

Filtri attivi di Potenza

Negli ultimi decenni grazie alla proliferazione di sistemi elettrici di potenza con circuiti di commutazione visti dalla rete come carichi non lineari che assorbono correnti non sinusoidali, la qualità della potenza (“power quality”) fornita dalla rete è deteriorata grandemente diventando un serio problema per i sistemi elettrici di distribuzione

Le armoniche di corrente iniettate nella rete dai circuiti switching in diversi punti, passano attraverso impedenze nei sistemi di potenza e generano cadute di tensione armoniche che si propagano nella rete e deteriorano la qualità della tensione erogata facendola allontanare dalla sua forma alternata sinusoidale e disturbando altri carichi.

Soluzioni:

Filtri passivi

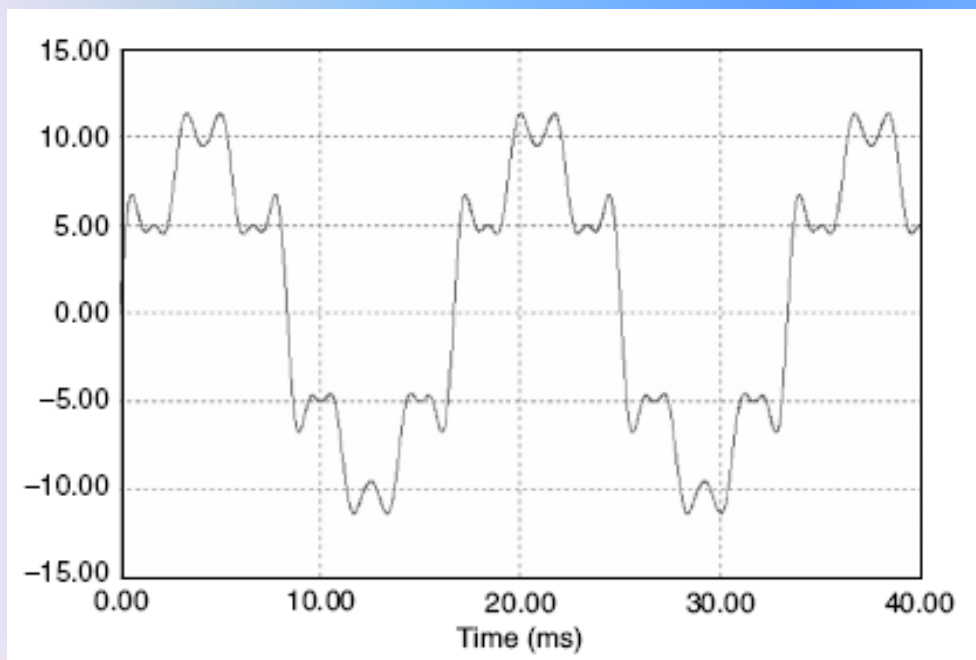
Filtri attivi

Filtri attivi di Potenza

Definizione di Armonica

“Una componente sinusoidale di un’onda (o quantita`) periodica avente una frequenza multipla intera della frequenza fondamentale”

In un sistema elettrico “armonica” e` la presenza di una tensione (corrente) con frequenza multipla intera della tensione (corrente) fondamentale del sistema.



Segnale ottenuto dalla somma di:

60Hz grandezza fondamentale
piu` quinta armonica (300Hz),
settima (420Hz), undicesima
(660Hz) e tredicesima (780Hz)

Filtri attivi di Potenza

Per valutare il contenuto armonico di un segnale e confrontarlo con quello di altri segnali, il parametro usato da qualsiasi normativa nel settore è il **“Total Harmonic Distortion” THD**.

$$\text{For voltage: } THD_v = 100 \frac{\sqrt{V_h^2}}{V_1}$$

$$\text{For current: } THD_i = 100 \frac{\sqrt{I_h^2}}{I_1}$$

dove I_h e V_h sono i valori efficaci delle armoniche di corrente e tensione rispettivamente.

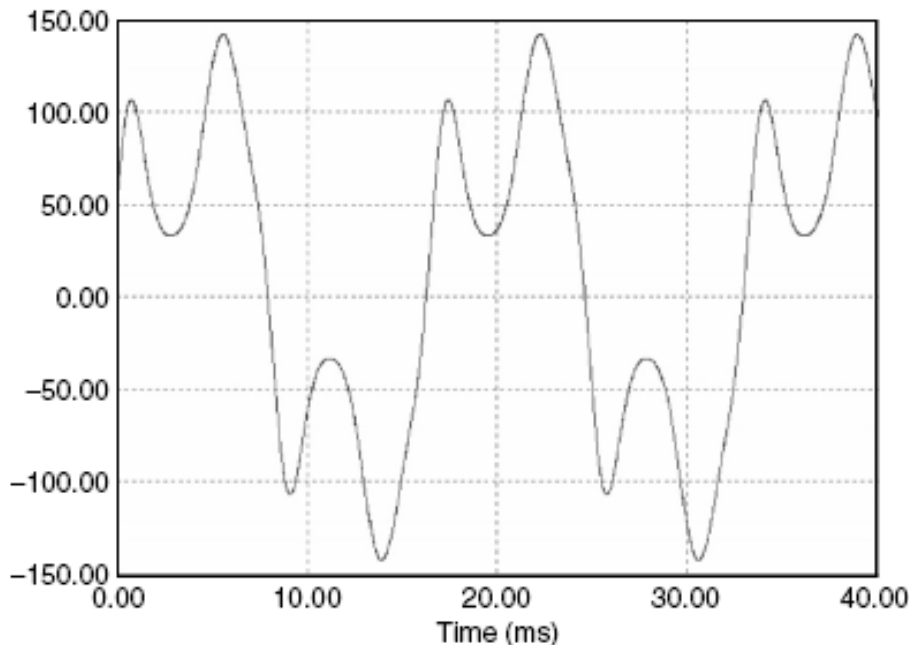
Per identificare le ampiezze delle armoniche si usa la trasformata di Fourier, ed in particolare le sue versioni semplificate FFT e DFT più adatte per algoritmi di calcolo veloci per analizzare le misurazioni

Filtri attivi di Potenza

Sorgenti di armoniche nei sistemi elettrici

Ci sono diversi tipi di carichi non-lineari che assorbono correnti non-sinusoidali dalle reti elettriche di potenza.

