza TA esterni.	Integrato all'interruttore, permette il controllo in testa all'impianto o su grandi partenze senza cablaggio aggiuntivo né TA supplementari + allarme integrato e non volatile	Dispositivo di misura molto completo caratterizzato da grande precisione, grande capacità di salvataggio dati, programmabile, rapidità di misura

#### Legenda:

- ■ ■ : perfettamente adatto
- ■ : soluzione soddisfacente
- : dati non disponibili

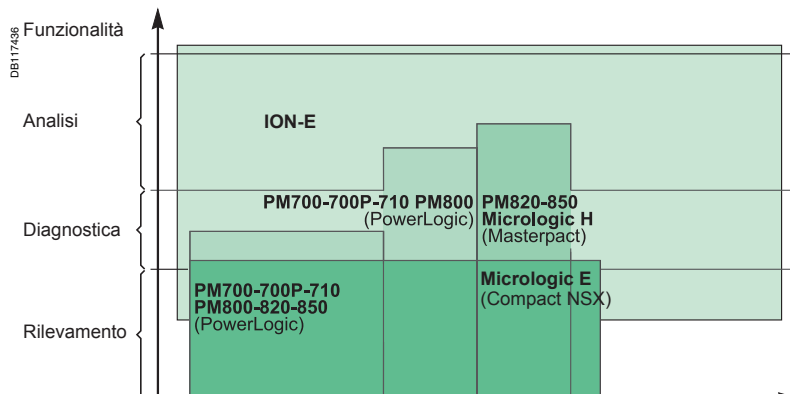









Figura 18 - Funzionalità delle centrali di misura.

# Guida alla scelta degli apparecchi di misura

		Power Meter						
								
		PM9P/PM9C	PM700	M700P	PM710	PM810	PM820	PM850
<b>Criteria generali di scelta</b>								
Tipo di montaggio		Su guida DIN	A incasso			A incasso		
Utilizzo su rete BT		■	■	■	■	■	■	■
Utilizzo su rete BT e MT		-	■	■	■	■	■	■
Precisione in corrente/tensione		0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
Precisione misure potenza/energia		2 %	1 %	1 %	1 %	1 %	0,5 %	0,5 %
<b>Misure efficaci istantanee</b>								
Corrente	■ Fasi	■	■	■	■	■	■	■
	■ Neutro	■	■	■	■	■	■	■
	■ Campo di misura esteso	-	-	-	-	-	-	-
Tensione	Di fase e concatenata	■	■	■	■	■	■	■
Frequenza		■	■	■	■	■	■	■
Potenza totale	■ Attiva	■	■	■	■	■	■	■
	■ Reattiva	■	■	■	■	■	■	■
	■ Apparente	■	■	■	■	■	■	■
Potenza per fase	■ Attiva	■	■	■	■	■	■	■
	■ Reattiva	■	■	■	■	■	■	■
	■ Apparente	-	■	■	■	■	■	■
Fattore di potenza	■ Totale	■	■	■	■	■	■	■
	■ Per fase	-	-	-	-	■	■	■
<b>Misura delle energie</b>								
Energia attiva		■	■	■	■	■	■	■
Energia reattiva		■	■	■	■	■	■	■
Energia apparente		-	■	■	■	■	■	■
Modo di accumulo configurabile		-	-	-	-	■	■	■
<b>Misura dei valori medi</b>								
Corrente	Valore attuale e massimo	-	■	■	■	■	■	■
Potenza attiva totale	Valore attuale e massimo	■	■	■	■	■	■	■
Potenza reattiva totale	Valore attuale e massimo	-	■	■	■	■	■	■
Potenza apparente totale	Valore attuale e massimo	-	■	■	■	■	■	■
Potenza previsionale totale	kW, kVAR, kVA	-	-	-	-	■	■	■
Sincronizzazione della finestra di misura		-	-	-	-	■	■	■
Modo di calcolo configurabile		-	■	■	■	■	■	■
<b>Misura della qualità dell'energia</b>								
Tasso di distorsione armonica	■ Tensione	-	■	■	■	■	■	■
	■ Corrente	-	■	■	■	■	■	■
Armoniche ordine per ordine		-	-	-	-	-	■	■
Cattura d'onda		-	-	-	-	-	-	■
Rilevamento buchi e picchi di tensione		-	-	-	-	-	-	-
Programmabile (funzioni logiche e matematiche)		-	-	-	-	-	-	-
Rilevamento e cattura dei transitori (< 1 µs)		-	-	-	-	-	-	-
Flicker		-	-	-	-	-	-	-
Verifica conformità CEI EN50160		-	-	-	-	-	-	-
Misura efficace reale	Fino all'ordine	15	15	15	15	63	63	63
Velocità di campionamento	in campioni/periodo	-	32	32	32	128	128	128

(1) TA di misura compresi.



