Il Giornale dell'Installatore Elettrico

Il rifasamento degli impianti elettrici

Antonino Condipodero
Giuliano Guido
Consulenti progettazione elettrica

Il rifasamento degli impianti elettrici viene realizzato quando il fattore di potenza raggiunge un valore tale da introdurre svantaggi economici e basso rendimento sia per il fornitore di energia sia per l'utente

Gli impianti elettrici funzionanti a corrente alternata assorbono dalla rete sia energia attiva sia energia reattiva. La potenza attiva compie un lavoro trasformandosi in altre forme di energia, come calore, illuminazione, movimento, mentre la potenza reattiva (induttiva) non si trasforma, ma è necessaria per l'eccitazione dei circuiti elettromagnetici di trasformatori, motori, reattori. L'energia reattiva non trasformandosi in altre energie compie uno spostamento ciclico a frequenza di rete, tra la centrale di produzione di energia (fornitore) e gli utilizzatori (utente). Ciò comporta un trasporto ozioso di corrente reattiva lungo le linee, introducendo maggiori perdite elettriche e limitando la trasmissione di una maggiore potenza attiva (figura 1). Inoltre la produzione di energia reattiva comporta, da parte del distributore, maggiori oneri legati al dimensionamento degli impianti di produzione, trasformazione e trasporto, oneri che sono

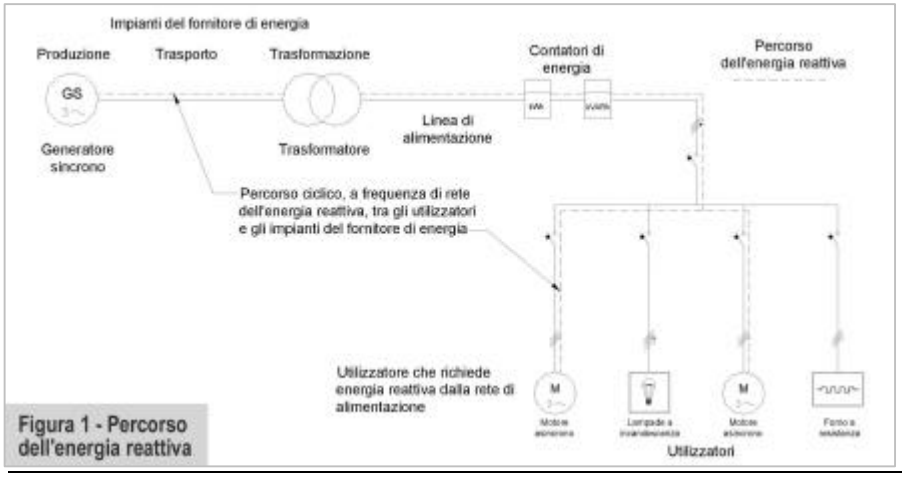


Figura 1 - Percorso dell'energia reattiva

Reed Business

addebitati all'utente che assorbe energia reattiva.
L'utente può ridurre la richiesta di energia reattiva dalla rete di alimentazione, rifasando in modo adeguato l'impianto; il rifasamento degli impianti è ottenuto installando in modo opportuno delle batterie di condensatori che assorbono una potenza reattiva capacitiva Qc, di segno opposta alla potenza reattiva induttiva Ql, in modo da portare lo sfasamento prossimo al valore unitario.
Rifasando l'impianto, la potenza reattiva induttiva richiesta dagli utilizzatori non è più generata dal fornitore di energia, ma è compensata nello stesso luogo dove è richiesta, tramite una potenza reattiva capacitiva uguale e di segno opposto alla potenza reattiva induttiva dell'impianto.
In questo modo lo spostamento ciclico di energia reattiva avviene tra la batteria dei condensatori e gli utilizzatori, senza richiesta di energia reattiva dalla linea (figura 2).