Lampade a fluorescenza

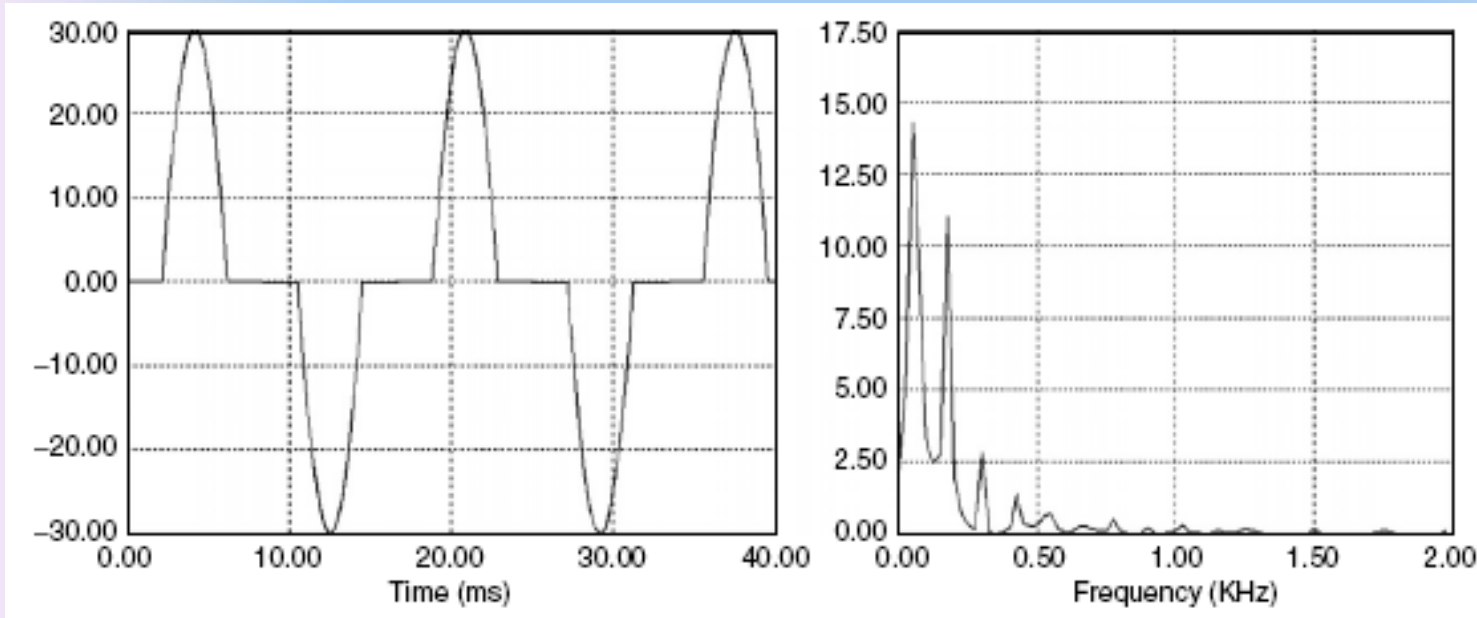


Maximum and minimum harmonic contents of a typical fluorescent lamp current

Harmonic no.	Max (%)	Min (%)
1	100	100
3	63.4	42.9
5	8.9	8.3
7	10.4	6.4
9	3.0	.56

Filtri attivi di Potenza

Alimentatori switching

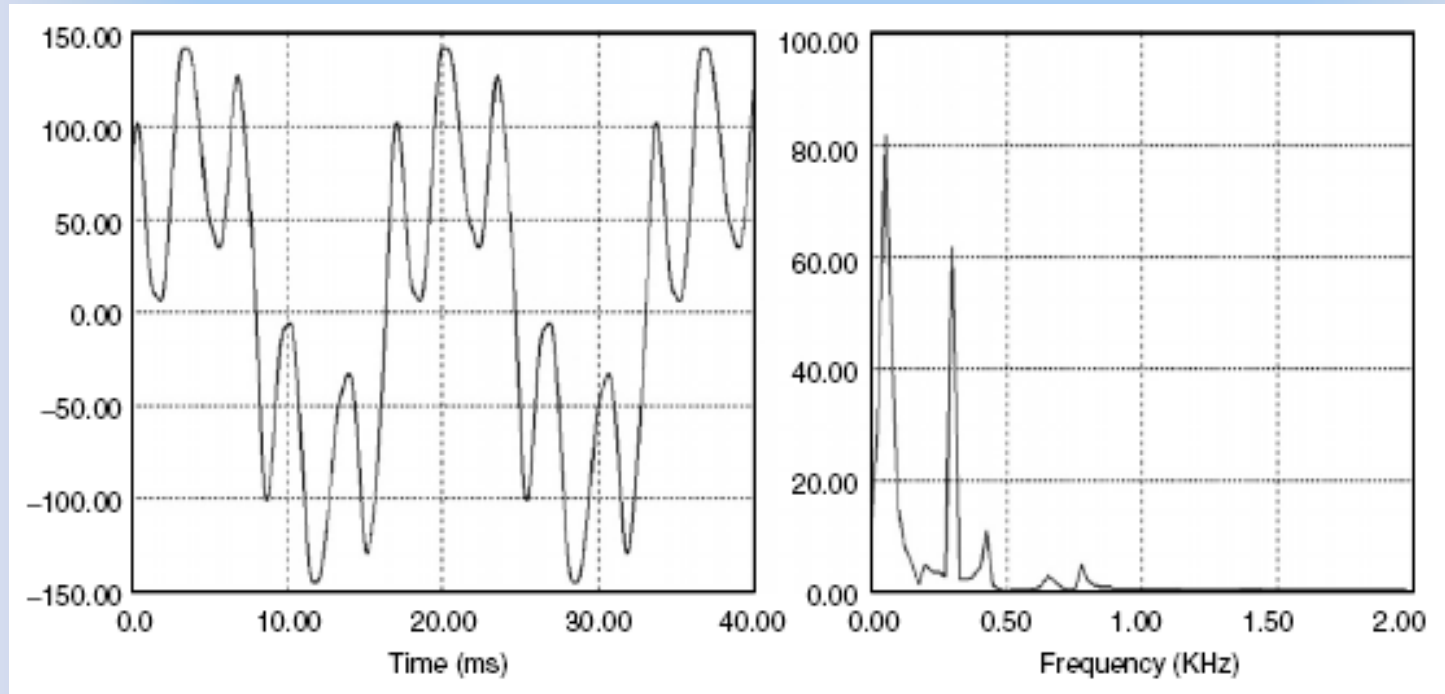


Computer
Power supply

Simili correnti di ingresso sono assorbite da altri piccoli sistemi elettronici come condizionatori, televisioni, stampanti etc. Le correnti assorbite da questi dispositivi sono molto piccole, ma sono usati dappertutto ed in maniera massiva

