
GUIDA APPLICATIVA

Le armoniche nelle applicazioni HVAC



Sommario

4 Che cosa sono le armoniche e perché sono importanti

4 Introduzione

4 Nozioni di base sulle armoniche

5 Cause della distorsione armonica

5 Problemi causati dalla distorsione armonica

6 Problemi economici causati dalla distorsione armonica

6 Le armoniche in strutture critiche

7 Fattore di potenza

8 Metodi di riduzione delle armoniche

8 Raddrizzatore a sei impulsi senza induttore

8 Raddrizzatore a sei impulsi con induttore 3-5%

9 Filtri passivi

10 Filtri attivi

11 Soluzioni multi-impulso

12 Front-end attivo

12 Altre tecniche di riduzione

14 Riepilogo

Che cosa sono le armoniche e perché sono importanti

Introduzione

Gli impianti di climatizzazione o HVACR (riscaldamento, ventilazione, condizionamento e raffreddamento) hanno il compito di mantenere il comfort e la qualità dell'aria negli edifici, che si tratti di uffici, ospitali, datacenter o altre strutture. Per farlo, consumano una grande quantità di energia.

L'impiego adeguato di azionamenti a frequenza variabile (VFD-Variable Frequency Drive) riduce drasticamente i consumi energetici di questi impianti. I drive, come altri dispositivi elettronici, causano un fenomeno delle "armoniche di linea". I vantaggi derivanti dall'utilizzo di un azionamento compensano ampiamente gli effetti negative delle armoniche, tuttavia è importante conoscere le armoniche, i potenziali problemi che causano e le soluzioni disponibili per la loro riduzione.

Questo documento è incentrato sugli azionamenti come fonti di armoniche, ma è importante notare che i VFD non sono l'unica fonte di armoniche in un impianto. I drive sono però spesso l'elemento chiave per calcolare le armoniche e i metodi di attenuazione, in virtù del fatto che i VFD nelle applicazioni HVACR possono rappresentare una quota significativa dei consumi complessivi di un edificio. Esempi di utilizzo dei drive nella climatizzazione sono pompe (acqua refrigerata, acqua di condensa, acqua calda), ventilatori (alimentazione, ritorno, scarico, torre di raffreddamento) e compressori. Esempi di altre fonti di armoniche sono ventilatori azionati da motori a commutazione elettronica (ECM), impianti di illuminazione, gruppi di continuità (UPS) e alimentatori a fase singola.

Le armoniche si formano sulla forma d'onda della tensione a causa dei dispositivi elettronici che assorbono corrente in modo non lineare. Le armoniche vengono misurate normalmente in percentuale, ottenendo la distorsione armonica totale (THD). THD è il rapporto fra la radice della media quadratica (RMS) del contenuto di armoniche e il valore RMS della frequenza fondamentale. THD rappresenta la percentuale di deviazione rispetto alla forma d'onda sinusoidale fondamentale. Se la tensione o la corrente non contengono armoniche, THD è pari a zero percento. All'aumentare della quantità di armoniche, aumenta anche la percentuale THD. Esistono diversi standard industriali che vengono applicati

per individuare un livello accettabile di distorsione armonica rispetto a un livello problematico. Ad esempio, negli Stati Uniti e in alcuni Paesi asiatici si utilizza la norma IEEE 519-2014. Esistono norme di compatibilità elettromagnetica per le armoniche anche in Europa e Asia. Queste norme vengono scritte dal punto di vista delle utilities, pertanto hanno lo scopo di impedire ai clienti di generare un livello di distorsione armonica sufficientemente elevato da incidere sulla qualità dell'energia dei "vicini di casa" collegati alla rete elettrica.

Il termine "armoniche" ha un significato ampio e viene utilizzato in molti settori industriali. Purtroppo alcuni problemi elettrici vengono attribuiti erroneamente alle armoniche. Le armoniche non devono essere confuse con le interferenze in radiofrequenza (RFI), che si verificano a frequenze molto più elevate. Le armoniche di linea sono a bassa frequenza, pertanto non interferiscono con segnali di rete wireless, telefoni cellulari, radio FM o AM o altre apparecchiature sensibili al rumore in alta frequenza. ABB ha redatto un documento specifico sui disturbi da RFI (numero documento 3AUA0000222151).

Nozioni di base sulle armoniche

Le armoniche di tensione sono una distorsione della forma d'onda di tensione. Analogamente, le armoniche di corrente sono una distorsione della forma d'onda di corrente. Queste distorsioni della forma d'onda sono difficili da quantificare con una semplice equazione, pertanto viene applicato un metodo matematico detto analisi di Fourier. Questo metodo determina la grandezza e la frequenza di molte forme d'onda sinusoidali più piccole che compongono la forma d'onda distorta misurata in un impianto. I tecnici possono così individuare le armoniche più problematiche e le misure correttive per attenuarle.

Come detto nell'introduzione, le armoniche vengono spesso misurate in termini di percentuale THD. Questa percentuale quantifica il livello di distorsione della forma d'onda rispetto a una forma d'onda sinusoidale pura. Una forma d'onda altamente distorta avrà un valore percentuale THD maggiore.

