



Romeo Bucchi (Romeo)

RIFASARE: QUANDO, COME, PERCHÉ

7 April 2007

Necessità del rifasamento

Il rifasamento degli impianti ha acquistato importanza poiché l'ente distributore dell'energia elettrica ha imposto clausole contrattuali attraverso i provvedimenti tariffari del CIP (n° 12/1984 e n° 26/1989) che, di fatto, obbligano l'utente a rifasare il proprio impianto, per una migliore e più economica utilizzazione dell'energia. In particolare per gli impianti in bassa tensione e con potenza impegnata maggiore di 15kW:

1. Quando il fattore di potenza medio mensile è inferiore a 0,7 l'utente è obbligato a rifasare l'impianto;
2. Quando il fattore di potenza medio mensile è compreso tra 0,7 e 0,9 non c'è l'obbligo di rifasare l'impianto ma l'utente paga una penale per l'energia reattiva;
3. Quando il fattore di potenza medio mensile è superiore a 0,9 non c'è l'obbligo di rifasare l'impianto e non si paga nessuna quota d'energia reattiva.

L'utente è quindi sollecitato a rifasare almeno fino ad un $\cos \varphi_m = 0,9$.

Potrebbe però avere convenienza ad un rifasamento anche maggiore per i benefici che ne derivano dalle minori perdite e cadute di tensione nel proprio impianto. Il rifasamento deve in ogni modo essere effettuato, secondo le vigenti normative, in modo che, in nessun caso, l'impianto dell'utente eroghi energia reattiva di tipo capacitivo alla rete.

Che cos'è?

Si definisce "rifasamento" qualsiasi provvedimento inteso ad aumentare (o come si dice comunemente a "migliorare") il fattore di potenza ($\cos \varphi$) di un dato carico, allo scopo di ridurre, a pari potenza attiva assorbita, il valore della corrente che circola nell'impianto. Esso si propone soprattutto lo scopo di diminuire le perdite d'energia e di diminuire le potenze apparenti cui proporzionare i macchinari e le linee.

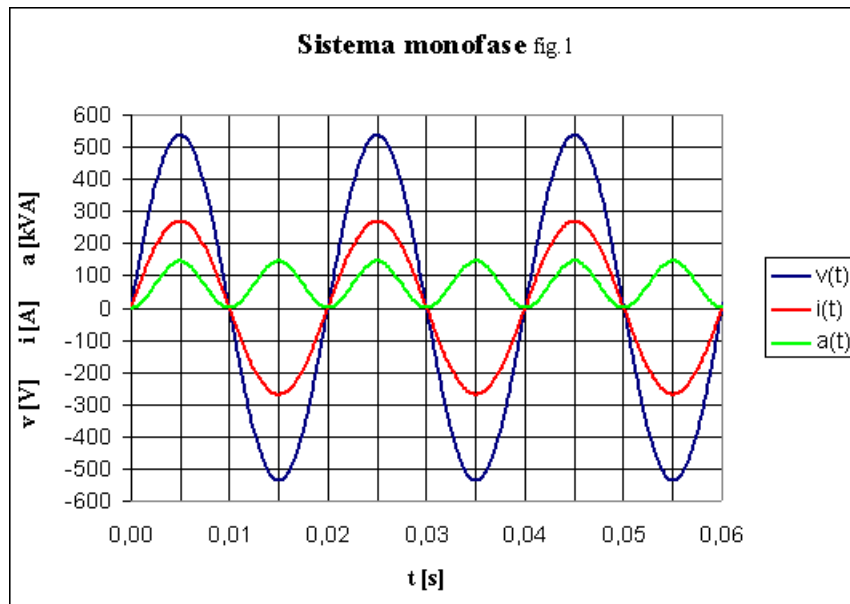
Il valore del fattore di potenza è legato a quello della potenza reattiva assorbita dal carico ed è definito dalla seguente relazione:

$$\cos \varphi = \cos \arctan \frac{Q}{P} \quad \tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

Dove Q e P sono rispettivamente la potenza reattiva e la potenza attiva assorbita dal carico e φ è l'angolo fra i vettori corrente e tensione di fase nel caso di sistema trifase equilibrato. Rifasare, ossia aumentare il $\cos \varphi$, significa diminuire l'angolo, cioè diminuire, fino eventualmente ad annullare, la potenza reattiva Q assorbita dal carico o che attraversa una determinata sezione della rete.

Quando la Q diviene nulla si ha $\cos \varphi = 1$ ($\varphi = 0$) ed il rifasamento è totale.

Vedi: sistema monofase fig.1.



- **v(t) = tensione istantanea**
- **i(t) = corrente istantanea**
- **a(t) = potenza apparente istantanea**

Il rifasamento presenta importanti vantaggi che derivano: dalla diminuzione della corrente totale a pari potenza attiva trasmessa; dalla diminuzione, fino all'annullamento, della componente in quadratura della corrente, sempre a pari potenza attiva trasmessa.

La diminuzione della corrente totale procura una riduzione delle perdite d'energia ed una riduzione delle potenze apparenti del macchinario in tutto il sistema elettrico a monte del rifasamento; assicura inoltre una maggiore capacità di trasporto per quelle linee in cui tale capacità è limitata dal regime termico. La diminuzione della componente in quadratura della corrente procura una riduzione delle cadute di