Filtri attivi di Potenza

Forni ad arco

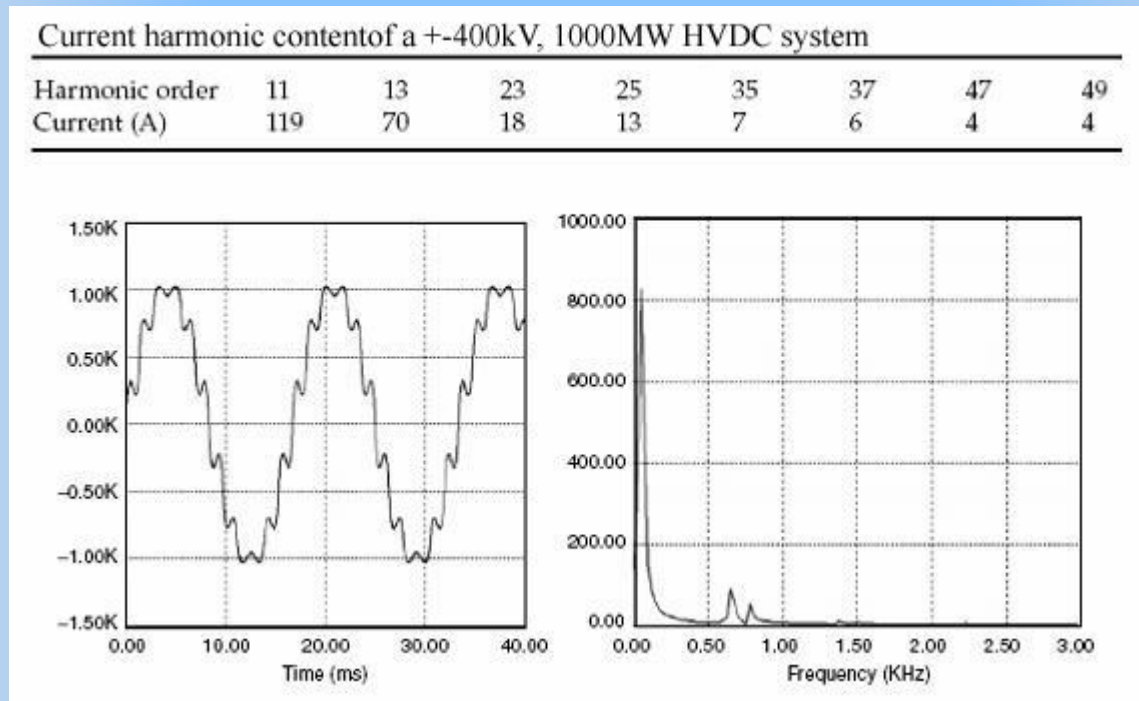


Uno dei dispositivi a maggiore potenza e maggiore distorsione armonica presente nelle reti. Nel processo di fusione dell'acciaio, la corrente assorbita ha altissime quinta e settima armonica ed inoltre possiede armoniche di ordine non intero (interarmoniche).

Filtri attivi di Potenza

HVDC

Sistemi ad alta tensione in dc usati per trasmissione di elevata potenza a lunga distanza (tra Civitavecchia e la Sardegna per esempio)



Si usano raddrizzatori a 12 impulsi che nel lato in altrnata producono armoniche di corrente di ordine $h=12n \pm 1$ (con $n=1,2,3\dots$)