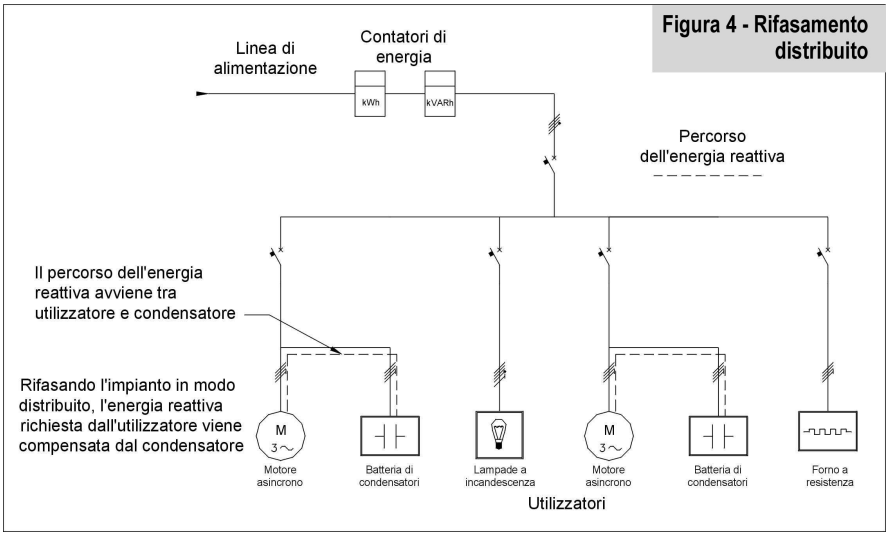


Figura 4 - Rifasamento distribuito

VANTAGGI DEL RIFASAMENTO

I vantaggi relativi ad un fattore di sfasamento prossimo ad uno sono:

1) nessuna penale sul consumo di energia reattiva da parte del fornitore di energia
2) il rifasamento in fase di progetto dell'impianto comporta una scelta della potenza apparente contrattuale minore rispetto all'impianto non rifasato,
3) scelta dei trasformatori MT/BT con potenza apparente minore, a parità di potenza attiva richiesta dall'impianto,
4) diminuzione della caduta di tensione sulle linee,
5) diminuzione delle perdite di energia attiva, per effetto Joule sui cavi,
6) in fase di progetto, diminuzione della sezione dei cavi e dei dispositivi di protezione,
7) prelievo di tutta l'energia attiva contrattuale,
8) ad impianto esistente, il rifasamento permette l'inserimento di nuovi utilizzatori, poiché si rende disponibile maggior potenza.

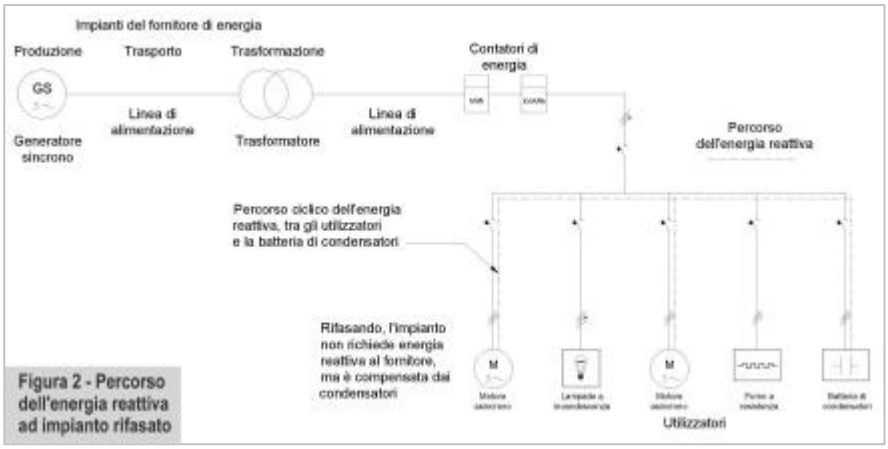


Figura 2 - Percorso dell'energia reattiva ad impianto rifasato

METODI DI RIFASAMENTO

Prima di scegliere la batteria di condensatori, è necessario individuare la giusta collocazione di questa

Il Giornale dell'Installatore Elettrico

LE POTENZE ELETTRICHE

Le potenze elettriche in gioco in una rete alimentata in corrente alternata sono:
- la potenza attiva P espressa in Watt [W]
- la potenza reattiva Q espressa in Volt Ampere Reattivi [VAR]
- la potenza apparente S espressa in Volt Ampere [VA]

La *potenza attiva P*, fornisce l'energia necessaria per la trasformazione dell'energia elettrica in altre forme di energia, come energia meccanica (movimento dei motori), energia termica (forni, stufe, boiler elettrici), energia luminosa (lampade).