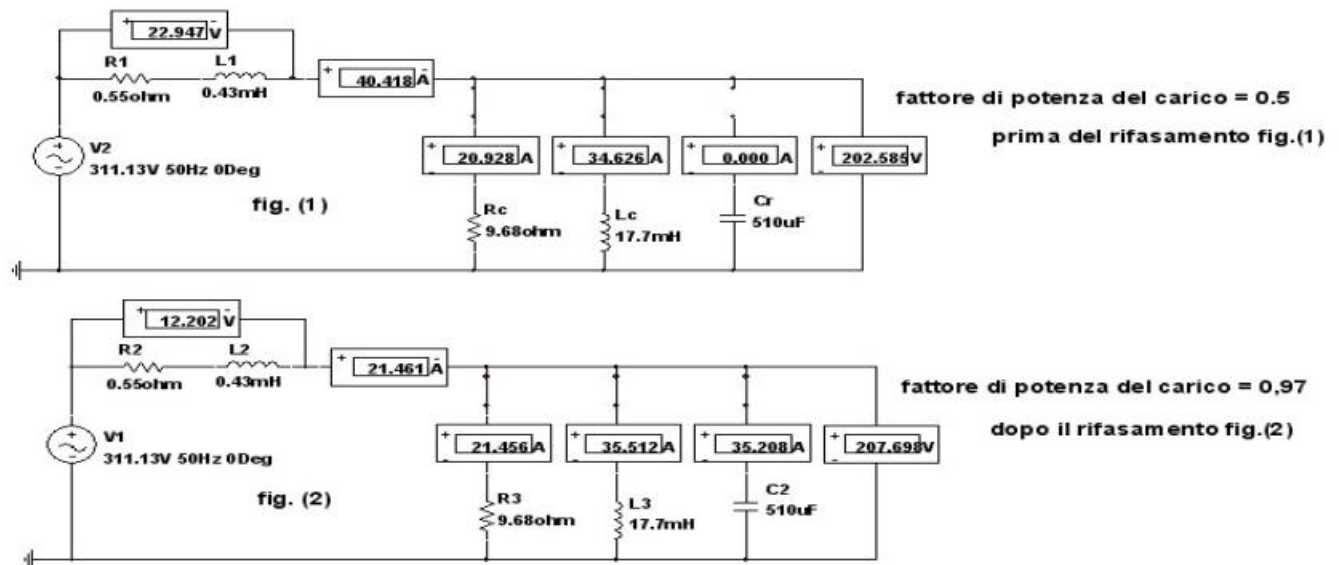
tensione negli elementi del sistema elettrico a monte che presentano impedenza prevalentemente induttiva (reattanza); ne consegue un miglioramento del servizio e un notevole aumento della capacità di trasporto per quelle linee per cui tale capacità è limitata dalla caduta di tensione.

Il vantaggio della riduzione delle perdite, che all'atto del rifasamento è proporzionale al quadrato del miglioramento del $\cos \varphi$, si riduce a mano a mano che si utilizza la maggior potenza apparente di macchinario resasi disponibile, fino a che, in definitiva, il guadagno di potenza apparente e la riduzione delle perdite sono entrambi semplicemente proporzionali alla variazione del $\cos \varphi$. Di seguito è analizzato un circuito in corrente alternata monofase della potenza apparente di **10 kVA** prima e dopo il rifasamento. Dall'analisi del valore della corrente di linea (prima e dopo il rifasamento) si può constatare che **il valore della corrente passa da 40,418 A a 21,461 A con una riduzione della corrente di linea di circa il 50%**. Il risultato così ottenuto serve a mettere in evidenza l'utilità del rifasamento

**SISTEMA DI ALIMENTAZIONE (MONOFASE) TENSIONE NOMINALE 220 V FREQUENZA 50 Hz
POTENZA APPARENTE NOMINALE DEL CARICO (10 kVA)**

$R1 = 0.55 \text{ ohm}$ (resistenza di linea)
 $L1 = 0.43 \text{ mH}$ (induttanza di linea)

$Rc = 9.68 \text{ ohm}$ (resistenza equivalente del carico)
 $Lc = 17.7 \text{ mH}$ (induttanza equivalente del carico)
 $Cr = 510 \text{ microF}$ (condensatore di rifasamento)



Modi

Per ridurre l'entità delle potenze reattive induttive che circolano sulle linee occorre produrre queste potenze il più vicino possibile ai luoghi dove sono assorbite.

I mezzi per produrre potenza induttiva sono sostanzialmente due:

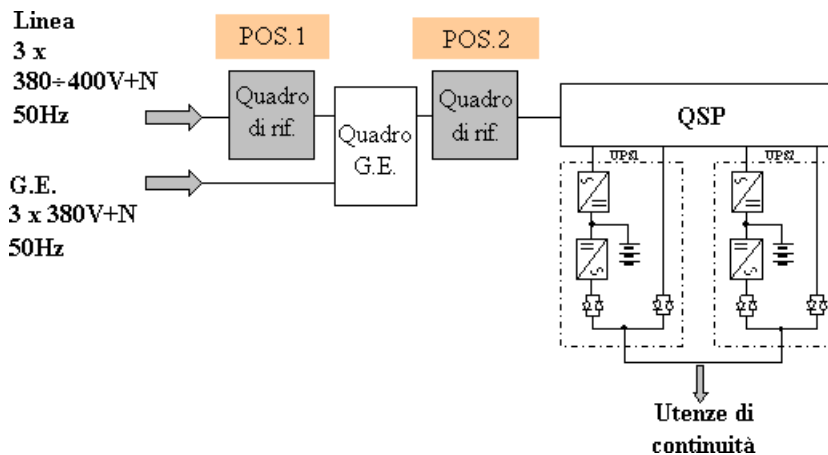
1. il motore sincrono rotante sovraeccitato;
2. il condensatore statico in derivazione.

Entrambi assorbono dalla rete una corrente sfasata di 90° in anticipo sulla tensione, corrente che può compensare in tutto o in parte la corrente sfasata di 90° in ritardo corrispondente alla potenza induttiva assorbita dalla rete dove sono installati i condensatori.

Il provvedimento più economico è quello di installare, in parallelo col carico da rifasare o nel punto desiderato della rete, dei condensatori statici d'appropriata capacità.

Distribuzione topografica dei quadri

Poiché i vantaggi del rifasamento si fanno sentire su tutta la rete a monte, è evidente la convenienza di un rifasamento il più capillare possibile, ossia la convenienza di installare i condensatori il più vicino possibile ai luoghi dove la potenza induttiva è assorbita, e quindi ai morsetti degli (UPS) e degli apparecchi utilizzatori. La figura che segue chiarisce la posizione in cui devono essere installati i quadri di rifasamento.



Il Quadro di Rifasamento può essere inserito in Posizione 1 o 2.

- A. (In posizione 1) - il rifasamento è attivato solo nei confronti della Linea d'alimentazione principale.
- B. (In posizione 2) - il rifasamento è attivato sia nei confronti della Linea d'alimentazione principale, sia nei confronti del Gruppo Elettrogeno.