Unità di controllo Micrologic per interruttori BT				
A	P	H	5/6 A	5/6 E
Integrato all'interruttore			Integrato all'interruttore	
■	■	■	■	■
-	-	-	-	-
1,5 % (1)	1,5 % (1)	1,5 % (1)	1 % (1)	1 % / 0,5 % (1)
-	2,0 % (1)	2,0 % (1)	-	2 % (1)
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
■	■	■	■	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	■	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	■	■	-	■
-	-	■	-	■
-	-	■	-	■
-	-	■	-	-
-	-	■	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
12	31	31	15	15
24	64	64	40	40

# Guida alla scelta degli apparecchi di misura

## Power Meter



	PM9P/PM9C	PM700	PM700P	PM710	PM810	PM820	PM850
<b>Registrazione dei dati</b>							
Min/max dei valori istantanei	-	■	■	■	■	■	■
Storici dei dati	-	-	-	-	-	2	4
Report eventi	-	-	-	-	-	■	■
Curve di tendenza	-	-	-	-	-	-	■
Allarmi	-	-	-	-	■	■	■
Segnalazione allarmi via e-mail	-	-	-	-	-	-	-
SER (Sequence of Event Recording)	-	-	-	-	-	-	-
Registrazione data/ora	-	-	-	-	■	■	■
Sincronizzazione GPS	-	-	-	-	-	-	-
Capacità memoria	-	-	-	-	-	80 Kb	800 Kb
<b>Display, TA e I/O</b>							
Display sul fronte	■	■	■	■	■	■	■
TA e TV integrati	-	-	-	-	-	-	-
Uscita a impulsi	1 (PM9P)	-	2	-	1	1	1
Ingressi logici e analogici (numero max.)	-	-	-	-	13	13	13
Uscite logiche o analogiche (numero max. con uscita a impulsi)	1 (PM9P)	-	2	-	9	9	9
Collegamento diretto in tensione (CA) senza TV esterno	450 V	480 V	480 V	480 V	600 V	600 V	600 V
<b>Alimentazione</b>							
Versione CA/CC	CA	230 V	da 110 a 415 V		da 110 a 415 V		
	CC	-	da 125 a 250 V		da 125 a 250 V		
Versione CC		da 24 a 48 V	-		-		
<b>Comunicazione</b>							
Porta RS 485	■ (PM9C)	-	-	■	■	■	■
Porta infrarossi	-	-	-	-	-	-	-
Porta RS 232	-	-	-	-	-	-	-
Protocollo Modbus	■	-	-	■	■	■	■
Porta Ethernet (protocollo Modbus/TCP/IP)	-	-	-	-	-	-	-
Server WEB pagine HTML	-	-	-	-	-	-	-
Passerella Ethernet per altri prodotti su rete RS 485	-	-	-	-	-	-	-

(2) Solo massimo.





(3) Il numero totale degli ingressi e delle uscite non deve essere superiore a 25.

(4) Alimentazione interna.

(5) Dato disponibile con passerelle EGX400 e MPS100.



**Unità di controllo  
Micrologic per interruttori BT**

					
	A	P	H	5/6 A	5/6 E
	■ (2)	■	■	■	■
	-	-	-	-	-
	-	■	■	■	■
	-	-	-	-	-
	-	■	■	■	■
	-	-	-	(5)	(5)
	-	-	-	-	-
	-	■	■	■	■
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	■	■	■	■	■
	■	■	■	■	■
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	6	6	6	2	1
	690 V	690 V	690 V	690 V	690 V
	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
	(4)	(4)	(4)	Opzione	Opzione
	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	■	■	■	■	■
	-	-	-	-	-
	-	-	-	(5)	(5)
	-	-	-	-	-