Esempi di utilizzatori che assorbono solo potenza attiva, quindi con sfasamento unitario, sono: le lampade ad incandescenza, i forni a resistenza, le stufe, ecc. Il circuito elettrico di questi utilizzatori consistono di elementi passivi che attraversati da corrente, si riscaldano per effetto Joule. Questo tipo di utilizzatori non richiedono energia reattiva per il loro funzionamento, dato che non sono presenti circuiti magnetici.

La *potenza reattiva Q*, si distingue in potenza reattiva *induttiva Ql* e potenza reattiva *capacitiva Qc*. Quella induttiva, è richiesta dagli utilizzatori costituiti da circuiti elettromagnetici o avvolgimenti elettrici, come motori, trasformatori, reattori, mentre la potenza reattiva capacitiva è assorbita dai condensatori ed è di segno opposto a quella induttiva.

La *potenza apparente S*, è la somma vettoriale della potenza attiva e della potenza reattiva, tramite la potenza apparente si dimensionano le macchine per la produzione e la trasformazione dell'energia.

nell'impianto e tale scelta è fatta in base ad una serie di considerazioni tecnico – economiche. Si distinguono comunque i seguenti metodi di rifasamento:
- rifasamento distribuito,
- rifasamento parziale,
- rifasamento centralizzato a potenza costante,
- rifasamento centralizzato automatico,
- rifasamento misto.

Il rifasamento distribuito consiste nell'installare un condensatore di potenza adeguata in parallelo ad ogni utilizzatore che necessita di rifasamento, in linea di principio è la soluzione tecnicamente vantaggiosa.

Gli svantaggi sono:
- costo elevato dell'impianto di rifasamento, se gli utilizzatori rifasati con questo metodo lavorano poche ore al giorno.

Esempi di rifasamento singolo sono: le lampade a scarica nei gas, i trasformatori di una certa potenza, i motori asincroni di media potenza.

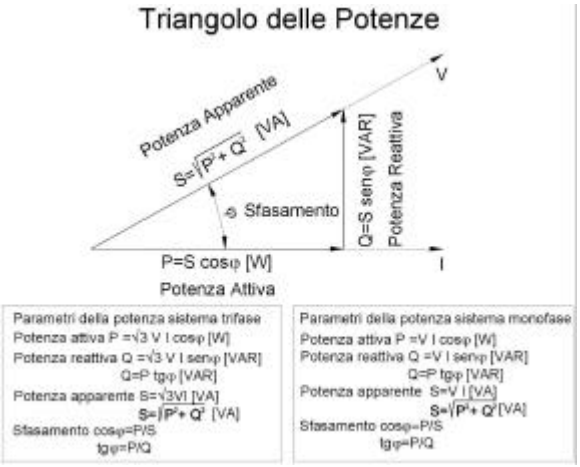
Il rifasamento parziale viene realizzato quando sono individuati gruppi di utilizzatori che presentano caratteristiche di funzionamento omogenee e che sono installati sotto lo stesso quadro, il rifasamento consiste nell'installare una batteria di condensatori nello stesso quadro da cui sono alimentati il gruppo di utilizzatori da rifasare. La batteria di condensatori è provvista di un proprio dispositivo di manovra e protezione ed avrà un potenza reattiva calcolata in base alla potenza assorbita dal gruppo, tenendo conto del fattore di contemporaneità e di utilizzazione.

Gli svantaggi:
- solo una parte delle linee dell'impianto trae vantaggio del rifasamento,
- se il gruppo di utilizzatori non è in funzione, si introduce una potenza reattiva capacitiva sulla linea del fornitore di energia, questo rischio si elimina installando batterie di condensatori a rifasamento automatico,
- la batteria dei condensatori necessita di un pro-

Il Giornale dell'Installatore Elettrico

FORMULE E CALCOLI

Generalmente le potenze sono visualizzate in forma grafica, tramite il triangolo delle potenze (figura 3).