Le due formule seguenti vengono utilizzate per quantificare la quantità di armoniche presenti in un sistema. THD_v è la distorsione armonica totale della

forma d'onda di tensione. THD_V è la distorsione armonica totale della forma d'onda di corrente. In entrambi i casi il calcolo si basa sul rapporto fra contenuto armonico RMS e livello RMS del valore fondamentale. Quindi, maggiore è il contenuto di armoniche, maggiore è la percentuale THD.

$$THD_V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 \dots V_n^2}}{V_1} * 100\%$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 \dots I_n^2}}{I_1} * 100\%$$

Un altro elemento chiave per le armoniche, anche se non trattato in questo documento, è capire quali livelli THD_V e THD_I levels sono accettabili per un edificio. Ogni sistema è unico e tiene conto del carico di un edificio rispetto alla capacità dell'utenza, cioè del rapporto di cortocircuito. Inoltre si verificano spesso fraintendimenti sul punto in cui misurare le armoniche, detto punto di accoppiamento comune (PCC-Point of Common Coupling). Il PCC è il punto in cui la rete dell'edificio si collega alla rete elettrica pubblica. In corrispondenza del PCC, viene misurata la distorsione al fabbisogno complessivo (TDD-Total Demand Distortion) invece della THD_I . Il valore TDD viene usato tipicamente per valutare le armoniche per l'intero edificio, mentre THD_I misura le armoniche per ogni singolo dispositivo all'interno dell'edificio.

Cause della distorsione armonica

Le armoniche sono causate da carichi non lineari. I carichi non lineari non assorbono corrente in modo sinusoidale dall'utenza. Esempi di carichi non lineari sono VFD; motori a commutazione elettronica (EC), luci LED, fotocopiatrici, computer, gruppi di continuità, televisori e gran parte delle apparecchiature elettroniche dotate di

alimentatore. Le cause più rilevanti di formazione di armoniche in un edificio sono solitamente fonti di energia trifase non lineare: maggiore è la potenza, maggiori saranno le correnti armoniche in rete.

Il capitolo successivo illustra le caratteristiche elettriche di un drive. L'esempio si riferisce a un carico non lineare. Il tipo di azionamento più diffuso opera prelevando una tensione c.a. trifase sulla linea in ingresso e raddrizzando la tensione mediante diodi. La tensione viene così trasformata in tensione c.c. regolare attraverso un banco di condensatori. Il drive converte quindi la corrente continua in una forma d'onda c.a. per il motore, allo scopo di controllare la velocità, la coppia e la direzione del motore stesso. La corrente non lineare viene generata dal raddrizzamento c.a.-c.c. trifase.

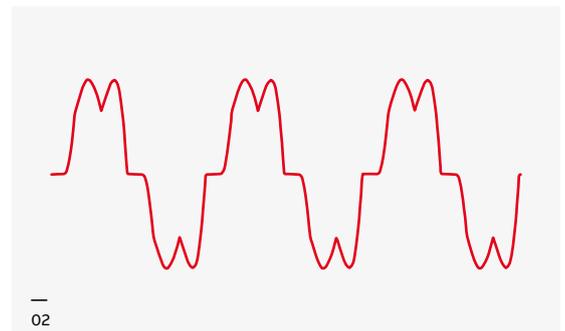
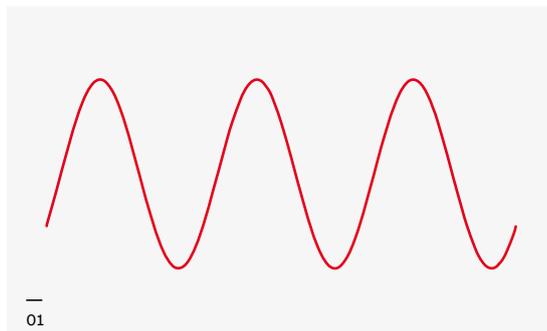
Problemi causati dalla distorsione armonica

Livelli elevati di distorsione armonica in un impianto possono causare una serie di problemi. Alcuni dei problemi riscontrabili sono:

- Guasto prematuro e durata ridotta dei dispositivi in caso di surriscaldamento, ad esempio:
 - Surriscaldamento di trasformatori, cavi, interruttori (sezionatori) e fusibili
 - Surriscaldamento di motori alimentati direttamente dalla rete
- Interventi inutili di interruttori e fusibili dovuti a calore in eccesso e carico armonico
- Funzionamento instabile dei generatori di riserva
- Funzionamento instabile di elettronica sensibile che richiede una forma d'onda c.a. sinusoidale pura
- Sfarfallio delle luci

—
01 Forma d'onda di corrente sinusoidale pura senza armoniche

—
02 Forma d'onda di corrente con armoniche



—
03 Potenziale impatto
delle armoniche sui
trasformatori

I problemi descritti nella pagina precedente sono spesso difficili da ricondurre alle armoniche. Ad esempio, sappiamo che i motori sono progettati per funzionare quasi fino al punto di surriscaldamento. In condizioni operative normali, appoggiare la mano su un motore a pieno regime può risultare insostenibile dopo un paio di secondi. Quindi, come fa il proprietario di un edificio a capire se un motore sta operando a una temperatura di dieci gradi più calda a causa delle armoniche? Lo stesso proprietario difficilmente potrebbe capire che il motore ha ceduto dopo sei anni a causa delle armoniche, quando sarebbe dovuto durare 12 anni. Questo esempio è solo uno dei tanti aspetti economici nascosti legati alle armoniche, che verrà trattato nel prossimo capitolo. È importante notare che l'esempio si riferisce a un motore alimentato direttamente dalla rete, pertanto esposto a una forma d'onda distorta. Gli azionamenti sostanzialmente schermano il motore dalle armoniche della linea di alimentazione, quindi i motori azionati da un drive non sono soggetti a questo fenomeno che porta a un cedimento prematuro.