# Guida alla scelta degli apparecchi di misura

## ION8800



		A	B	C
<b>Criteri generali di scelta</b>				
Tipo di montaggio		Guida DIN 43862		
Utilizzo su rete BT		■	■	■
Utilizzo su rete BT e MT		-	■	■
Precisione in corrente/tensione		0,1 %	0,1 %	0,1 %
Precisione misure potenza/energia		0,20 %	0,20 %	0,20 %
<b>Misure efficaci istantanee</b>				
Corrente	■ Fasi	■	■	■
	■ Neutro	■	■	■
	■ Campo di misura esteso	-	-	-
Tensione	Di fase e concatenata	■	■	■
Frequenza		■	■	■
Potenza totale	■ Attiva	■	■	■
	■ Reattiva	■	■	■
	■ Apparente	■	■	■
Potenza per fase	■ Attiva	■	■	■
	■ Reattiva	■	■	■
	■ Apparente	-	■	■
Fattore di potenza	■ Totale	■	■	■
	■ Per fase	■	■	■
<b>Misura delle energie</b>				
Energia attiva		■	■	■
Energia reattiva		■	■	■
Energia apparente		■	■	■
Configurazione del modo di accumulo		■	■	■
<b>Misura dei valori medi</b>				
Corrente	Valore attuale e massimo	■	■	■
Potenza attiva totale	Valore attuale e massimo	■	■	■
Potenza reattiva totale	Valore attuale e massimo	■	■	■
Potenza apparente totale	Valore attuale e massimo	■	■	■
Potenza previsionale totale	kW, kVAR, kVA	■	■	■
Sincronizzazione della finestra di misura		■	■	■
Configurazione modo di calcolo		■	■	■
<b>Misura qualità dell'energia</b>				
Interarmoniche		■	■	-
Tasso di distorsione armonica	■ Tensione	■	■	■
	■ Corrente	■	■	■
Armoniche ordine per ordine (tensione e corrente)		■	■	■
Cattura d'onda		■	-	-
Rilevamento buchi e picchi di tensione		■	■	■
Programmabile (funzioni logiche e matematiche)		■	■	■
Rilevamento e cattura dei transitori (< 1 μs)		■	-	-
Flicker		■	■	-
Verifica conformità a CEI EN50160		■	■	-
Misura efficace reale	Fino all'armonica	63	63	63
Velocità di campionamento	in campioni/periodo	1024	1024	1024



# Guida alla scelta degli apparecchi di misura




## ION8800



	A	B	C
<b>Registrazione dei dati</b>			
Min/max dei valori istantanei	■	■	■
Storici dei dati	■	■	■
Storici degli eventi	■	■	■
Curve di tendenza	- (1)	-	-
Allarmi	■	■	■
Segnalazione degli allarmi via e-mail	■	■	■
SER (Sequence of Event Recording)	■ (2)	■	■
Registrazione data/ora	■	■	■
Sincronizzazione GPS	■	■	■
Capacità memoria	fino a 10 MB	fino a 10 MB	fino a 10 MB
<b>Display, TA e I/O</b>			
Display sul fronte	■	■	■
TA e TV integrati	-	-	-
Uscita a impulsi	3	3	3
Ingressi logici e analogici (numero max.)	1	1	1
Uscite logiche o analogiche (numero max. con uscita a impulsi)	13	13	13
Collegamento diretto in tensione (CA) senza TV esterno	500 V		
<b>Alimentazione</b>			
Versione CA/CC	CA	da 85 a 240 V CA	
	CC	da 110 a 270 V CC (±10 %)	
Versione CC	-	-	-
<b>Comunicazione</b>			
Porta RS 485	Opzione	Opzione	Opzione
Porta infrarossi	■	■	■
Porta RS 232	Opzione	Opzione	Opzione
Protocollo Modbus	M	M	M
Porta Ethernet (protocollo Modbus/TAP/IP)	Opzione	Opzione	Opzione
Server WEB pagine HTML	Opzione	Opzione	Opzione
Passerella Ethernet per altri prodotti su RS 485	Opzione	Opzione	Opzione

(1) Per le centrali ION8800 e ION8600, con software.

(2) Funzione SER manuale nelle centrali ION.