La potenza attiva P può essere calcolata in diversi modi, tra cui P=S cos? oppure P=?3 V I cos?, dove S è la potenza apparente, V la tensione di esercizio, I la cor-rente assorbita e ? è lo sfasamento tra corrente I e tensione V.

La potenza reattiva Q è calcolata tramite Q= S sen?, Q=P tg?, oppure Q=?3 V I sen?.

La potenza apparente S è determinata con S=?3 V I oppure con

$$S ? \sqrt{P^2 ? Q^2}$$

Lo sfasamento ? è l'angolo che si crea tra la corrente e la tensione, oppure l'angolo tra la potenza attiva P e la potenza apparente S ed è calcolato utilizzando la formule trigonometriche cos? =P / S oppure tg? =Q / P, con relativa conversione in gradi.

Con sfasamento unitario, si intende che il cos? è uguale ad uno, cioè corrisponde ad un angolo pari a 0°, quindi la potenza attiva richiesta dall'utilizzatore coincide con la potenza apparente. Mentre se il cos? è compreso tra zero ed uno, l'utilizzatore richiede dalla linea potenza attiva e potenza reattiva.

prio dispositivo di protezione.

Il rifasamento centralizzato a potenza costante, consiste nell'installare un'unica batteria di condensatori a monte di tutto l'impianto, immediatamente a valle dei gruppi di misura. Questo tipo di rifasamento viene scelto, quando l'impianto ha un assorbimento di potenza e un fattore di sfasamento costante. La potenza della batteria dei condensatori viene stabilita in base alla media mensile della potenza reattiva assorbita dall'impianto. L'inserimento e il disinserimento della batteria avviene in modo manuale.

Gli svantaggi sono:

- il rifasamento non comporta alcun vantaggio sulle linee dell'impianto,
- le perdite per effetto Joule e le cadute di tensione non si riducono,
- anche in questo caso, se una parte degli utilizzatori non sono funzione, si introduce una potenza reattiva capacitiva sulla linea del fornitore di energia.

Il rifasamento centralizzato automatico, viene utilizzato quando la potenza reattiva richiesta dall'impianto è molto variabile. Questo tipo di rifasamento, consiste di un regolatore che istante per istante misura il fattore di sfasamento dell'impianto, ed in modo automatico inserisce o disinserisce diverse batterie di condensatori. La batteria di condensatori utilizzata è composta da tanti moduli di potenza reattiva la cui somma fornisce la potenza reattiva capacitiva calcolata nelle condizioni più gravose dell'impianto.

Adottando questo metodo lo sfasamento dell'impianto si adatta in modo continuo ed in modo automatico, al valore impostato. Gli svantaggi consistono in un costo maggiore dell'impianto di rifasamento rispetto ai precedenti.