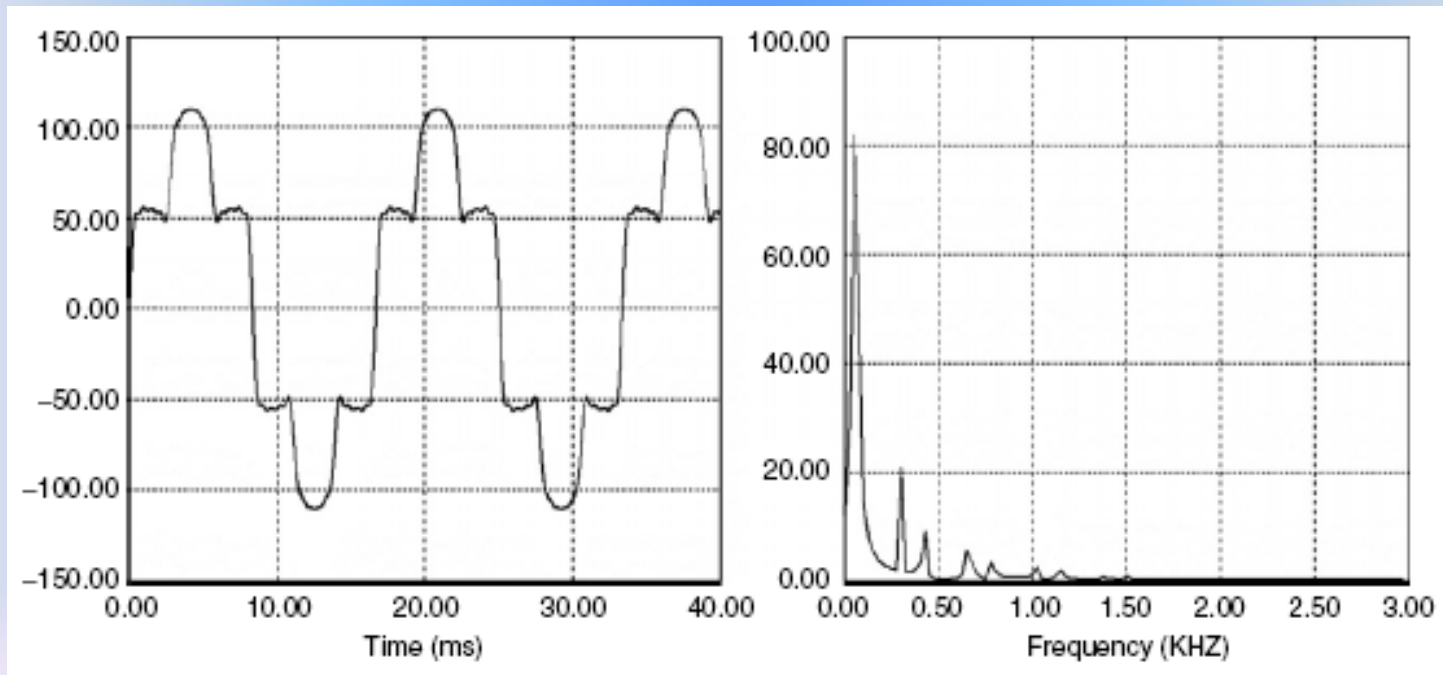
Filtri attivi di Potenza

Azionamenti a velocita` variabile

Nel caso di un azionamento dc, il convertitore utilizzato e` un raddrizzatore controllato (a tiristori) o un bidirezionale.

Nel caso di azionamento in ac, il convertitore utilizzato e AC/AC bistadio con circuito intermedio in dc. Il primo stadio puo` essere uno dei due precedenti o, nel caso piu` semplice, anche un ponte a diodi.

5° e 7° armonica sono comunque le piu` elevate.



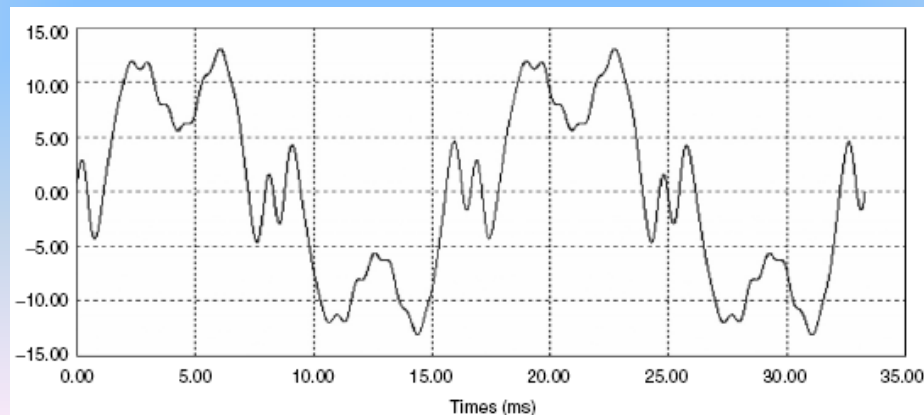
Filtri attivi di Potenza

EFFETTI DELLE ARMONICHE

A parte i forni ad arco che producono sostanzialmente calore, la maggior parte degli altri carichi elettrici sono sensibili alle armoniche. In taluni casi le armoniche possono provocare un loro funzionamento improprio.

Disturbi a sistemi elettrici ed elettronici

- Armoniche nelle linee di trasmissione provocano interferenza con circuiti di comunicazione vicini e possono provocare faults (per esempio I sistemi di segnalazione ferroviaria);
- Armoniche provocano disturbi a apparecchi elettromedicali sensibili, sistemi di controllo (soprattutto quelli che lavorano su zero crossing di tensione e corrente) e computers



Filtri attivi di Potenza

Perdite

Le perdite nelle linee di trasmissione possono essere espresse come:

$$\mathbf{P_{loss} = RI^2}$$

(R=resistenza della linea, I=valore efficace della corrente)

In presenza delle armoniche:

$$\mathbf{I = I_1 + \sum I_h} \quad \text{per cui} \quad \mathbf{P_{loss_h} = R \sum I_h^2}$$

Sebbene le armoniche non trasportano potenza attiva al carico, possono provocare perdite sulle linee di trasmissione come anche nei trasformatori (proporzionali al quadrato dell'ampiezza armonica).

Perdite e fluttuazioni di coppia possono anche essere provocate dalle armoniche nei motori elettrici.

Filtri attivi di Potenza

Correnti sul neutro

La corrente sul neutro dei sistemi di potenza viene accresciuta dalla presenza di armoniche, in particolare dalla terza armonica. Nei circuiti a lampade a fluorescenza la corrente sul neutro è 30% della corrente di linea, mentre per azionamenti a velocità variabile è più elevata. Può causare sovraccarico di trasformatori, rumore di modo comune e dimensione superiore del cavo di neutro.

Harmonic order	1	3	5	7	9	11	13	Total phase current	Neutral current	Ratio of neutral to phase current
Current harmonic (A)	.65	.52	.42	.29	.13	.12	.098	1.00	1.61	1.61

Malfunzionamento di sistemi di misura

La presenza di armoniche di tensione e/o corrente superiori al 5% della fondamentale, può provocare malfunzionamento dei tradizionali contatori di energia ad induzione

