

Informativa tecnica quadri di rifasamento industriale

N° 26 rev3 08 - 01 - 2014

Freuenza di detuning dei rifasatori con induttanze di sbarramento.

Il ruolo della protezione MCP ICAR, il nuovo modulo MCP5.

Generalità.

I rifasatori con induttanze di sbarramento vengono utilizzati quando nell'impianto elettrico da rifasare circola una corrente con elevato contenuto armonico (THD) e/o quando ci sono elevati rischi di risonanza tra il trasformatore MT/bt ed il rifasatore. La distorsione della corrente è causata dalle utenze non lineari (saldatrici, puntatrici, illuminazione non a filamento, elettronica di potenza, inverters, soft starters, forni ad induzione, banbury, etc...), e quindi bisogna porre particolare attenzione a quegli impianti che alimentano queste tipologie di apparecchiature.

In questi casi i rifasatori "standard", composti dai soli condensatori, sono sconsigliati: le armoniche di corrente possono causare il rapido degrado dei condensatori mentre la risonanza può provocare effetti dannosi anche ad altri componenti vitali dell'impianto (in primis, appunto il trafo MT/bt).

L'aggiunta di induttanze di sbarramento protegge i condensatori dalle armoniche e, al contempo, esclude il rischio di risonanze; bisogna però sottolineare che questa soluzione lascia inalterato il contenuto armonico della corrente dell'impianto.

Dotando il rifasatore di induttanze serie, la sua impedenza equivalente in funzione della frequenza assume un andamento come esposto qui di seguito.

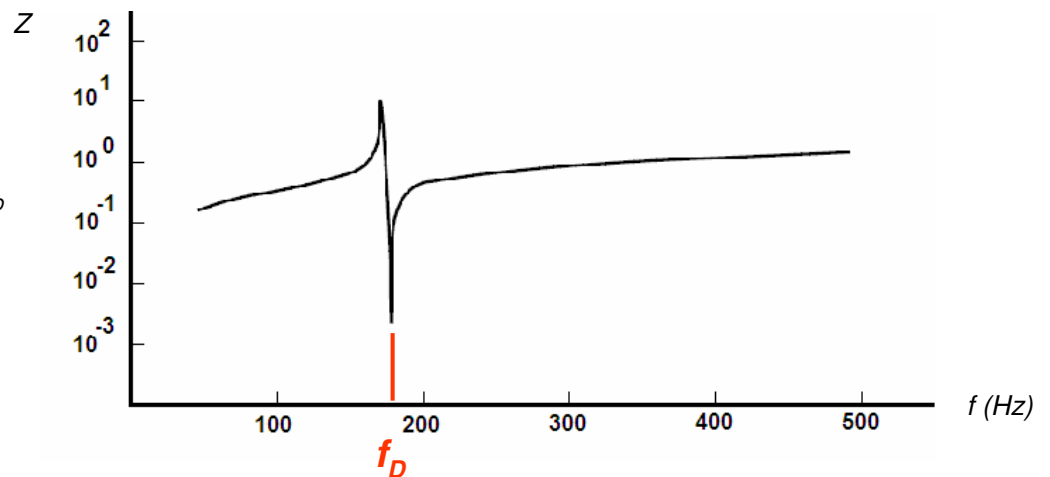


Fig 1: andamento dell'impedenza di un rifasatore con induttanze di sbarramento ("detuned") in funzione della frequenza

Il valore dell' induttanza serie installata viene scelto per posizionare la frequenza "di sbarramento" f_D (frequenza di detuning) opportunamente al di sotto della frequenza di 250Hz, che tipicamente è la componente armonica più pericolosa, anche in termini di risonanza.

Dal punto di vista della frequenza di sbarramento, i rifasatori si possono dividere in due famiglie: quelli che hanno frequenza di sbarramento intorno a 180-190Hz e quelli che hanno frequenza di sbarramento intorno a 130-140Hz.

Questi ultimi sono utilizzati per impianti particolarmente gravosi dal punto di vista delle armoniche in rete e dei cicli di lavoro.

Quale frequenza di sbarramento è meglio?

Possiamo osservare in fig 1 la curva impedenza vs frequenza e notare che al di sopra della frequenza di sbarramento l'andamento dell'impedenza è leggermente crescente. Questo significa che l'efficacia dello sbarramento è tanto maggiore quanto più è bassa la frequenza f_D .

Alzando la frequenza, si ottiene dunque uno sbarramento via via più debole e questo, impiantisticamente, si traduce in una maggiore sollecitazione dei componenti del rifasatore che saranno attraversati da una quotaparte maggiore delle armoniche presenti nell'impianto, in particolare dalla 5a armonica, che è quella più vicina alla frequenza di sbarramento.