Il Giornale dell'Installatore Elettrico

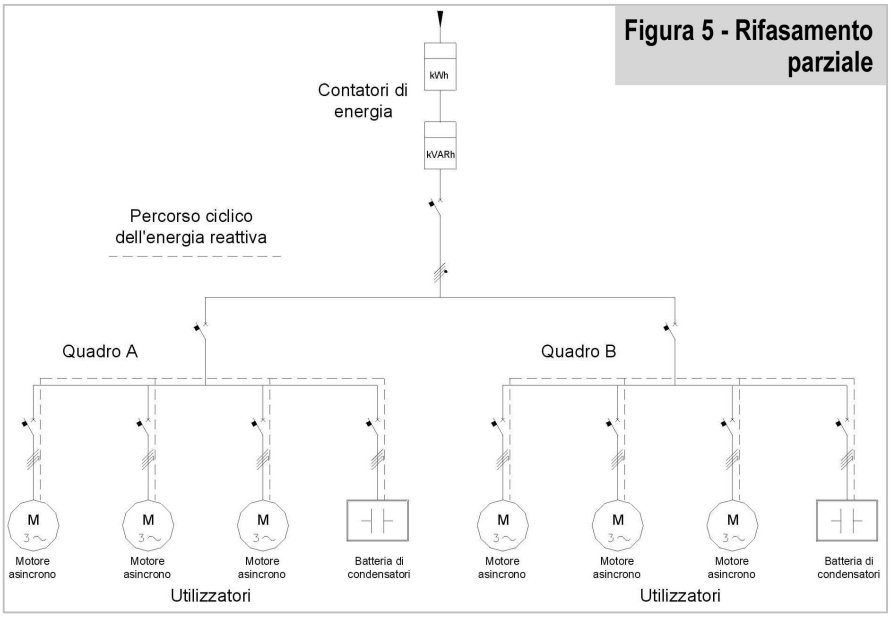


Figura 5 - Rifasamento parziale

Il rifasamento misto, consiste nel rifasare utilizzando tutti o parte dei metodi sopra descritti, ad esempio si possono rifasare una parte di utilizzatori di maggior potenza con il metodo del rifasamento distribuito, altri possono essere rifasati a gruppi e per i restanti utilizzatori si può installare a valle del gruppo di misura un sistema di rifasamento centralizzato automatico.

SCELTA DELLA POTENZA REATTIVA DI UN CONDENSATORE

Per determinare la giusta potenza reattiva Qc della batteria dei condensatori si ricorre alla formula:

Qc=P(tg? - tg? $_r$)

dove ? è l'angolo di sfasamento iniziale, e ?$_r$ è l'angolo di sfasamento che si vuole portare l'impianto dopo il rifasamento.

L'installazione di una batteria di condensatori, con una potenza reattiva capacitiva Qc, comporta la riduzione della potenza reattiva Q , della potenza apparente S, della corrente d'impiego Ib e dell'angolo di sfasamento ?, mentre la potenza attiva P rimane invariata. Vedi figura 8.

L'angolo di sfasamento iniziale può essere calcolato in fase di progetto dell'impianto, oppure tramite una misura di energia attiva e reattiva consumata dall'impianto nell'arco di tempo di un mese. Ciò permette di costruire ed analizzare il diagramma di carico, ottenendo in questo modo il fattore di sfasamento medio mensile. Oppure tramite la fattura del fornitore di energia, da cui se ne deducono i consumi di energia attiva kWh e di energia reattiva kVARh.

APPARECCHIATURE DI PROTEZIONE E DI MANOVRA

L'inserzione e la disinserzione dei carichi capacitivi, provoca un assorbimento di corrente superiore a quella nominale richiesta dalla batteria di condensatori, tale manovra può provocare sovracorrenti e sovratensioni che comportano, lo scatto intempestivo dei dispositivi di protezione, la distruzione del condensatore, il riscal-

