

IL RIFASAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Sul costo dell'Energia elettrica incide notevolmente la penalità per basso Fattore di Potenza ($\cos \varphi$), applicata nei contratti di fornitura: principalmente da questo, ma anche da altri importanti fattori, nasce la necessità di rifasare gli impianti. Il Rifasamento è una tecnica che, migliorando il Fattore di Potenza delle macchine elettriche, consente di utilizzare razionalmente l'energia, realizzando importanti risparmi economici e rilevanti miglioramenti tecnici. I vantaggi economici sono tanto più consistenti quanto maggiore è il fabbisogno di energia elettrica.

IL BASSO FATTORE DI POTENZA

Il Fattore di Potenza coinvolge il rapporto tra due tipi di Potenza: la Potenza Attiva e la Potenza Reattiva.

La maggior parte dei carichi, negli attuali sistemi elettrici di distribuzione, sono *Induttivi*: ciò significa che, per funzionare, richiedono un campo elettromagnetico e l'assorbimento dalla Rete di due tipi di Potenza:

- **Potenza Attiva** che realizza il lavoro della macchina, il calore, la forza, il movimento, ecc.
- **Potenza Reattiva** che produce soltanto il campo elettromagnetico necessario alla macchina elettrica per funzionare.

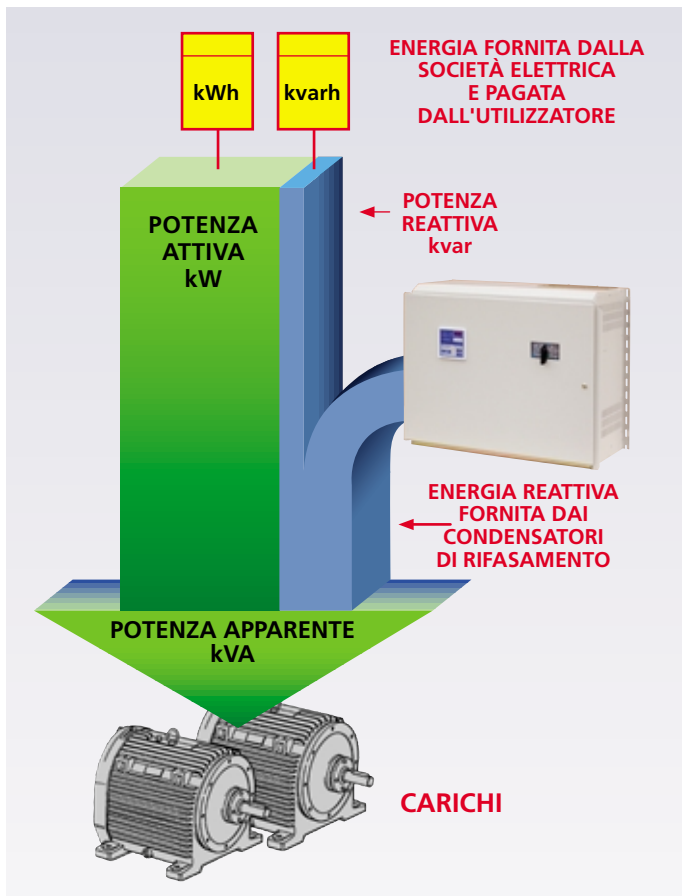
La Potenza Attiva si misura in **kW** mentre la Potenza Reattiva si misura in **kvar** (kilovolt-ampère-reattivi).

La *Potenza Attiva* e la *Potenza Reattiva* assieme compongono la *Potenza Apparente*, che si misura in **kVA**.

Il Fattore di potenza, che si indica anche come $\cos \varphi$, è il rapporto tra la Potenza Attiva e la Potenza Apparente riferita alla fondamentale; tale rapporto può variare tra 0 ed 1.

$$\cos \varphi = \frac{\text{Potenza attiva (kW)}}{\text{Potenza apparente (kVA)}}$$

La figura seguente mostra la suddivisione delle potenze.



Nel caso di carichi Induttivi si verifica uno spostamento di Fase tra la tensione e la corrente: precisamente la corrente è in **ritardo** sulla tensione, raggiungendo il suo massimo ed il suo zero *più tardi* rispetto alla tensione.