Una corretta utilizzazione dell'energia elettrica.

Il problema del rifasamento degli impianti elettrici utilizzatori riguarda ogni tipo d'utenza anche se gli addebiti in fattura compaiono solo per le medie e grandi forniture cioè quando il gruppo di misura comprende il contatore d'energia reattiva; infatti il massimo sfruttamento della potenza impegnata, sia in termini contrattuali che d'ottimale utilizzazione delle condutture installate, si ha quando la potenza reattiva richiesta è la minima possibile.

In generale si crede che l'impianto di rifasamento e gli oneri che comporta servano solo ad eliminare un'esosa imposizione delle Aziende di distribuzione che ricorrono alle penalità previste per introitare somme maggiori di quelle normalmente dovute dall'utente, il che non è per niente vero perché l'Azienda non fa che rivalersi di un danno effettivo che l'utente provoca consumando male, e che costringe l'Azienda ad impiegare macchine di potenza molto maggiore di quelle sufficienti a sopperire alle effettive necessità degli impianti alimentati, e non consente la completa utilizzazione delle reti di distribuzione.

In effetti, le penalità imposte, fanno decidere nella maggior parte dei casi la messa in opera dell'impianto di rifasamento.

Tariffe elettriche in vigore.

Le tariffe elettriche attualmente in vigore prevedono l'addebito dell'energia reattiva in due diversi scaglioni:

- Sotto al 50% dell'energia attiva prelevata ($\cos \varphi_{mm} \geq 0,9$) nessun addebito
- Dal 50% al 75% dell'energia attiva prelevata ($0,8 < \cos \varphi_{mm} < 0,9$) un addebito al kvarh, pari a circa il **33% del prezzo di ciascun kWh**;
- Oltre il 75% dell'energia attiva prelevata ($\cos \varphi_{mm} < 0,8$) un addebito al kvarh, pari a circa il **58% del prezzo di ciascun kWh**.

$$\cos \varphi_{mm} = \text{fattore di potenza medio mensile}$$

Il rifasamento dei Gruppi Elettrogeni

Applicare apparecchiature di rifasamento in un impianto elettrico alimentato da un gruppo elettrogeno, potrebbe sembrare, a prima vista, un non senso, perché

generalmente si ritiene che la correzione del valore del fattore di potenza, sia necessaria soltanto per non sottostare alle penalità applicate dalle Aziende distributrici dell'energia, quando il valore medio mensile del fattore di potenza scende al di sotto di 0,9. Evidentemente, partendo da questo principio, e perché l'uso di un gruppo elettrogeno suppone un'autoproduzione d'energia elettrica, non sottoposta a fatturazione ed a penalità, l'impianto di rifasamento diverrebbe un'inutile appendice. Considerando però che l'applicazione dell'aggravio sulla fatturazione non rappresenta un esoso balzello, ma costituisce un equo risarcimento dovuto all'Ente distributore per il minor rendimento delle linee di trasporto e degli alternatori, provocato dall'assorbimento dell'utente con basso valore del fattore di potenza, ovvio che anche nell'impianto d'autoproduzione possano riscontrarsi le stesse necessità. Infatti se consideriamo non solo l'alternatore ma l'intero gruppo elettrogeno risulterà evidente che, a parità di potenza attiva immessa nell'impianto utilizzatore, il consumo di carburante nel motore, che mantiene in movimento l'alternatore, aumenterà in modo direttamente proporzionale al decadere del fattore di potenza, dovendo lo stesso provvedere, oltre alla generazione della potenza attiva, anche alla generazione della potenza reattiva o swattata. Se consideriamo il rendimento percentuale di un alternatore trifase, in funzione dell'andamento del valore del fattore di potenza possiamo affermare che a $3/4$ del carico massimo presenta i seguenti valori:

rendimento %	cosj	%del carico Max
95	1	75
85	0,5	75
65	0,25	75

Ritornando a considerare un gruppo elettrogeno e facendo riferimento a macchine prodotte secondo i migliori ritrovati della tecnica (gruppi motori diesel - alternatore) si può concludere che il rendimento di un alternatore che alimenta un impianto utilizzatore il quale supponiamo presenti un fattore di potenza ($\cos j = 0,5$), si aggira sull'85%, mentre con fattore di potenza ($\cos j = 1$) sale al 95%. Considerando perciò un consumo di carburante di 300 grammi per chilowattora a $\cos j = 0,5$, a $\cos j = 0,97$ il consumo sarà di 270 grammi, essendo passato il rendimento da 0,85 a 0,95.

$$\frac{85}{95} \cdot 300 = 270 \frac{g}{kWh}$$

Infatti:

Con un risparmio quindi del 10%.

Per calcolare la capacità dei condensatori di rifasamento si procede nel seguente modo:

- φ_1 = angolo di sfasamento rilevato nell'impianto funzionante;
- φ_2 = angolo di sfasamento a cui si vuol far funzionare l'impianto dopo il rifasamento;
- A = potenza apparente dell'impianto espressa in kVA
- P_t = potenza attiva (totale) dell'impianto espressa in kW;
- Q_t = potenza reattiva (totale) dell'impianto espressa in kvar;
- V_l = tensione nominale di linea;

dati i seguenti valori:

sistema trifase

- $A = 30$ kVA
- $P_t = 20$ kW
- $V_l = 380$ V
- $f_n = 50$ Hz

Per comodità di calcolo utilizzeremo i valori delle tangenti per i condensatori

$$Q_t = P_t (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Usando le tabelle si vede che in corrispondenza del valore di

$$\cos \varphi_1 = P_t/A = 0,666, \varphi_1 = \arccos 0,666 = 48,2^\circ ; \tan \varphi_1 = 1,120$$

$$\cos \varphi_2 = 0,97, \varphi_2 = \arccos 0,97 = 14^\circ ; \tan \varphi_2 = 0,251$$

quindi, applicando la formula data, avremo che la potenza della batteria di condensatori dovrà essere di:

$$Q_t = P_t (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

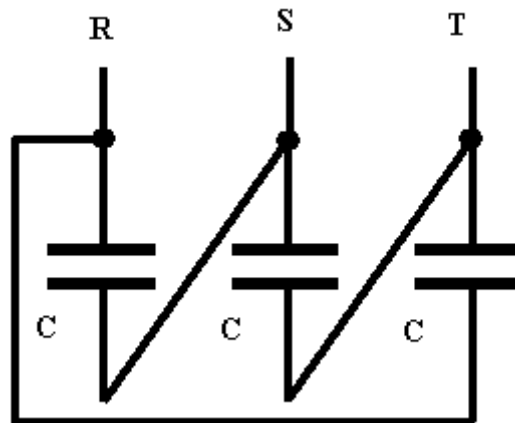
$$Q_t = 20 \cdot (1,120 - 0,251) = 20 \cdot 0,869 = \underline{17,38 \text{ kvar}}$$