Un'altra chiave di lettura possiamo averla considerando la formula che lega capacità, induttanza e frequenza di sbarramento:

$$f_D = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (1)$$

Se consideriamo un banco da 50kvar a 400V 50Hz, la cui capacità è di 1mF, e vogliamo calcolare il valore di induttanza che serve per avere una frequenza di sbarramento pari a 180Hz troviamo:

$$L_{180\text{Hz}} = 0,78\text{mH}$$

Ripetendo il calcolo allo scopo di trovare il valore di induttanza che permette una frequenza di sbarramento di 189Hz troviamo:

$$L_{189\text{Hz}} = 0,71\text{mH} \quad \text{e analogamente} \quad L_{140\text{Hz}} = 1,3\text{mH}; \quad L_{135\text{Hz}} = 1,4\text{mH}$$

Si può notare che dal punto di vista costruttivo, tanto più si vuole abbassare la frequenza di sbarramento, tanto più alta dovrà essere l'induttanza a bordo del banco, a parità di potenza capacitiva. Questo comporta la realizzazione di reattori più corposi e pesanti. Al diminuire di f_D , possiamo quindi affermare che il rifasatore è più costoso e "robusto", nella parte induttiva.

Infine, non bisogna dimenticare il fatto che in un sistema LC accordato, la tensione a cui risultano sottoposti i condensatori è più elevata di quella di rete, per effetto Ferranti. Questo porta alla necessità di utilizzare, nei rifasatori "sbarrati", condensatori in carta bimetallizzata "rinforzati" oppure condensatori in polipropilene con tensione nominale notevolmente più elevata della tensione nominale della rete. Tra l'altro, la sovravelevazione della tensione che insiste sui condensatori è inversamente proporzionale (non linearmente) alla frequenza di sbarramento.

Concludendo, nella scelta di un rifasatore "sbarrato" bisogna porre attenzione:

- alla frequenza di blocco: tanto più è bassa, tanto migliore è la qualità dei componenti a bordo.
- alla qualità dei condensatori con particolare attenzione alla tecnologia costruttiva (carta bimetallizzata/polipropilene) e, se della stessa tecnologia, alla loro tensione nominale che deve essere opportunamente più elevata di quella di rete per sopportare l'effetto Ferranti indotto dalle reattanze.

Tutte le soluzioni ICAR con induttanze di sbarramento sono realizzate con condensatori a tensione nominale abbondantemente superiore di quella di rete, per garantire maggiore robustezza; per quanto riguarda le reattanze, sono prodotte secondo precise specifiche ICAR.

L'offerta di apparecchiature automatiche per reti a 400V è la seguente:

- famiglie FH20 (accordo 180Hz) e FH30 (accordo 135Hz) realizzate con condensatori in polipropilene metallizzato ad alto gradiente a 550V
- famiglie FD25 (accordo 180Hz) e FD35 (accordo 135Hz) realizzate con condensatori in carta bimetallizzata rispettivamente a 460V e 550V.
- famiglia FD25V per impianti con tensione distorta

Il ruolo del modulo MCP

In un rifasatore detuned la funzione di blocco espletata dalle reattanze, come già accennato, è tanto più efficace quanto più la sua frequenza di accordo è inferiore a quella dell'armonica di impianto con rango inferiore (tipicamente è la 5a armonica, spesso accompagnata dalla 7a).

Quando $f_D \ll 250\text{Hz}$, i condensatori a bordo del rifasatore sono sicuramente protetti dalle armoniche presenti nella corrente di impianto. Vedasi la figura 2a qui sotto, dove sono state rappresentate anche la 5a e la 7a armonica.

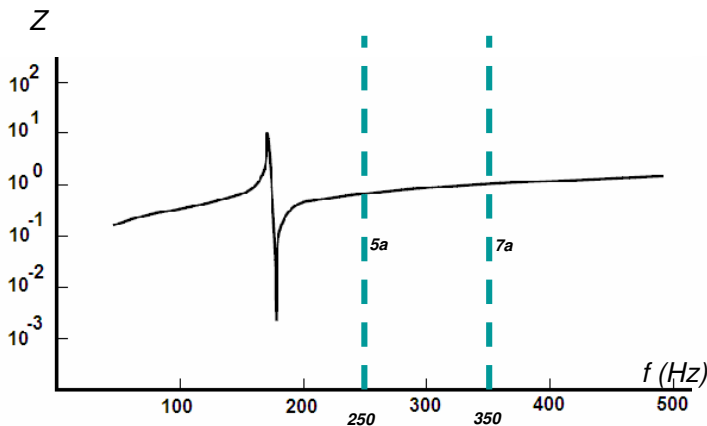


Fig 2a: andamento dell'impedenza di un rifasatore detuned accordato a 180Hz in piena efficienza