Problemi economici causati dalla distorsione armonica

Le armoniche hanno conseguenze economiche in tutte le fasi della vita di un edificio. Innanzitutto c'è il costo a monte di dimensionare le apparecchiature per sopportare le armoniche o investire nella riduzione delle armoniche stesse. In secondo luogo ci sono costi aggiuntivi quotidiani legati all'inefficienza del sistema. Infine ci sono i costi indotti dal guasto prematuro delle apparecchiature.

Un modo per gestire le armoniche è semplicemente sovradimensionare alcune parti dell'infrastruttura elettrica di un edificio. Trasformatori e sezioni dei cavi possono essere sovradimensionati per gestire la quantità aggiunta di armoniche e valore. Anche i generatori di riserva devono essere sovradimensionati nei sistemi con un carico armonico rilevante. Il dimensionamento dei generatori ha diverse implicazioni. Il generatore deve essere in grado di gestire la corrente armonica aggiunta. Inoltre il regolatore di tensione del generatore deve essere in grado di gestire la distorsione di tensione senza provocare un funzionamento instabile. Un'alternativa al costo delle apparecchiature sovradimensionate è

investire in prodotti che generano meno armoniche. Ad esempio, i drive a basso costo possono assorbire il 67 percento (o più) di corrente rispetto a un azionamento con un costo medio dotato di bobina c.c. o induttore sulla linea in ingresso. La soluzione migliore è offerta da tecnologie di attenuazione capaci di ridurre le armoniche a meno del 5 percento. Investire in soluzioni per la riduzione delle armoniche è una soluzione alternativa al sovradimensionamento dell'infrastruttura elettrica.

I costi quotidiani delle inefficienze indotte dalle armoniche sono spesso nascosti e trascurati. Un trasformatore o motore surriscaldato consuma energia in modo inefficiente, perché l'energia viene utilizzata per generare calore invece di alimentare altri carichi all'interno dell'edificio. L'impianto di climatizzazione dell'edificio funziona a capacità superiore, consumando più energia del necessario per estrarre il calore in eccesso.

I costi dei guasti delle apparecchiature non sono nascosti. Tuttavia la sfida è riuscire a ricondurre guasti e costi alle armoniche.

Affrontando il problema delle armoniche nella fase di progettazione si riducono i costi di altre parti dell'infrastruttura elettrica (che non vengono sovradimensionate). Una volta gestite le armoniche, si ottengono ulteriori risparmi a lungo termine grazie a maggiori efficienze e maggiore durata delle apparecchiature.



—
03

Le armoniche in strutture critiche

Nei capitoli precedenti abbiamo descritto i problemi che possono interessare qualsiasi edificio. Tuttavia, alcuni settori devono prestare particolare attenzione alla qualità dell'energia, e quindi alle armoniche, perché la continuità operativa dei loro impianti di climatizzazione è vitale. Ospedali, datacenter e aeroporti sono le tre tipologie di infrastrutture che vengono più spesso indicate come critiche. Ospedali e aeroporti utilizzano apparecchiature che, se si guastassero, metterebbero a rischio molte vite.



I datacenter contengono apparecchiature delicate che raccolgono un'enorme quantità di informazioni e devono restare sempre attive. I progettisti di questi sistemi devono essere consapevoli dell'impatto delle armoniche su qualsiasi infrastruttura critica.

Nella prossima parte parleremo del fattore di potenza, un altro elemento elettrico interessato dalle armoniche.

Fattore di potenza

Il fattore di potenza è un parametro tipico del settore elettrico. Tuttavia, il termine può indurre confusione perché esistono tre diversi tipi di fattore di potenza: fattore di potenza effettivo, fattore di potenza di sfasamento e fattore di potenza di distorsione. L'equazione riportata in questa pagina mostra il rapporto fra i diversi tipi di fattore di potenza. Il fattore di potenza effettivo tiene conto del fattore di potenza di sfasamento (noto anche come $\cos\phi$) e del fattore di potenza di distorsione (che è una funzione della quantità di corrente armonica).

I tre concetti più importanti legati al fattore di potenza per un ingegnere o un proprietario di edificio sono i seguenti:

- Alcune società aumentano le tariffe ai clienti che hanno un fattore di potenza basso e/o offrono sconti in bolletta ai clienti con un buon fattore di potenza.
- Collegando il motore a un azionamento si migliora il fattore di potenza effettivo.
- I drive che generano meno armoniche migliorano il fattore di potenza effettivo più di un drive con una quantità di armoniche maggiore

$$pf_{true} = \frac{P_{avg1}}{V_{1rms}I_{1rms}} * \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}} = pf_{disp} * pf_{dist}$$

Metodi di riduzione delle armoniche

Esistono diversi metodi per ridurre le armoniche e non c'è una "soluzione universale".