Il risultato del calcolo ci dice che per riportare a $\cos \varphi = 0,97$ il fattore di potenza del carico, occorre inserire una batteria di condensatori che assorbano una potenza reattiva di 17,38 kvar (chilovoltamper-reattivi). La capacità della batteria può essere calcolata, per la tensione d'esercizio è di 380V, moltiplicando il numero dei kvar per 22 ossia $C_t = 17,38 \cdot 22 = 382 \text{ mF}$.

Dato che il sistema è trifase, la capacità d'ogni condensatore connesso a triangolo è uguale alla capacità della batteria di condensatori diviso tre.

$$C = \frac{C_t}{3} = \frac{382}{3} \cong 127 \mu F$$

Sistema trifase collegamento a triangolo dei condensatori



Risparmio mensile sul costo della bolletta.

Per avere un'idea dei costi medi mensili dell'energia elettrica prelevata dalla rete pubblica con un carico costituito da 30 KVA a $\cos j_{mm} = 0,666$ bisogna utilizzare la seguente formula:

$$Costo_{energia_reattiva_mensile} [€] = \frac{58}{100} \cdot tg \varphi \cdot Costo_{energia_attiva_mensile} [€]$$

Infatti:

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \frac{Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]}{KWh_{mensili_consumati}} \cdot Kvarh_{mensili_consumati}$$

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \frac{Kvarh_{mensili_consumati}}{KWh_{mensili_consumati}} \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \frac{A \cdot \sin \varphi \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30}{A \cdot \cos \varphi \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30} \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \frac{P \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30}{Q \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 30} \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \frac{P}{Q} \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot \tan \varphi \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

Pertanto se il fattore di potenza medio mensile è $\cos j_{mm} = 0,666$ a cui corrisponde un angolo di $48^{\circ}24'$ ed un valore corrispettivo della tangente ($\tan=1,12$). Avremo che il costo mensile dell'energia reattiva calcolato con la presente formula è pari a:

$$Costo_{energia_reattiva_mensile}[\text{€}] = \frac{58}{100} \cdot 1,12 \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}] \cong 65\% \cdot Costo_{energia_attiva_mensile}[\text{€}]$$

Dall'analisi del risultato si può senza dubbio asserire che introducendo il rifasamento il costo mensile della bolletta si ridurrebbe del 40%.

Facciamo un esempio per chiarire meglio quanto asserito:

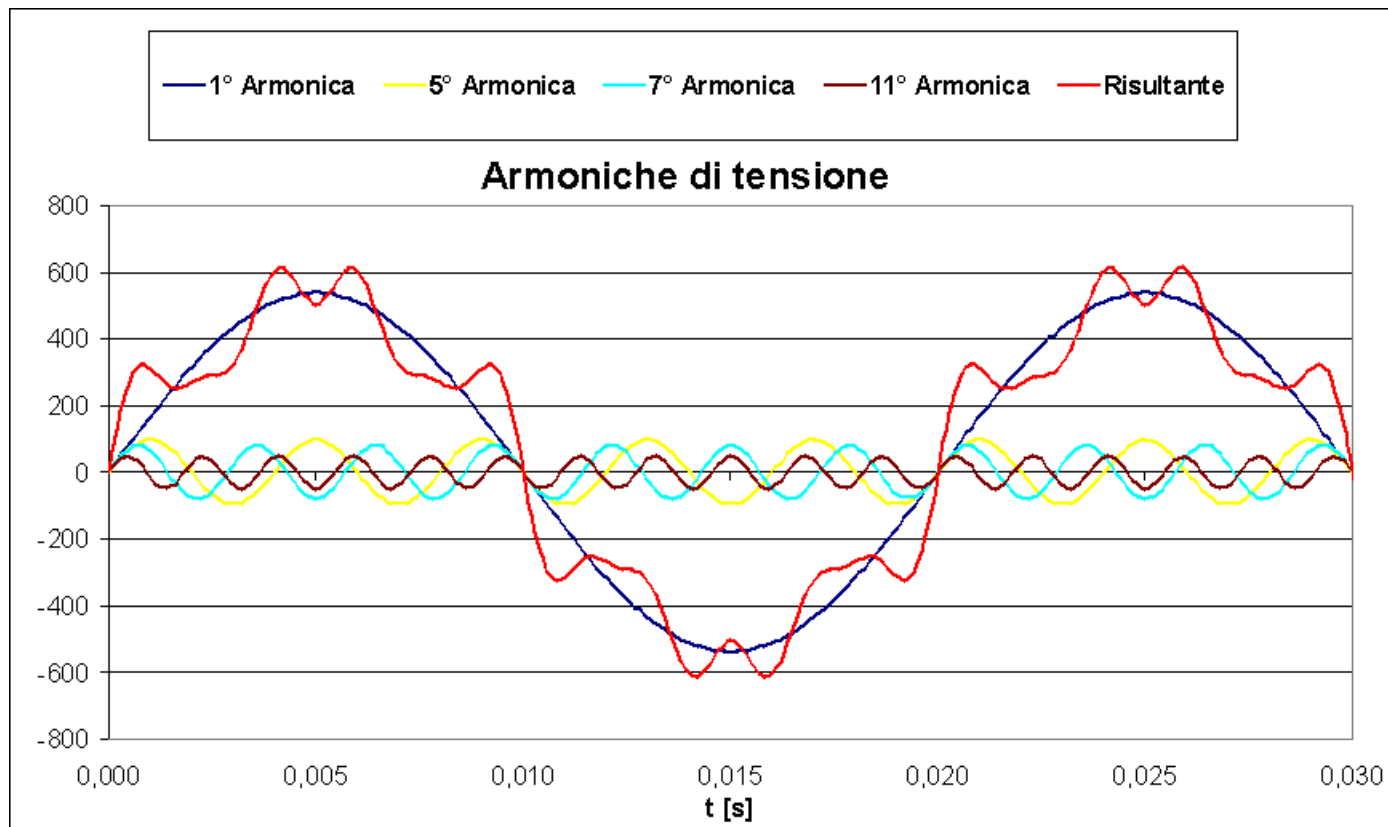
Se il costo al kWh, fosse di 0,17 €, un carico che assorbe 20kW a $\cos j = 0,666$, come nel nostro caso, in un mese, consumerebbe 14.400 kWh di potenza attiva, e 16.113 kvarh di potenza reattiva, pertanto la spesa totale, tenendo conto delle tariffe in vigore, sarebbe stata senza il rifasamento di 4.037 € mentre con il rifasamento, di 2.448 €. **L'introduzione del rifasamento, in un anno, consentirebbe un risparmio di spesa, di ben 19.068 € pari a circa 37 milioni di vecchie lire.**