Filtri attivi di Potenza

Problemi di Risonanza

Le armoniche provocano risonanze nei sistemi elettrici

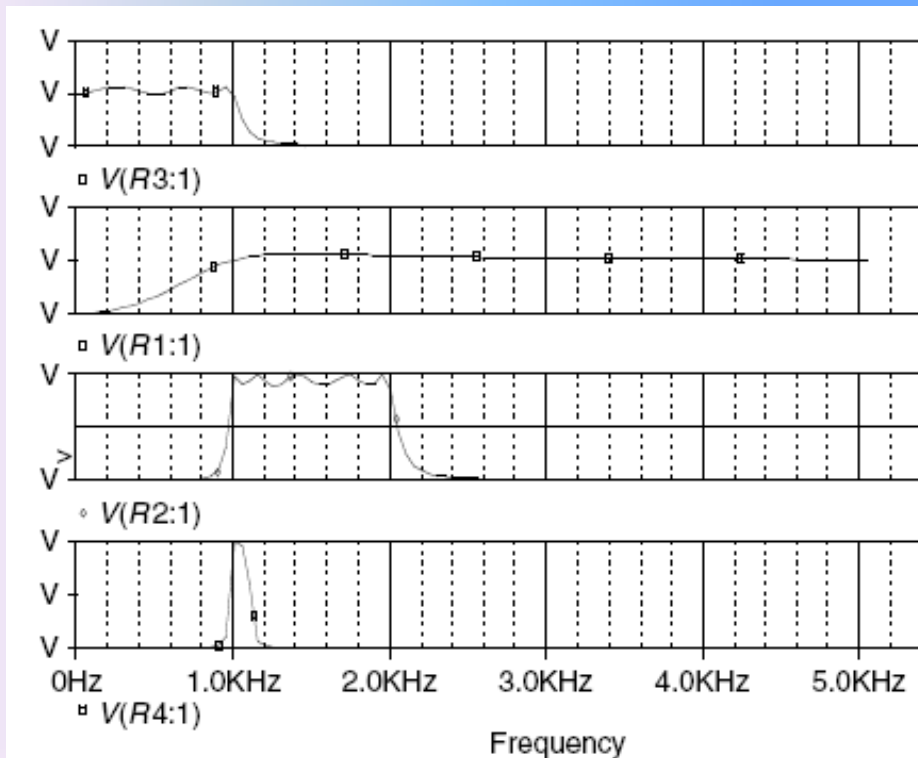
Se nella rete elettrica sono presenti impedenze tali che combinate generano delle risonanze a specifiche frequenze e se una o più armoniche cadono a quelle frequenze o nei dintorni di esse, vengono amplificate e contribuiscono ad incrementare l'inquinamento armonico del sistema.

Filtri attivi di Potenza

Metodi per la riduzione delle armoniche

Prevenzione

Modifiche ai più diffusi generatori di armoniche che sono i convertitori ca/cc e gli alimentatori switching, in topologie e tecniche di controllo. Per esempio l'utilizzo di raddrizzatori a 12 impulsi invece che a 6 consente la cancellazione di 5° e 7° armonica.



Filtri Passivi

Il metodo più tradizionale ed usato in passato per mitigare le armoniche.

Possono essere di 4 tipi: Passa-basso, passa-alto, passa-banda e selettivi.

- Svantaggi: Dimensioni, peso, inadattabilità e problemi di risonanza.
- Vantaggi: economicità e semplicità di progetto.

Filtri attivi di Potenza

Filtri Attivi

Il metodo piu` efficace e commercializzato solo negli ultimi anni per compensazione di distorsioni di corrente (armoniche, potenza reattiva e corrente sul neutro) tutto in un solo dispositivo. Analogamente possono essere sviluppati per la compensazione di distorsioni di tensione (armoniche, flicker, buchi di tensione e sbilanciamenti).

Filtri attivi monofase: per compensare carichi monofase come alimentatori switching in continua

Filtri attivi trifase (con o senza neutro): per carichi non-lineari di grossa potenza come azionamenti e convertitori ac/dc o ac/ac.

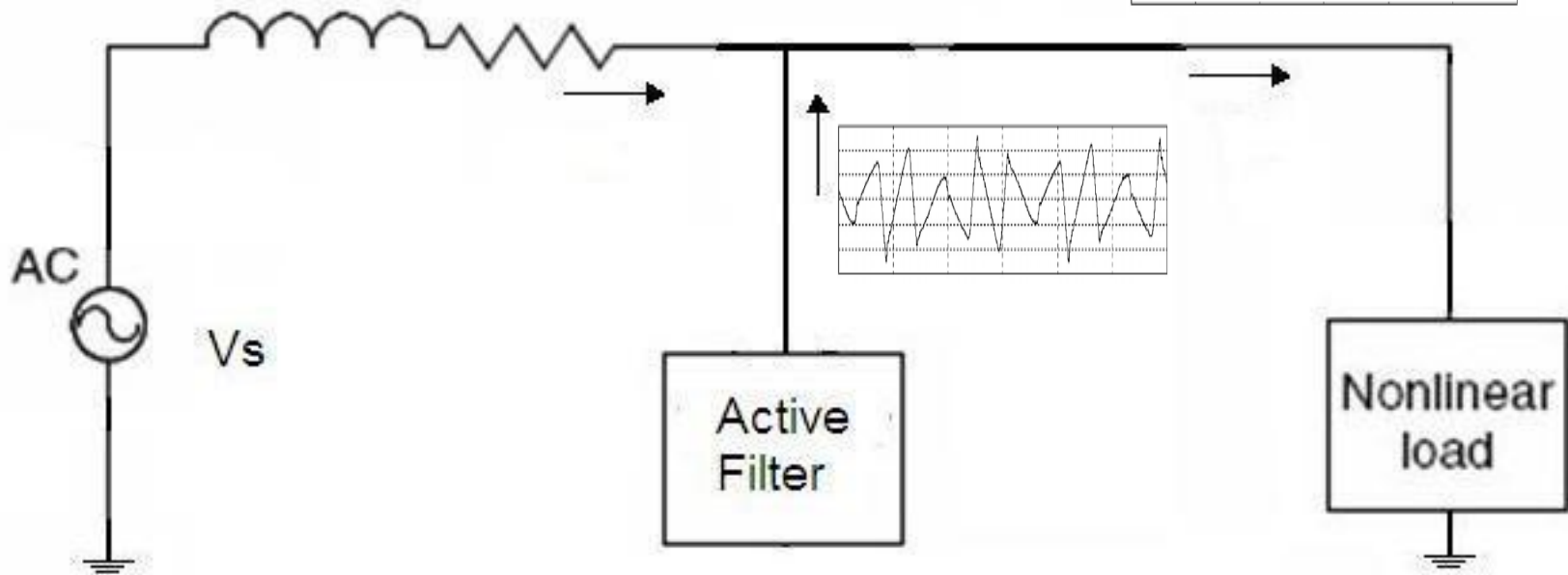
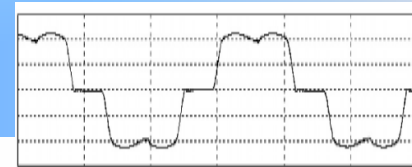
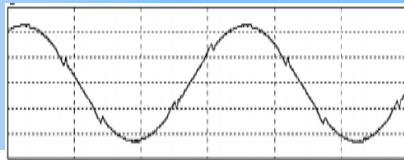
Filtri attivi a corrente impressa: utilizzano un induttore come elemento per immagazzinare energia