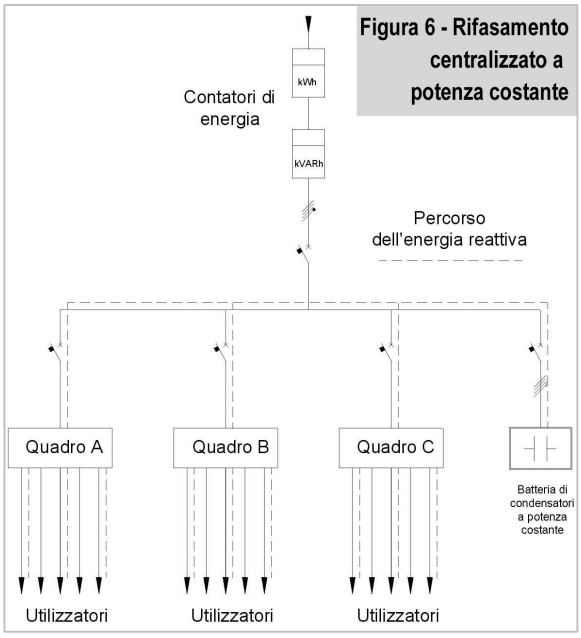


Figura 6 - Rifasamento centralizzato a potenza costante

Il Giornale dell'Installatore Elettrico

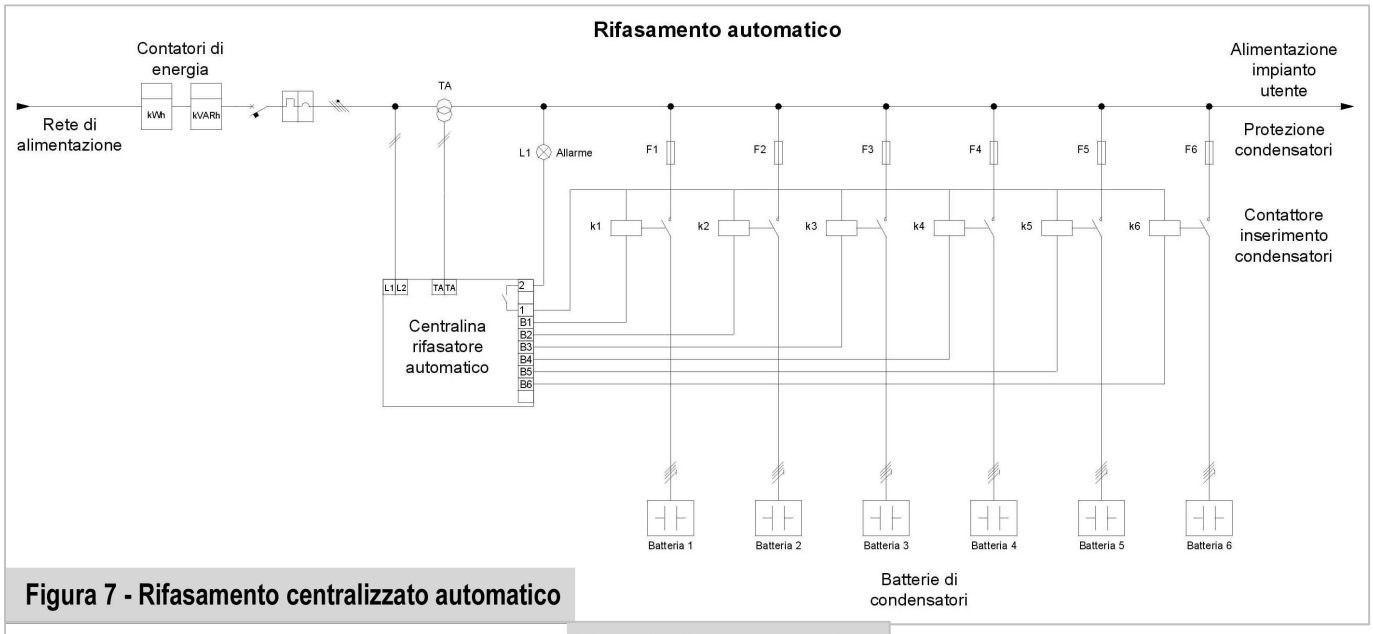


Figura 7 - Rifasamento centralizzato automatico

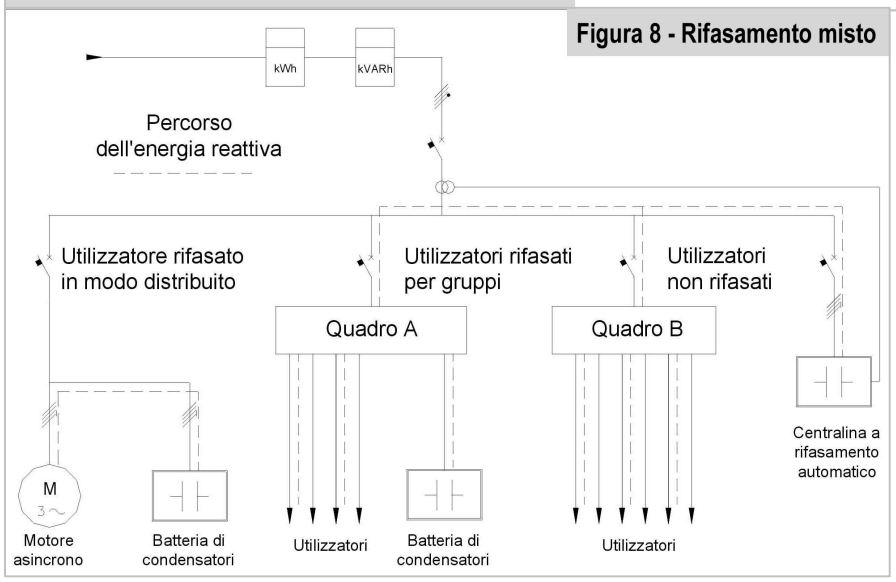
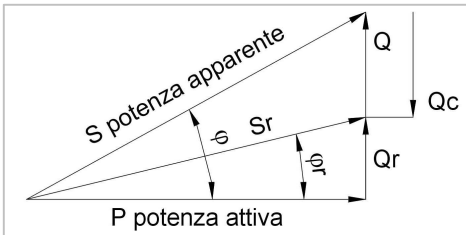