Criteri di realizzazione dell'impianto

Realizzare in modo razionale l'impianto di rifasamento di un gruppo elettrogeno o di una rete di distribuzione significa adattare alle esigenze del carico il valore della potenza reattiva occorrente in modo che, in qualsiasi condizione di funzionamento, il valore del fattore di potenza si mantenga costantemente su quello prefissato. Quando il gruppo elettrogeno si trova ad alimentare gruppi di continuità (UPS), bisogna fare molta attenzione perché sono carichi distorti. Gli (UPS) non assorbono

correnti sinusoidali ma distorte e questo determina una retroazione sulla rete d'alimentazione; questi si comportano come dei veri e propri generatori di correnti armoniche; normalmente sono presenti la 5° armonica pari a **250** Hz, la 7°armonica pari a **350** Hz e la **11°** armonica pari a **550** Hz d'ampiezza e fase differenti. Dette armoniche si sovrappongono alla fondamentale deformando sia l'onda di corrente sia l'onda di tensione. Alla presenza d'armoniche, la capacità "C" del condensatore e l'induttanza "L" del complesso trasformatore-linea può dar luogo a fenomeni di risonanza parallelo con conseguenti sovratensioni e sovracorrenti che danneggiano sia l'impianto sia i condensatori. Per ovviare a quest'inconveniente si ricorre all'impiego d'induttanze in serie ai gruppi rifasatori.

Di seguito, com'esempio, è rappresentata una tensione sinusoidale, contenente armoniche di 5°, 7°, 11° ordine; in cui le armoniche sono in fase con la fondamentale.



Contenimento delle armoniche

La scelta operata dalle Ferrovie e dalla ditta ECM di Pistoia, di utilizzare un determinato collegamento per il trasformatore dei gruppi carica, ha fatto sì che il

contenuto delle armoniche generato dalle centraline statiche utilizzate negli impianti di sicurezza e segnalamento fosse enormemente ridotto. La scelta, che risale agli anni ottanta, consistente nell'uso di un trasformatore trifase (triangolo - triangolo). Dal punto di vista del funzionamento si può affermare che tale collegamento presenta alcuni vantaggi, tra i quali citiamo la possibilità di libera circolazione della corrente di terza armonica all'interno del trasformatore, senza che questa possa scorrere sulla linea d'alimentazione del trasformatore. In questo tipo di collegamento cioè (triangolo-triangolo) le tensioni di linea primarie sono direttamente applicate alle fasi primarie del trasformatore e direttamente si trasformano nelle corrispondenti tensioni di linea secondarie: queste pertanto, si conservano eguali e simmetriche qualunque sia lo squilibrio del carico. Questo tipo di collegamento inoltre permette di mantenere invariate le tre tensioni secondarie anche se viene a mancare o s'interrompe un lato del triangolo (consentendo di caricare le batterie d'accumulatori anche in mancanza di una fase della tensione d'alimentazione).

Scelta dei condensatori

Per una scelta del tipo di condensatore è importante consultare i cataloghi dei costruttori che forniscono una serie d'informazioni utili a realizzare un rifasamento affidabile. In generale bisogna tenere presente che la potenza reattiva in kvar di un condensatore corrisponde a quella di targa se alimentato con la propria tensione nominale " U_n "; in caso di sottoalimentazione la potenza si riduce con il quadrato della tensione. Es. condensatore da 10 kvar a 450 V se alimentato con rete a 400 V la potenza resa Q_r diventa:

$$Q_r = Q_n \cdot \left(\frac{U_{effettiva}}{U_{nominale}} \right)^2 = 10 \cdot \left(\frac{400}{450} \right)^2 = 7,9 \text{ kvar}$$

Nella quale:

- Q_r = potenza reattiva resa dal condensatore espressa in kvar;
- Q_n = potenza reattiva nominale del condensatore espressa in kvar;
- V_l = tensione di linea;
- f_n = frequenza nominale espressa in Hz.

Il sovradimensionamento in tensione consente l'impiego dei condensatori anche in impianti con basso contenuto armonico. È importante tenere in considerazione le massime temperature d'impiego poiché da queste dipende la vita del condensatore. Per questo componente i fenomeni più importanti da considerare riguardano la presenza d'armoniche. Per esaminare il problema conviene ricordare che per ogni componente armonica tra corrente e tensione vale la seguente relazione:

$$I_n = n \cdot \omega \cdot C \cdot U_n$$

dove:

- **I_n** = corrente efficace corrispondente all'armonica n-esima;
- **n** = ordine dell'armonica;
- **ω** = pulsazione della fondamentale;
- **C** = capacità del condensatore;
- **U_n** = tensione dell'armonica n-esima.

La relazione scritta evidenzia che il rapporto U_n/I_n non è costante al variare di n e quindi in presenza d'armoniche di tensione, la corrente assorbita dal condensatore risulta più fortemente deformata.