La tabella successiva mette a confronto la THDI di diverse tecniche di riduzione delle armoniche e altri aspetti.

	Drive a sei impulsi senza induttore / bobina	Drive a sei impulsi Bus c.c. a bassa capacitanza	Drive a sei impulsi induttore / bobina +5%	Drive trifase Azionamento con front-end attivo*
THD_i tipica	90-120%	35-40%	35-45 %	3-5 %
Prezzo del sistema VFD**	\$	\$	\$\$	\$\$\$
Ingombro	☆	☆	☆☆	☆☆☆
Pro	Soluzione semplice ed economica, accettabile per installazioni con pochi drive.	Soluzione semplice ed economica che garantisce una parziale riduzione delle armoniche di corrente (THD _i).	Soluzione standard per applicazioni HVAC.	Le migliori prestazioni armoniche fra tutte le soluzioni. Possibilità di aumentare la tensione di uscita in condizioni di linea bassa. Fattore di potenza fondamentale unitario. Può effettuare la frenatura rigenerativa.
Contro	Contenuto di armoniche elevato, sconsigliato per installazioni con molti drive	Distorsione di tensione maggiore (THD _v), superiore al drive a sei impulsi con induttore/bobina 5%. Più suscettibile a problemi causati da energia di qualità scadente. Quasi nessuna insensibilità ai cali di tensione (ride-through).	I sistemi con azionamenti in grande quantità o di grandi dimensioni possono richiedere una riduzione aggiuntiva delle armoniche.	Il drive stesso genera poco più calore di un normale azionamento a sei impulsi con induttore.

* Valutazione basate su azionamenti ABB a basso contenuto di armoniche

** Il prezzo tiene conto dei costi per l'azionamento e l'installazione

—
04 Azionamento a sei impulsi senza mitigazione

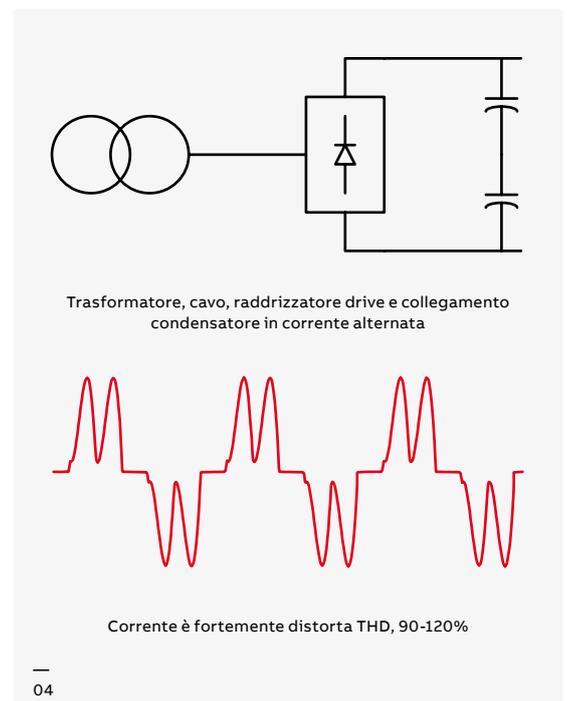
Raddrizzatore a sei impulsi senza induttore

Si tratta di un azionamento a sei impulsi standard senza alcuna riduzione delle armoniche. Questo tipo di azionamento viene scelto per i costi e gli ingombri contenuti. Questo tipo di azionamento può essere preso come riferimento, perché non utilizza alcuna tecnica di attenuazione. L'esatta distorsione di corrente varia in base al design, con valori tipici compresi fra 90 e 120 per cento.

È importante notare che in commercio esiste una variante di questo azionamento che utilizza un condensatore con barra c.c. sottodimensionato. Questa versione migliora il valore THDI ma ha un forte impatto negativo sulla THDV nell'impianto elettrico. Questo tipo di azionamento è molto sensibile a sovratensioni e sottotensioni che provocano interventi causati da transistori, buchi e picchi di rete.

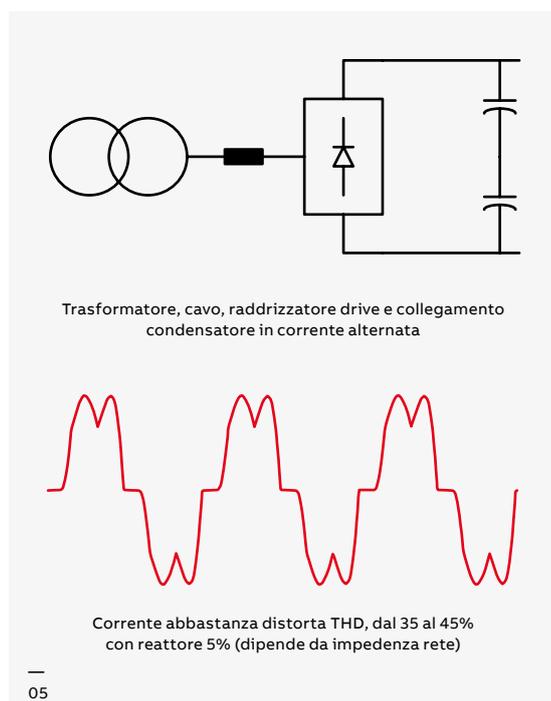
Raddrizzatore a sei impulsi con induttore 3-5%