	ION7650	ION7550	ION7350	ION7330	ION7300	ION6200
						
	■	■	■	■	■	-
	■	■	■	■	-	-
	■	■	■	■	-	-
	■	■	■	-	-	-
	■	■	■	■	-	-
	■	■	■	-	-	-
	■	■	■	■	-	-
	■	■	■	■	-	-
	■	■	■	■	-	-
	fino a 10 MB	fino a 10 MB	300 kB	300 kB	-	-
	■	■	■	■	■	■
	-	-	-	-	-	-
	20	20	8	8	4	-
	1	1	-	-	-	2
	12	12	8	8	8	2
	600 V		600 V		690 V	
	da 85 a 240 V		da 95 a 240 V		da 100 a 240 V	
	da 110 a 300 V		da 120 a 310 V		da 110 a 300 V	
	-		da 20 a 60 V		-	
	■	■	■	■	■	Opzione
	■	■	■	■	■	-
	■	■	-	-	-	-
	M	M	M	M	M	M
	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione	-
	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione	-	-
	Opzione	Opzione	Opzione	Opzione	-	-

# L'organizzazione commerciale Schneider Electric

## Aree

### Nord Ovest

- Piemonte  
(escluse Novara e Verbania)  
- Valle d'Aosta  
- Liguria  
- Sardegna

### Lombardia Ovest

- Milano, Varese, Como  
- Lecco, Sondrio, Novara  
- Verbania, Pavia, Lodi

### Lombardia Est

- Bergamo, Brescia, Mantova  
- Cremona, Piacenza

### Nord Est

- Veneto  
- Friuli Venezia Giulia  
- Trentino Alto Adige

### Emilia Romagna - Marche

(esclusa Piacenza)

### Toscana - Umbria

### Centro

- Lazio  
- Abruzzo  
- Molise  
- Basilicata (solo Matera)  
- Puglia

### Sud

- Calabria  
- Campania  
- Sicilia  
- Basilicata (solo Potenza)

## Sedi

Via Orbetello, 140  
10148 TORINO  
Tel. 0112281211  
Fax 0112281311

Via Zambelletti, 25  
20021 BARANZATE (MI)  
Tel. 023820631  
Fax 0238206325

Via Circonvallazione Est, 1  
24040 STEZZANO (BG)  
Tel. 0354152494  
Fax 0354152932

Centro Direzionale Padova 1  
Via Savelli, 120  
35100 PADOVA  
Tel. 0498062811  
Fax 0498062850

Viale Palmiro Togliatti, 25  
40135 BOLOGNA  
Tel. 0516163511  
Fax 0516163530

Via Pratese, 167  
50145 FIRENZE  
Tel. 0553026711  
Fax 0553026725

Via Silvio D'Amico, 40  
00145 ROMA  
Tel. 06549251  
Fax 065411863 - 065401479

SP Circonvallazione Esterna di Napoli  
80020 CASAVATORE (NA)  
Tel. 0817360611 - 0817360601  
Fax 0817360625

## Uffici

C.so della Libertà, 71/A  
14053 CANELLI (AT)  
Tel. 0141821311  
Fax 0141834596

Via Gagarin, 208  
61100 PESARO  
Tel. 0721425411  
Fax 0721425425

Via delle Industrie, 29  
06083 BASTIA UMBRA (PG)  
Tel. 0758002105  
Fax 0758001603

S.P. 231 Km 1+890  
70026 MODUGNO (BA)  
Tel. 0805360411  
Fax 0805360425

Via Trinacria, 7  
95030 TREMESTIERI ETNEO (CT)  
Tel. 0954037911  
Fax 0954037925

## Supporto logistico e amministrativo

Tel. 011 4073333

## Supporto tecnico

Tel. 011 2281203



In ragione dell'evoluzione delle Norme e dei materiali, le caratteristiche riportate nei testi e nelle illustrazioni del presente documento si potranno ritenere impegnative solo dopo conferma da parte di Schneider Electric.

## Schneider Electric S.p.A.

Sede Legale e Direzione Centrale  
Via Circonvallazione Est, 1  
24040 STEZZANO (BG)  
Tel. 0354151111  
Fax 0354153200

[www.schneider-electric.it](http://www.schneider-electric.it)