Il suo valore efficace risulta:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots I_n^2}$$

che può risultare notevolmente più elevato di quella che si avrebbe con onda sinusoidale. E' opportuno quindi in presenza d'armoniche, installare condensatori che sopportano almeno una corrente pari a 1,5 volte quella corrispondente all'onda di tensione sinusoidale.

Sovraccarichi di corrente sui condensatori

I sovraccarichi di corrente possono essere causati o da un'eccessiva tensione alla frequenza fondamentale, o dalle armoniche o da entrambe le cause. Le principali sorgenti di armoniche sono i raddrizzatori, le apparecchiature dell'elettronica di potenza e i trasformatori a nucleo saturo. Se l'aumento di tensione, nei periodi di basso carico, viene esaltato dai condensatori, la saturazione dei nuclei dei condensatori può essere considerevole. In questo caso vengono prodotte armoniche di ampiezza anomala, una delle quali può essere amplificata per effetto della risonanza tra il trasformatore e il condensatore. Questa è un'ulteriore ragione per raccomandare la disinserzione dei condensatori nei momenti di basso carico.

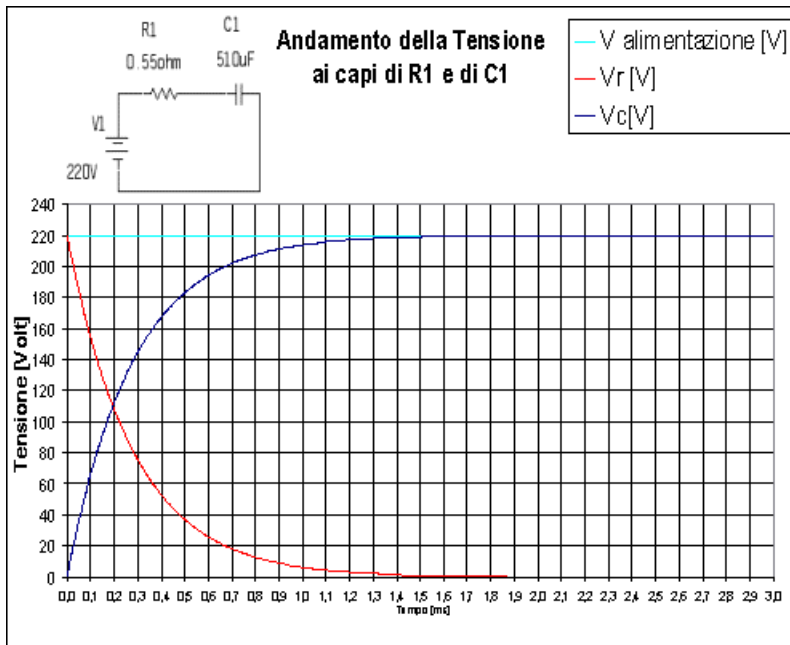
Può essere necessario prendere una dei seguenti provvedimenti:

1. Lo spostamento di alcuni o di tutti i condensatori in altri punti dell'impianto;
2. il collegamento di un reattore in serie col condensatore, per ridurre la frequenza di risonanza del circuito ad un valore inferiore a quello della frequenza dell'armonica perturbatrice;

3. l'aumento del valore di capacità quando il condensatore viene collegato vicino a semiconduttori di potenza.

Quando i condensatori vengono inseriti nella rete si possono verificare sovratensioni transitorie di elevata ampiezza e frequenza. Tali transitori devono, in particolare, essere previsti quando una sezione di una batteria di condensatori viene inserita in parallelo ad altre sezioni già energizzate.

Di seguito viene evidenziato, a titolo di esempio, il grafico della carica di un condensatore in corrente continua.



Dall'analisi del grafico è facile constatare che, il valore della corrente di carica istantanea del condensatore nel momento dell'inserimento sulla sorgente di alimentazione, è molto elevato ($I_v = U/R_1 = 220/0.55 = 400A$). In corrente alternata, per limitare le sovracorrenti transitorie a valori accettabili per il condensatore e per l'impianto, basta inserire in serie ai condensatori un resistore (resistenza di inserzione) o introducendo reattori nel circuito di alimentazione di ciascuna sezione di batteria di condensatori.

Norme di riferimento per la costruzione delle unità di rifasamento degli impianti ferroviari

Le unità di rifasamento devono essere conformi alle seguenti norme:

- **CEI EN 60831-1** Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti d'energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1000 V.
- Parte 1: Generalità - Prestazioni, prove e valori nominali - Prescrizioni di sicurezza - Guida per l'installazione e l'esercizio.
- **CEI EN 60831-2** Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti d'energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1000 V.
- Parte 2: Prova d'ivecchiamento, prova d'autorigenerazione e prova di distruzione
- **CEI EN 60439 -1**Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- Parte 1: Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS)
- **CEI EN 61010 -1**Prescrizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, controllo e per utilizzo in laboratorio.

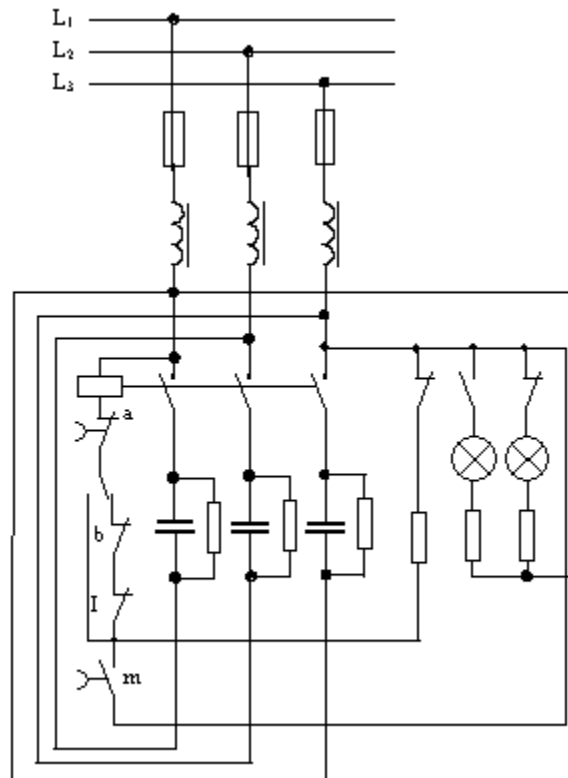
Parte 1: Prescrizioni generali

Scelta della tensione nominale.