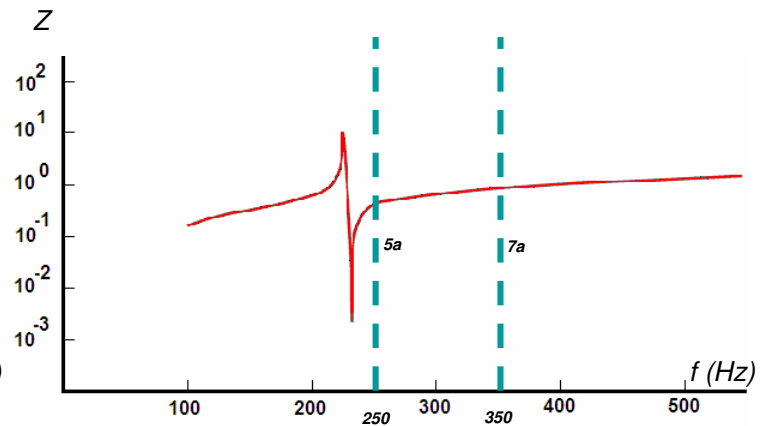


Fig 2b: andamento dell'impedenza quando i condensatori hanno perso capacità

Con il passare degli anni i condensatori perdono capacità: secondo la formula (1) precedentemente riportata, la frequenza di detuned f_D si alza di conseguenza, avvicinandosi a quella della 5a armonica. Quando il processo è in stato avanzato, la situazione può essere quella in figura 2b, dove f_D è ormai prossima a 250Hz; o addirittura si può avere $f_D > 250\text{Hz}$. In queste situazioni i condensatori a bordo del quadro detuned sono interessati da un'elevata corrente armonica, risultando a rischio di fuori servizio.

Per evitare questa situazione, la logica a bordo del rifasatore deve poter monitorare la quantità di armoniche che "entrano" nei condensatori. Tipicamente i regolatori di $\cos \phi$ misurano la tensione e da questa calcolano il contenuto armonico della corrente sui condensatori. Per un rifasatore di tipo detuned questo calcolo però non è preciso, perché il sistema LC di cui è composto è, dal punto di vista matematico, del 2° ordine: non c'è un rapporto lineare tra tensione e corrente. Per ovviare a questo, ICAR ha sempre usato nei suoi sistemi detuned afferenti alle famiglie MULTImatic il multimetro di protezione e controllo MCP.

Inizialmente era uno strumento dedicato, collegato a due TA "in Aron" posti internamente al quadro stesso. Per una migliore protezione e sicurezza di funzionamento, se il quadro era composto da più colonne, ognuna di queste era dotata di MCP e relativi TA.

Negli anni ICAR ha fatto evolvere i multimetri di protezione e controllo MCP, che nelle successive versioni si sono arricchiti di algoritmi sempre più performanti e funzionalità accessorie (ad esempio, il monitoraggio di due termosonde, introdotto a partire dalla versione MCP5).

In caso di misurazione di un contenuto armonico eccessivo nella corrente del rifasatore, il modulo MCP interveniva impedendo al regolatore di inserire le batterie a bordo: il quadro veniva messo così in sicurezza, avvisando l'operatore tramite messaggio visivo riportabile a distanza con contatto elettrico disponibile sul modulo stesso.

Fig 3: i più recenti moduli MCP "stand alone" e il nuovo modulo MCP5, integrabile nel regolatore RPC 8BGA via slot posteriore



MCP3



MCP4



MCP5

Il modulo MCP5: funzioni e peculiarità

Le potenzialità del nuovo regolatore RPC 8BGA hanno permesso di rivedere la logica e le funzioni del modulo MCP4. Innanzitutto, per una migliore gestione e comprensione da parte dell'utente, il modulo MCP5 è stato realizzato come espansione del regolatore stesso.

Tuttavia, la logica circuitale è la stessa, riportata qui nel seguito: ogni colonna dei quadri ICAR detuned MULTImatic viene dotata di TA asserviti al rispettivo modulo MCP5, montato a bordo del regolatore RPC 8BGA che equipaggia quella colonna (master o slave che sia).