Filtri attivi a tensione impressa: utilizzano una capacita` come elemento per immagazzinare energia

Filtri attivi di Potenza

Principio di funzionamento

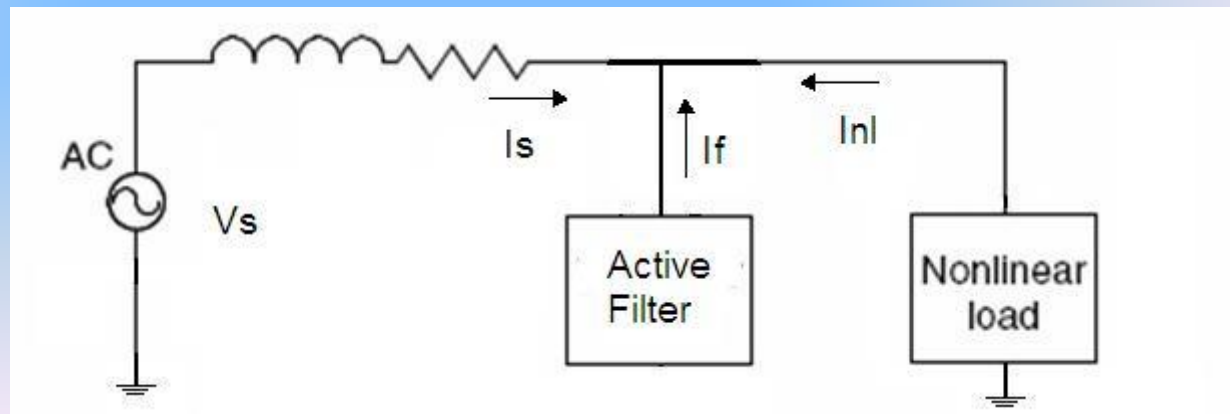
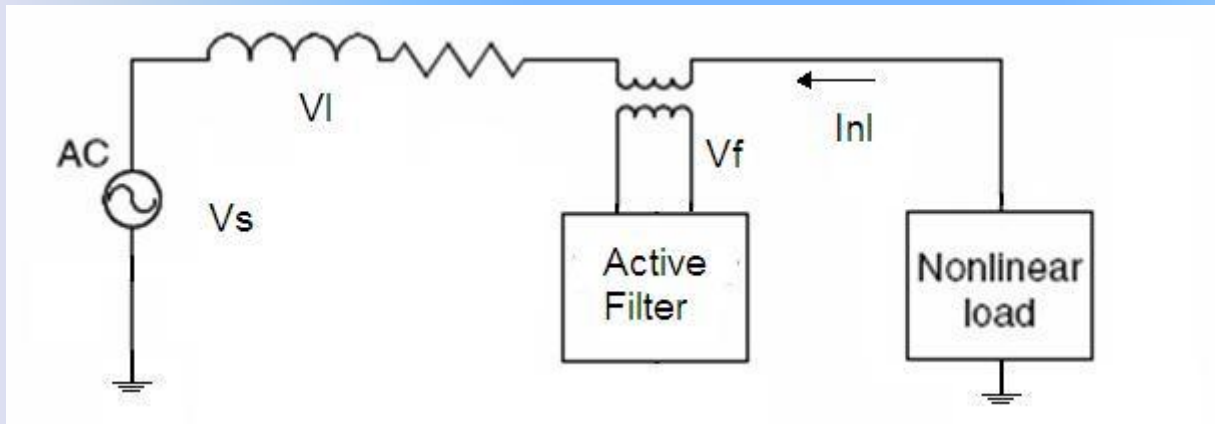
Iniettano in rete una corrente (tensione) composta dalle armoniche prodotte dal carico in opposizione di fase in modo da cancellarle.



Filtri attivi di Potenza

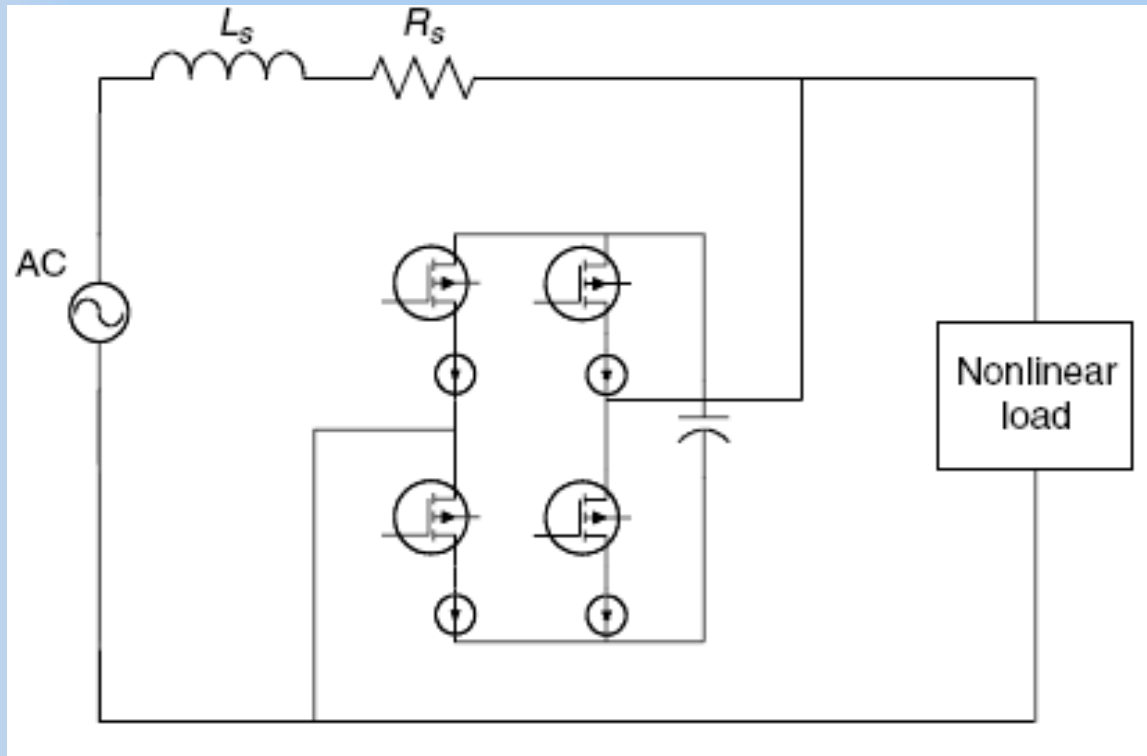
Filtri attivi a tensione impressa (piu` usati, piu` leggeri meno costosi e piu` facili da controllare).