Un normale azionamento a sei impulsi con bobina c.c. o induttore c.a. sulla linea d'ingresso aumenta



	Drive a sei impulsi senza induttore / bobina	Azionamenti con tecnologia a matrice	Drive multi-impulsi	Drive a sei impulsi + filtro attivo
THD, tipica	5-10%	5-13 %	12 impulsi: 10-12% 18 impulsi: 5-6 %	4-7%
Prezzo del sistema VFD**	\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$\$
Ingombro	☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆
Pro	Supponendo che ci sia spazio sufficiente, si può aggiungere un filtro passivo dopo aver installato l'azionamento se si capisce che le armoniche sono un problema.	Comprende la frenatura rigenerativa.	Metodo tradizionale di riduzione delle armoniche.	Un unico filtro attivo può ripulire le armoniche generate da diversi azionamenti/carichi.
Contro	Fattore di potenza capacitivo a carichi leggeri a meno che i condensatori del filtro non siano esclusi dal circuito. Rischio di risonanza fra i condensatori del filtro e altri condensatori nell'impianto.	La modalità con armoniche basse (5% THD) non consente il pieno controllo della velocità su tutta la gamma di frequenze, poiché può modulare solo fino al 93% della tensione. I circuiti di potenza non sono insensibili ai cali di tensione (ride-through) a causa della mancanza di una barra c.c.	Molto ingombrante. Numero elevato di punti di vulnerabilità. Per prestazioni armoniche ottimali serve un'alimentazione c.a. perfettamente bilanciata con poca distorsione di fondo. Molto difficile da installare in impianti esistenti.	Solitamente è la soluzione più costosa. Il filtro diventa l'unico punto di vulnerabilità per la riduzione delle armoniche. Il guasto del filtro può causare problemi rilevanti/immediati legati alle armoniche all'interno del sistema.

—
05 Raddrizzatore a sei impulsi con induttore 3-5%



l'impedenza e, di conseguenza, l'azionamento diminuisce i livelli di corrente armonica al 35-45 per cento. ABB raccomanda questa soluzione come punto di partenza per tutti gli azionamenti negli impianti di climatizzazione. Poi, se il calcolo delle armoniche indica la necessità di un'ulteriore riduzione della THD¹, si può passare a una tecnologia di riduzione più efficiente.

Filtri passivi

I filtri passivi sono filtri aggiuntivi applicati sul lato dell'alimentazione (linea) dell'azionamento. I filtri moderni sono costituiti da una combinazione di induttore-condensatore-induttore mirata a una specifica frequenza armonica. Le prestazioni dei filtri armonici passivi variano da produttore a produttore, con alcuni modelli che offrono una scarsa riduzione delle armoniche a carichi parziali o in presenza di una distorsione di tensione sull'alimentazione dell'edificio. Le prestazioni tipiche dei filtri armonici passivi producono una distorsione di corrente fra il 5 e il 10 per cento.

I filtri passivi sono noti per creare un fattore di potenza capacitivo a carichi parziali. La maggior parte dei produttori prevede un contattore opzionale che elimina i banchi di condensatori del filtro a carico parziale. Questo contattore è altamente raccomandato per qualsiasi filtro che può essere alimentato da un generatore, poiché i generatori diventano instabili quando i carichi assorbono una corrente con fattore di potenza capacitivo. È inoltre noto che il condensatore di un filtro armonico passivo interagisce con altri condensatori nella rete elettrica, ad esempio i condensatori che si trovano nei banchi di correzione del fattore di potenza o i condensatori di un azionamento. Queste interazioni fra condensatori possono condurre a fastidiosi problemi elettrici.

I filtri passivi possono essere forniti separatamente come filtri standalone, con una propria custodia, per essere cablati accanto all'azionamento. Inoltre i filtri passivi possono essere forniti dal costruttore dell'azionamento nello stesso armadio dell'azionamento. Per fornire e montare il filtro separatamente serve un coordinamento aggiuntivo nella fase di progettazione e costruzione. Riportiamo di seguito alcuni esempi di coordinamento:

- Bisogna prevedere lo spazio necessaria per l'installazione di ogni filtro.
- I preventivi devono considerare la manodopera aggiuntiva per l'installazione e il cablaggio del filtro.