Figura 8 - Rifasamento misto

damento dei cavi di alimentazione.

La protezione della batteria dei condensatori può essere realizzata tramite fusibili o interruttori magnetotermici, la scelta della corrente nominale dei dispositivi di protezione va fatta in base alla corrente di assorbimento dei condensatori maggiorata di un valore che tiene conto dell'assorbimento all'atto dell'inserzione. La Norma CEI 33-1 (Condensatori), prescrive che la corrente nominale In dei fusibili che proteggono il condensatore, nei sistemi di prima categoria, deve essere 2,5 volte maggiore o uguale della corrente nominale dei condensatori Inc, mentre per gli interruttori magnetotermici, la corrente nominale In deve essere maggiore uguale a 1,45 volte la corrente Inc del condensatore.

Ulteriore prescrizione della Norma CEI 33-1 è l'obbligatorietà del circuito di scarica del condensatore dopo il sezionamento dalla linea, questo per attuare la protezione contro la permanenza di tensione dopo il sezionamento del condensatore. Il circuito di



Formula per il calcolo della batteria di condensatori

$$Qc = P\,(tg\varphi - tg\varphi r)\ [VAR]$$

Q potenza reattiva impianto
Qc potenza reattiva condensatore
Qr potenza reattiva impianto rifasato
φ angolo sfasamento impianto
φr angolo sfasamento ad impianto rifasato

Figura 9 - Triangolo delle potenze ad impianto rifasato

Il Giornale dell'Installatore Elettrico

SITUAZIONE TARIFFARIA

La società fornitrice di energia, oltre la tariffazione dell'energia attiva, esegue la tariffazione dell'energia reattiva, in base al provvedimento del CIP (Comitato Interministeriale Prezzi) n. 12/1984 e n. 22/1989, che ha stabilito le seguenti penali, per le utenze di I Categoria (impianti funzionanti a tensione compresa tra 50 V e 1000 V in alternata) con potenza impegnata maggiore di 15 kW.

Se l'energia reattiva mensile prelevata EQ [kVARh] è minore del 50% dell'energia attiva mensile EP [kWh], non c'è nessun addebito sulla fatturazione. Trasformato in fattore di potenza, corrisponde ad un cos? medio mensile maggiore o uguale a 0,894.

Se invece EQ> 50% EP ed EQ? 75% di EP, il cos? è compreso tra 0,894 e 0,8. In questo caso si ha un addebito sul costo del kVARh da parte del fornitore di energia.

Se invece EQ> 75% di EP, lo sfasamento medio è minore di 0,8, ed in questo caso il costo del kVARh è maggiore del precedente.

Infine, se EQ> 100% EP, cioè lo sfasamento medio mensile è minore di 0,7, il fornitore di energia può obbligare l'utente a rifasare l'impianto.

Il rifasamento dell'impianto deve essere realizzato secondo criteri di convenienza economica, mettendo a confronto il costo annuo dell'energia reattiva e il costo dell'impianto di rifasamento e il tempo di ammortizzamento della spesa.

scarica si realizza inserendo in parallelo al condensatore, una resistenza con valore tale, che dopo 5 secondi dal sezionamento, la tensione residua ai morsetti del condensatore non superi i 50 Volt. Generalmente il circuito di scarica è realizzato dal costruttore della batteria di condensatori.