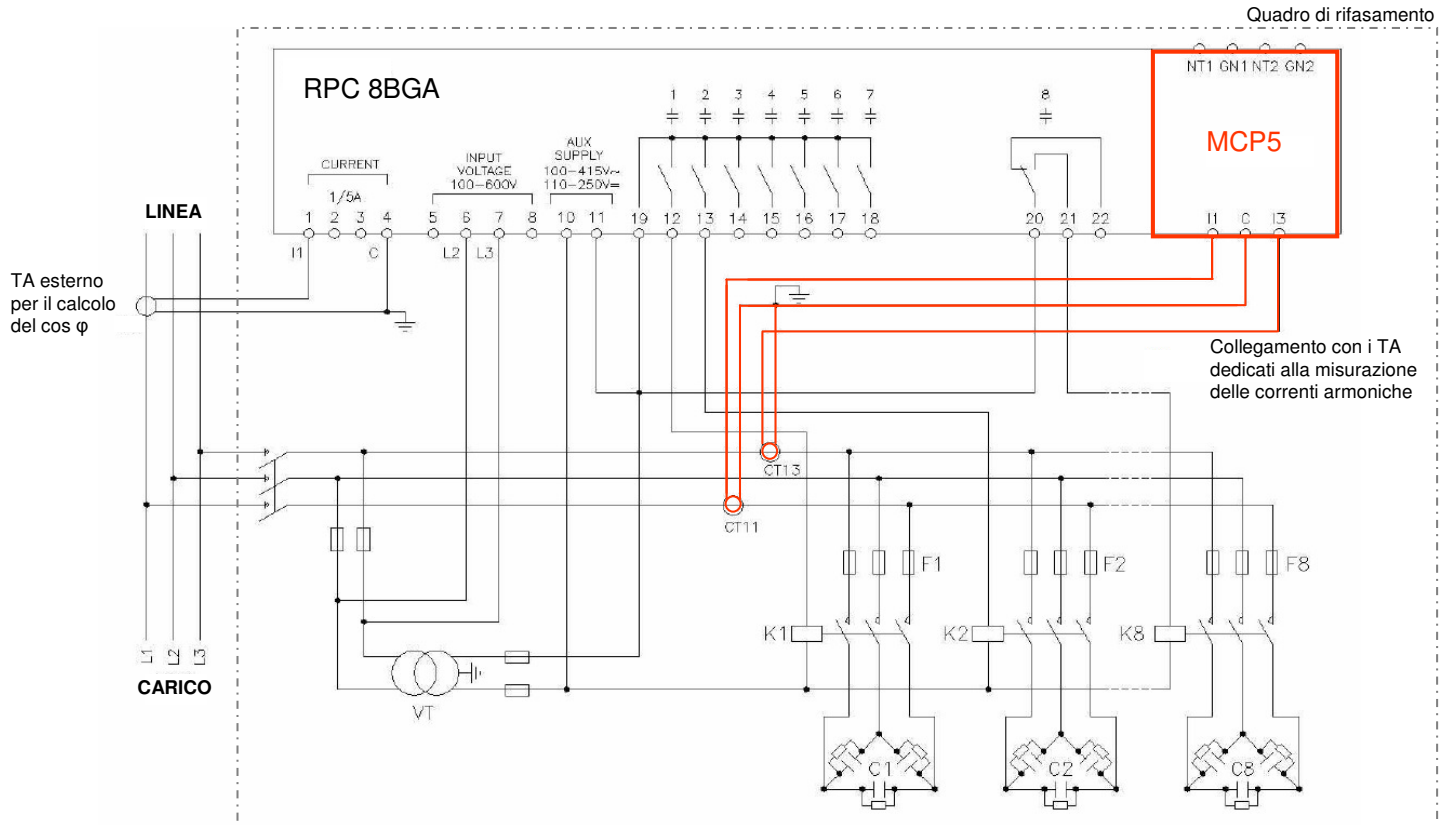


Fig 4: logica circuitale del modulo di protezione e controllo MCP5

Il modulo MCP5 permette di monitorare, direttamente sulle schermate del regolatore RPC 8BGA, le correnti armoniche che interessano i condensatori. Vengono tenute sotto controllo le singole armoniche, con la possibilità di impostare su ciascuna un livello di allarme ed un livello di intervento. Il modulo MCP5 permette inoltre di monitorare due ulteriori temperature, per evitare riscaldamenti eccessivi anche puntuali.

Se dovete acquistare un impianto di rifasamento detuned acquistatelo robusto, affidabile. E ben protetto.

DISTORSIONE PR. ARM.			
	L1	L2	L3
THD	6.1%	5.4%	6.3%
h5	5.1%	4.6%	4.9%
h7	3.0%	2.4%	3.7%
h11	1.4%	1.5%	1.2%
h13	0.8%	0.4%	0.2%
THD MAX	12%		

CORRENTI PR. ARM.		
L1	30%	77.2A
L2	34%	87.5A
L3	28%	72.0A

Fig 5: schermate del regolatore RPC 8BGA relative alle grandezze elettriche monitorate dal modulo di protezione e controllo MCP5