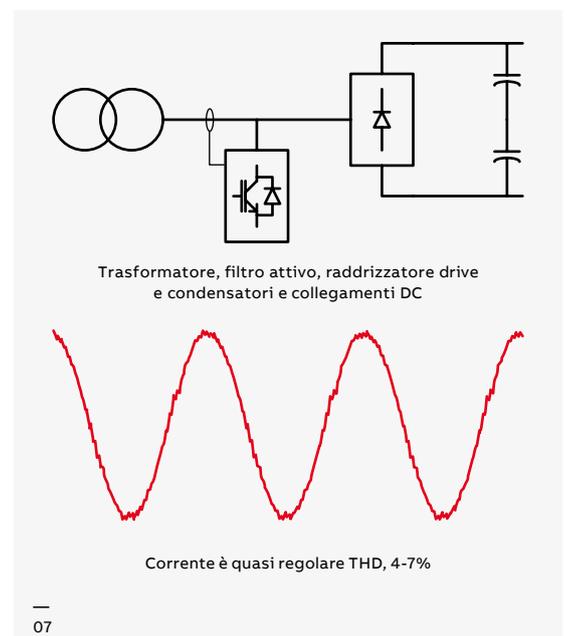
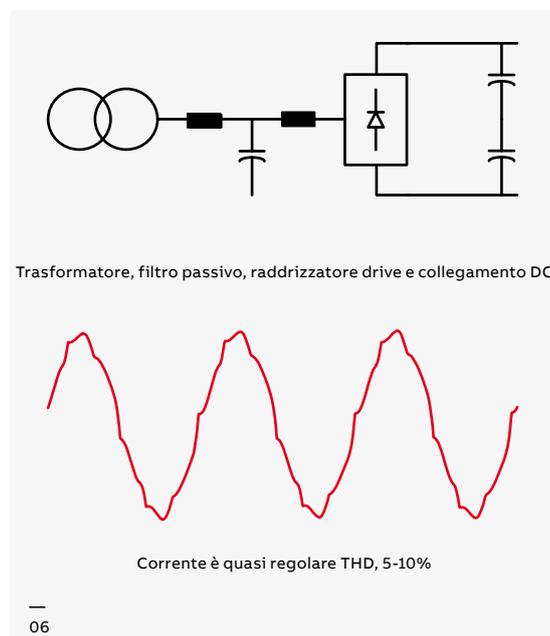
- Bisogna prestare attenzione quando si installa il filtro passivo su un azionamento. Esiste il rischio di confondere il filtro passivo con il filtro dV/dt, installando di conseguenza il filtro sul lato sbagliato dell'azionamento.
- È richiesto un cablaggio aggiuntivo del filtro se l'azionamento ha un bypass. Il filtro non si deve trovare sul percorso elettrico in modalità bypass, pertanto deve essere cablato solo sul percorso dell'azionamento e non sul percorso di bypass. Questo rende le cose più complesse e non sempre comprensibili all'installatore.
- Se il condensatore del filtro deve essere disattivato a carico parziale, dovranno essere predisposti una fonte di potenza e cablaggi aggiuntivi fra l'azionamento e la bobina del condensatore, dettagliando i collegamenti per l'installatore.

Filtri attivi

Un filtro armonico attivo funziona come le cuffie antirumore. Il filtro attivo effettua misurazioni che rilevano la distorsione di corrente, quindi genera una forma d'onda contraria che cancella la distorsione. La riduzione attiva delle armoniche è efficace e consente normalmente di raggiungere livelli di distorsione della corrente fra il 4 e il 7 per cento. Il corretto utilizzo di filtri armonici attivi pone diverse sfide. I filtri sono ingombranti e richiedono sensori di corrente esterni.

—
06 Azionamento a sei impulsi con filtro passivo

—
07 Azionamento a sei impulsi con filtro attivo



Questi filtri sono dimensionati per ripulire dal sistema una quantità specificata di corrente armonica (Amp). In virtù delle dimensioni e dei costi, questi filtri vengono solitamente installati per l'intero edificio o per un gruppo di azionamenti; naturalmente questo risolve il problema in un punto specifico ma non aiuta i dispositivi interessati dalle armoniche che si trovano all'interno dell'edificio o altrove. Questa soluzione comporta anche qualche rischio come unico punto di vulnerabilità, perché in caso di guasto di un unico filtro, i livelli di armoniche a monte aumenteranno notevolmente.