Possono essere di due tipi: **Serie e parallelo**



Filtri attivi di Potenza

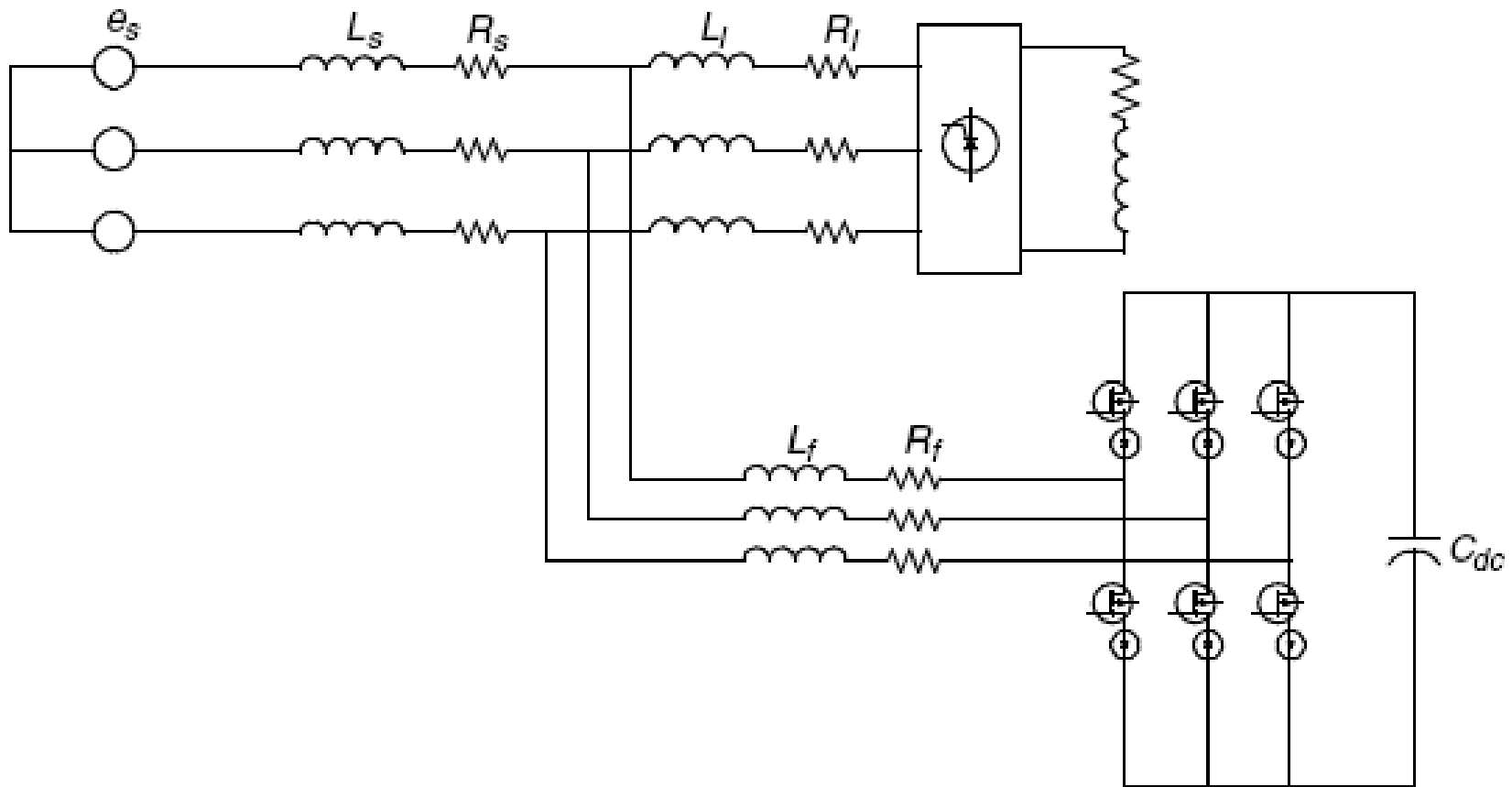
Filtro attivo a tensione impressa monofase parallelo