La tensione nominale del condensatore deve essere almeno uguale alla tensione di esercizio della rete a cui il condensatore deve essere collegato, tenendo conto dell'influenza del condensatore stesso. In alcune reti può esistere una considerevole differenza tra la tensione nominale e quella di esercizio. Ciò è importante per i condensatori poichè le loro prestazioni e la loro durata possono essere negativamente influenzate da un eccessivo aumento di tensione applicata al dielettrico del condensatore. Quando elementi di circuito sono inseriti in serie con il condensatore, per ridurre gli effetti delle armoniche ecc., il conseguente aumento della tensione, ai terminali del condensatore rispetto alla tensione di esercizio della rete, richiede un corrispondente aumento della tensione nominale del condensatore. Quando si determina la tensione che si prevede tra i terminali del condensatore, è necessario tenere conto delle considerazioni che seguono:

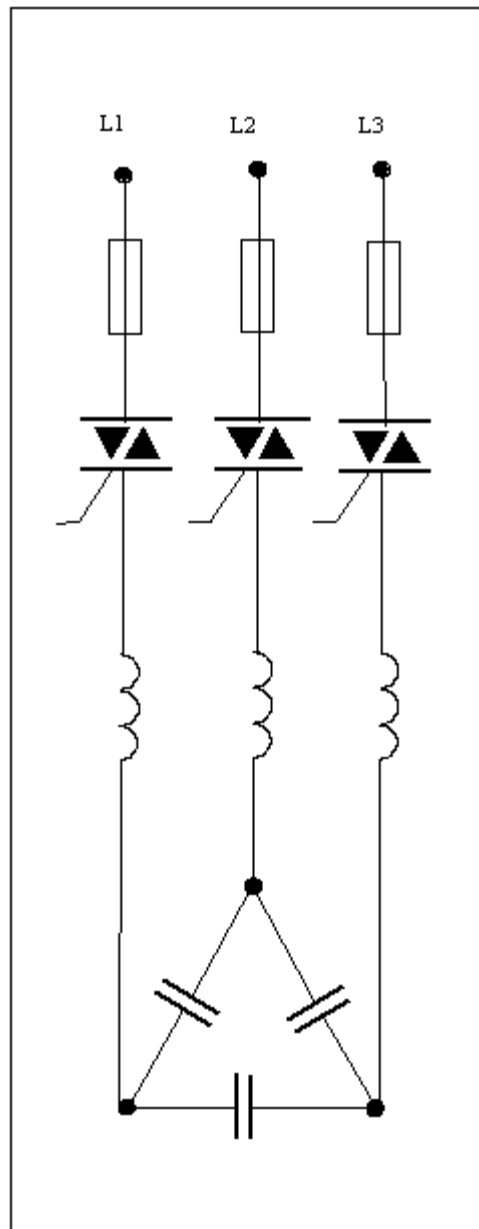
1. I condensatori statici di rifasamento possono causare un aumento di tensione dal punto di alimentazione fino al punto in cui sono installati; tale aumento di tensione può essere ancora più elevato a causa della presenza di armoniche. Pertanto i condensatori possono essere soggetti ad un valore di tensione più alto di quello misurato prima che i condensatori fossero collegati.
2. La tensione nominale del condensatore può essere particolarmente alta in condizioni di basso carico; in tali casi alcuni o tutti i condensatori devono essere esclusi dal circuito per evitare la sovrasollecitazione dei condensatori ed un eccessivo aumento della tensione di rete.

Disegno dispositivo inserimento condensatori di rifasamento sulle centraline statiche da (1,5kVA, 9kVA)



- a= (arresto)
- b= (batteria inserita)
- I = (interruttori chiusi)
- m= (marcia)

Sistemi di connessione per ridurre il picco di corrente



Quadri ad inseguimento dinamico per carichi non lineari

Queste apparecchiature hanno il compito di rifasare i carichi non lineari costituiti dai Convertitori Statici di Continuità. I moduli raddrizzatori facenti parte delle sezioni d'ingresso dei Convertitori Statici possiedono la caratteristica di mantenere costante i parametri d'erogazione lato continua compensando le variazioni di rete e di carico mediante la regolazione del ritardo di fase. Si possono in tal modo avere situazioni limite in cui, per basse correnti erogate e tensioni d'alimentazione elevate, il fattore di potenza d'alimentazione può scendere a valori dell'ordine di 0,6, 0,65. E' comunque vero che a valori del fattore di potenza particolarmente bassi corrispondono potenze d'utilizzo del raddrizzatore piccole rispetto la potenza di targa ed al contrario, per

potenze erogate nominali, il fattore di potenza sale mediamente a valori dell'ordine di 0,75, 0,8. Appare quindi evidente come possa risultare difficile il fissare un unico valore del fattore di potenza valido per tutto l'ampio campo d'utilizzo del Convertitore sia a fronte dell'escursioni di carico, sia per le variazioni della rete d'alimentazione. L'unico approccio possibile risulta quindi impiegare un metodo di rifasamento auto-adattante ovvero ad inseguimento dinamico.

L'ECM ha costruito per tale scopo una serie, suddivisa in sei taglie, di rifasatori ad inseguimento dinamico (SRD-ST001840) atti ad accoppiarsi alle sue Centraline statiche di Continuità da 3 a 300 kVA. Con l'installazione di questi Armadi di Rifasamento è assicurato un fattore di potenza medio dell'energia prelevata da rete, non inferiore a 0.9 in qualsiasi condizione d'erogazione da parte dei convertitori statici. Parallelamente all'azione rifasatrice, queste apparecchiature agiscono sulle correnti delle principali armoniche introdotte dalle sezioni Raddrizzatore delle Centraline Statiche e ne impediscono la circolazione nella rete d'alimentazione.