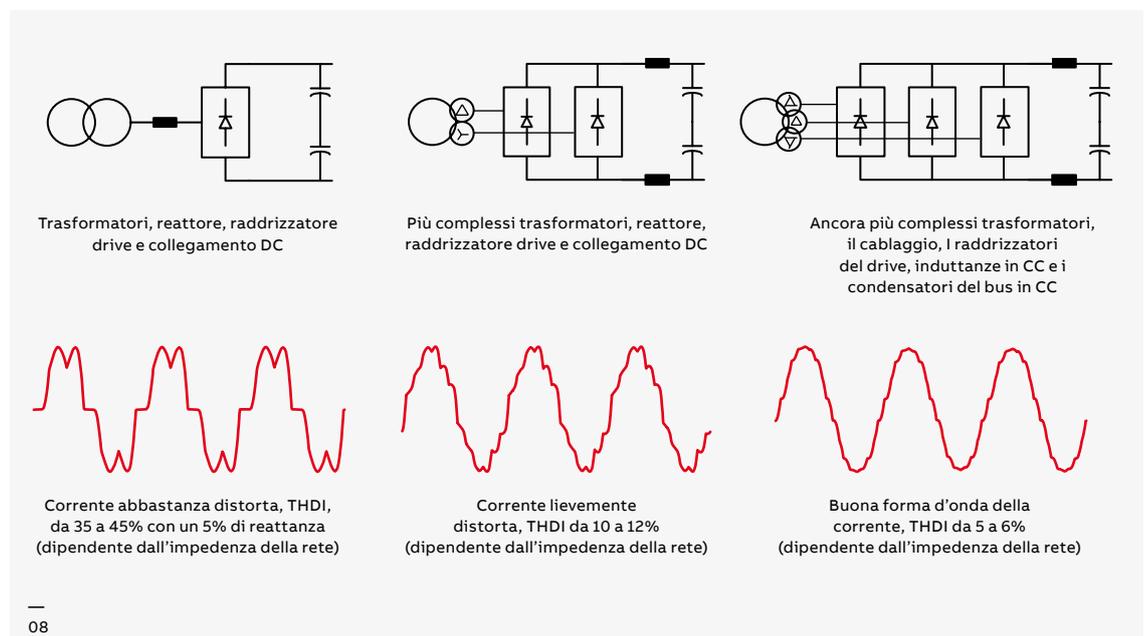
Soluzioni multi-impulso

Le soluzioni multi-impulso sono un altro metodo di riduzione delle armoniche. Un azionamento standard ha sei impulsi, mentre i pacchetti multi-impulso a bassa tensione operano solitamente a 12 o 18 impulsi. Esistono modelli a 24 impulsi e anche oltre, ma vengono utilizzati tipicamente su azionamenti in media tensione. Il numero totale di diodi raddrizzatori compresi nel pacchetto corrisponde al numero di "impulsi". I pacchetti multi-impulso hanno gli ingombri più grandi di tutte le soluzioni di riduzione delle armoniche in virtù dei requisiti hardware. Un pacchetto a 18 impulsi, ad esempio, comprende un azionamento a sei impulsi, 12 diodi aggiuntivi, induttori di bilanciamento (18) fusibili, circuiti di prearica speciali, un notevole volume di cavi di potenza

per collegare i componenti fra loro, e un grande trasformatore. Un pacchetto relativamente piccolo da 23 amp e 18 impulsi è grande all'incirca come un frigorifero, dimensioni dettate dal trasformatore e da tutto l'hardware di cui si compone la soluzione. Un pacchetto a 18 impulsi preleva innanzitutto la tensione di ingresso trifase e poi usa il trasformatore di cambio fase per creare un totale di (nove) fasi. Il drive assorbe corrente su (nove) fasi invece di (tre), cosicché diminuisce la quantità di corrente assorbita da ognuna delle (nove) fasi. La distorsione di corrente di un modello a 18 impulsi va dal 5 al 6 percento. La distorsione di corrente di un modello a 12 impulsi va dal 10 al 12 percento.

Il valore di distorsione di corrente multi-impulso riportati sopra presuppongono l'applicazione di una tensione perfettamente bilanciata all'azionamento. Un piccolo sbilanciamento di tensione del 2 percento sull'azionamento si può tradurre in un incremento del 50% della sua distorsione di corrente. Anche in virtù di tutto l'hardware aggiuntivo, questi pacchetti hanno uno dei livelli più bassi di efficienza energetica sul mercato. I pacchetti multi-impulso sono una delle prime soluzioni per la riduzione delle armoniche e risalgono a oltre 20 anni fa. Tuttavia, per le dimensioni e per la necessità di un bilanciamento perfetto della potenza, questa tecnica di riduzione delle armoniche è sempre meno diffusa.

08 Soluzioni multi-impulso (raddrizzatore a sei impulsi, raddrizzatore a 12 impulsi, raddrizzatore a 18 impulsi (f.l.t.r.))



Front-end attivo

In un azionamento con front-end attivo (AFE), il raddrizzatore è costituito da transistor bipolari a gate isolato invece di diodi. L'azionamento AFE integra anche un filtro LCL (induttore-condensatore-induttore). Il raddrizzatore con IGBT viene comandato in modo tale che l'azionamento possa assorbire solo corrente puramente sinusoidale. Il filtro LCL aiuta a eliminare qualsiasi rumore in alta frequenza creato dalla commutazione IGBT. Il filtro LCL è generalmente preferibile rispetto al meno efficace filtro LC. Grazie alla combinazione di raddrizzatore IGBT e filtro LCL, gli azionamenti AFE di ABB offrono una distorsione di corrente fra il 3 e il 5 percento e vengono denominati anche azionamenti ad armoniche ultrabasse (ULH).