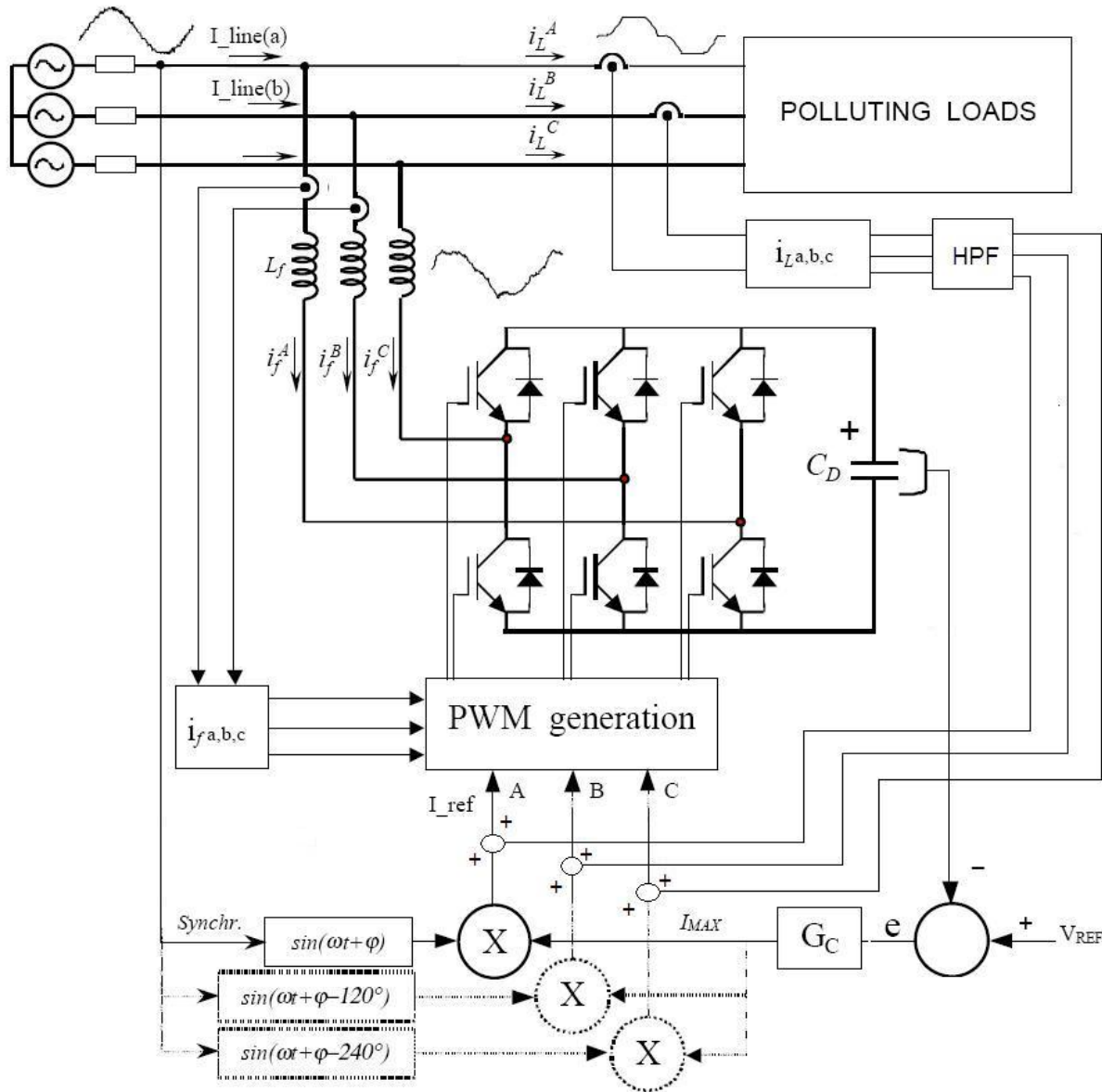
La capacità viene caricata direttamente dalla rete e, una volta carica, teoricamente a regime fornisce solo la potenza reattiva necessaria alla generazione delle armoniche di compensazione. In realtà assorbe anche un po' di potenza attiva dovuta alle perdite del convertitore.

Filtri attivi di Potenza

Filtro attivo a tensione impressa trifase parallelo



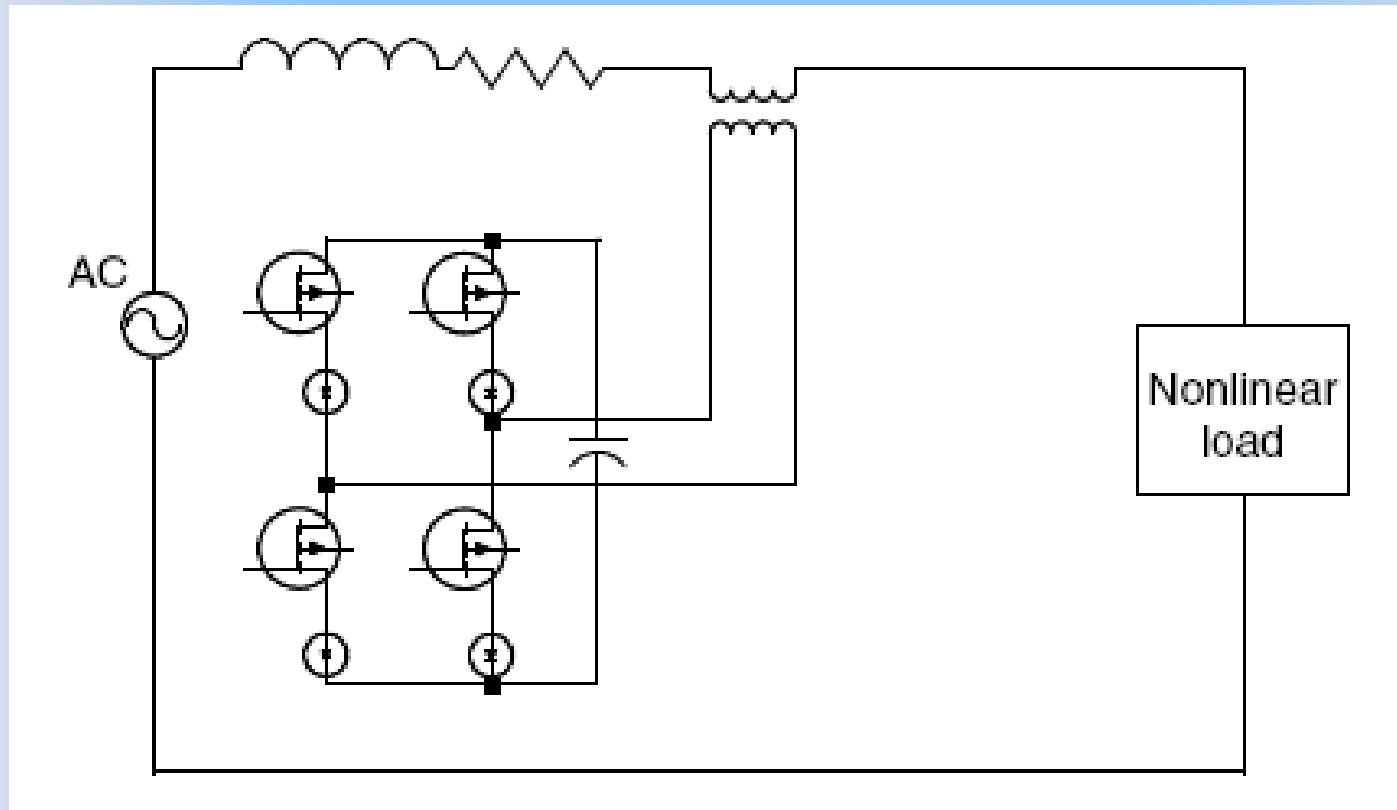
Filtri attivi di Potenza



**Controllo Filtro
attivo a tensione
impressa trifase
parallelo**

Filtri attivi di Potenza

Filtro attivo a tensione impressa monofase serie



Filtri attivi di Potenza

Filtri attivi a corrente impressa