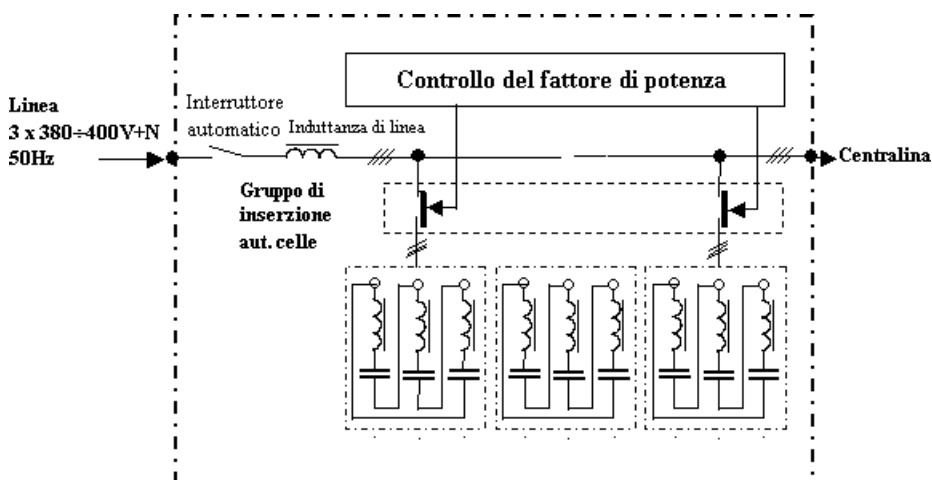
Sintesi delle caratteristiche elettriche dei quadri

Norme di riferimento:

- **CEI 33-9** Condensatori statici di rifasamento di tipo autorigenerabile per impianti d'energia a corrente alternata con tensione nominale inferiore o uguale a 1000 V.
- **CEI 17-13** Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (Quadri BT).
- **CEI 17-5** Apparecchiature a bassa tensione – Interruttori automatici
- **CEI EN 61000-6-2** Compatibilità elettromagnetica- Norme generiche Immunità per gli ambienti industriali.
- **CEI EN 61000-6-4** Compatibilità elettromagnetica- Norme generiche Emissioni per gli ambienti industriali.

Rifasatore ad Inseguimento Dinamico

Schema di principio

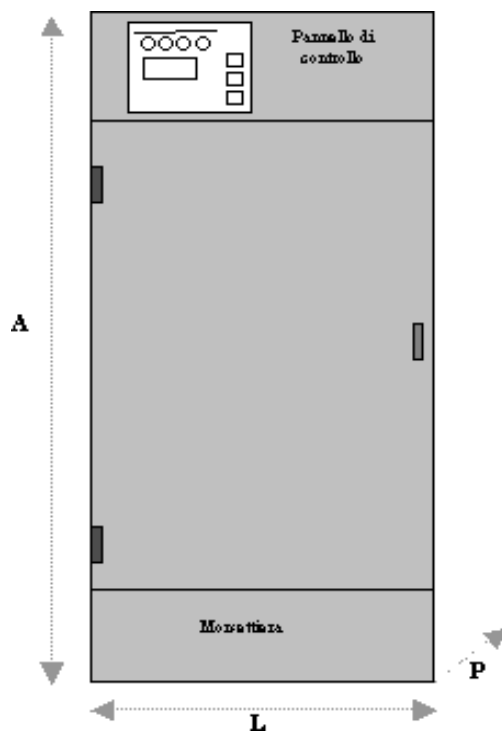


Rifasamento ad inseguimento dinamico: Schema di principio

I Quadri di Rifasamento sono costruiti nelle seguenti taglie:

Tipo	Cod. ECM	Cat. FS	Pot. Centralina kVA	Mobile Tipo
SRD 3.5	FS..5680	-- / --	3 , 5	A
SRD 10.15	FS..5681	-- / --	10 , 15	B
SRD 20.40	FS..5682	-- / --	20 , 40	C
SRD 50.75	FS..5683	-- / --	50 , 75	D
SRD 100.140	FS..5684	-- / --	100 , 140	E
SRD 225.300	FS..5685	-- / --	225 , 300	F

Ogni quadro è provvisto di un pannello di controllo e comando, gestito da microprocessore, attraverso il quale è possibile predisporre i parametri d'intervento e verificare le misure delle grandezze elettriche quali tensioni, correnti e fattore di potenza.

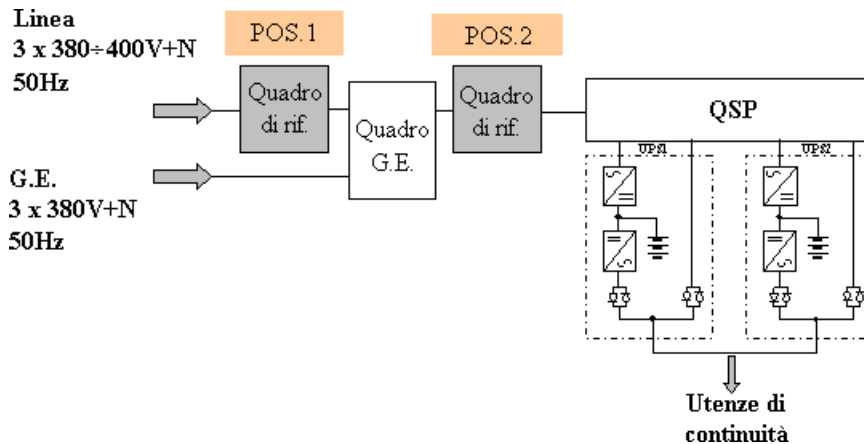


Le dimensioni dei Quadri sono perfettamente armonizzate con quelle delle Centraline cui vanno accoppiati.

Tipo	Altezza (A)	Larg. (L)	Prof. (P)
A	1600	600	700
B	1600	600	700
C	1600	700	700
D	1800	900	900
E	1800	1200	950
F	2100	1500	1000

Sistema d'Alimentazione di Continuità ridondato

Schema di principio per l'inserimento di un Quadro di rifasamento



Il Quadro di Rifasamento può essere inserito in Posizione 1 o 2.

- (In posizione 1) - il rifasamento è attivato solo nei confronti della Linea d'alimentazione principale.
- (In posizione 2) - il rifasamento è attivato sia nei confronti della Linea d'alimentazione principale, sia nei confronti del Gruppo Elettrogeno.