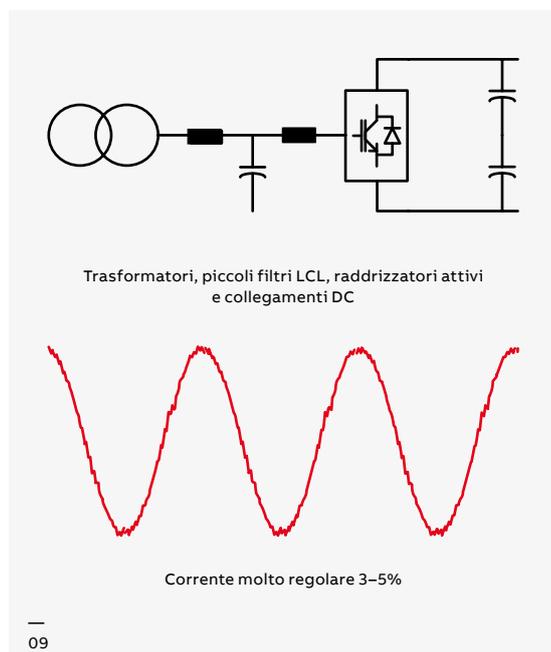
La versione AFE è la soluzione più compatta fra tutte, in grado di ottenere una distorsione di corrente inferiore al 5 percento. Il fattore di potenza è unitario: questo significa che utilizza la minor quantità possibile di corrente reattiva. Inoltre, gli azionamenti AFE hanno prestazioni armoniche eccellenti a carichi parziali. L'installazione di un azionamento AFE è semplice, perché è costituito tradizionalmente da un'unica apparecchiatura con morsetti di ingresso linea e morsetti di uscita motore. Grazie al controllo attivo del front-end IGBT, l'azionamento AFE è più immune agli sbilanciamenti di tensione rispetto a qualsiasi altra soluzione di riduzione delle armoniche.

Altre tecniche di riduzione

Esistono altri metodi per ridurre le armoniche, ad esempio azionamenti con condensatore su barra c.c. sottodimensionato e azionamenti con tecnologia a matrice, ma ABB ne sconsiglia l'uso. In un precedente capitolo sugli azionamenti a sei impulsi senza induttore abbiamo fatto riferimento agli azionamenti con barra c.c. sottodimensionati. Il paragrafo successivo descrive brevemente gli inverter a matrice.

Gli inverter a matrice hanno nove IGBT bidirezionali e nessun condensatore su barra c.c., pertanto la tensione c.a. in ingresso viene convertita direttamente in tensione c.a. in uscita. L'idea sembra interessante ma gli azionamenti a matrice presentano molti limiti tecnici. Questi inverter non riescono a fornire piena tensione in uscita, offrendo invece una riduzione ottimale delle armoniche. Quando un azionamento a matrice viene configurato per ottenere una riduzione ottimale delle armoniche (efficace quasi come un azionamento AFE), la tensione di uscita è limitata all'87 o al 93 percento. Limitando la tensione al motore, quest'ultimo assorbe più corrente a piena velocità e pieno carico, con conseguente surriscaldamento. La tensione di uscita può essere impostata su un valore superiore all'87 percento, ma in questo caso deve aumentare anche la distorsione di corrente. La soluzione a matrice offre quindi una buona riduzione delle armoniche o il pieno controllo della tensione di uscita, ma non entrambe le cose allo stesso tempo. Il livello tipico di distorsione di corrente va dal 5 al 13 percento, a seconda che il sistema sia configurato per fornire tensione di uscita limitata o piena.

—
09 Drive con
front-end attivo
con filtro LCL





CAROLAN'S

WILSON

ctf

LINGS GATE MARKET

A. H. COX



Riepilogo

È importante fare attenzione ai livelli di armoniche nella rete, perché a lungo termine questo approccio ripaga. THD_v è la distorsione armonica totale della tensione, mentre THD_i è la distorsione armonica totale della corrente. THD_v è l'elemento che più incide sulla qualità dell'energia delle utenze finali. THD_i è però il modo più semplice per confrontare diverse soluzioni di riduzione delle armoniche. Le armoniche di corrente (THD_i) sono responsabili delle armoniche di tensione (THD_v), pertanto è accettabile che in questo documento vengano confrontate solo diverse tecniche di riduzione basate sulle armoniche di corrente (THD_i). La distorsione armonica crea svariati problemi all'interno dell'edificio, ma il più frequente è il calore eccessivo. Aumentando la temperatura, i dispositivi riducono la loro efficienza e sono esposti a guasti prematuri.

Non esiste una soluzione "universale" per la riduzione delle armoniche. Esistono però alcune

regole pratiche che possono fornire indicazioni utili per le diverse tipologie di armoniche.

- Nei progetti in cui gli azionamenti rappresentano meno del 30 per cento della capacità dei trasformatori di un edificio, è accettabile utilizzare azionamenti a sei impulsi con impedenza del 5 per cento.
- Nei progetti con un carico di azionamenti maggiore, la soluzione ideale è una combinazione di azionamenti a sei impulsi con impedenza del 5 per cento (per i drive più piccoli) e azionamenti AFE (per i drive più grandi).

Si raccomanda di effettuare un'analisi delle armoniche con simulazione a computer per tutti i progetti con un livello elevato di carico non lineare. L'analisi armonica individuerà i livelli di armoniche e mostrerà l'impatto di un ulteriore intervento di riduzione delle armoniche (ad esempio un AFE), se necessario. ABB può fornire assistenza per l'analisi armonica di un edificio o un progetto.



—
Per maggiori informazioni
e per contattarci:

abb.com/drives

abb.com/drivespartners