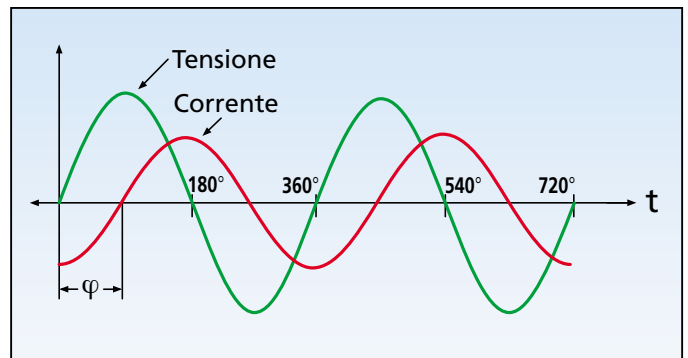


Fig. A - Carico Induttivo: corrente in ritardo

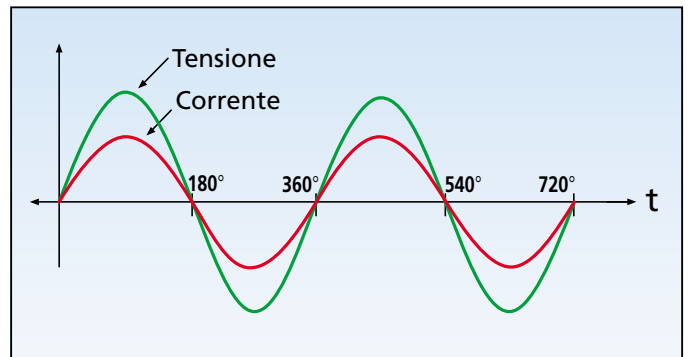


Fig. B - Carico Resistivo: corrente in fase

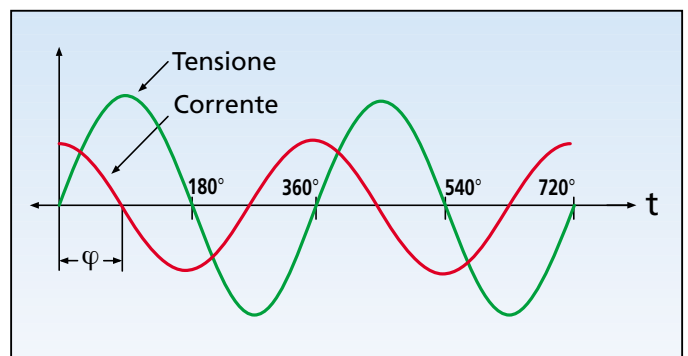


Fig. C - Carico Capacitivo: corrente in anticipo

Questo fenomeno è rappresentato in Fig. **A**, mentre la Fig. **B** mostra le sinusoidi di tensione e di corrente di un carico resistivo perfettamente *in fase* e la Fig. **C** un carico capacitivo con la sinusoidi di corrente *in anticipo* rispetto a quella di tensione.

Se il Fattore di Potenza medio è inferiore a $\cos \varphi$ 0,90 induttivo e la potenza impegnata è superiore a 15 kW, la Società fornitrice di energia applicherà in Fattura l'**addebito per basso Fattore di Potenza**.

IL RIFASAMENTO DEGLI IMPIANTI

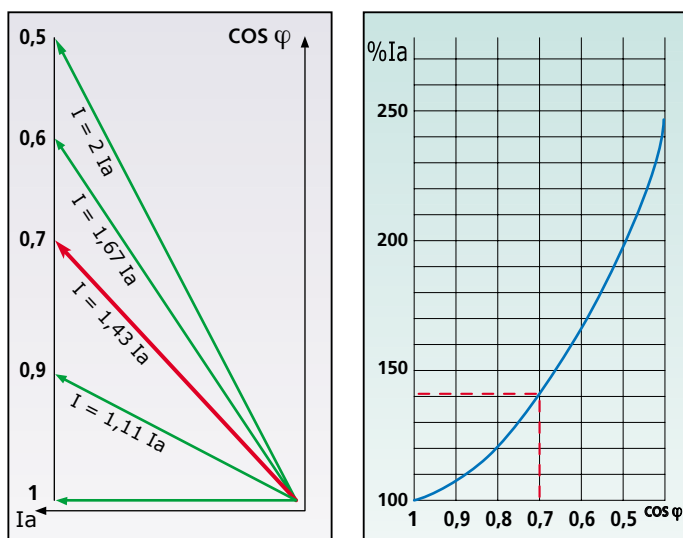
Il modo più semplice ed economico per risolvere il problema del basso Fattore di Potenza di un impianto è quello di collegare dei condensatori di rifasamento in parallelo ai carichi.

I condensatori funzionano come Generatori di Potenza Reattiva e forniscono alla macchina elettrica tutta l'energia reattiva necessaria per sostenere il campo elettromagnetico.

In pratica il condensatore ha la proprietà di assorbire una corrente che è *in anticipo di 90° rispetto alla tensione* e si comporta quindi come un vero generatore di energia reattiva che si trova in opposizione a quella del carico.

Questa potenza fornita dal condensatore non viene più prelevata dalla Rete, quindi si riduce sia l'intensità di corrente circolante che lo *sfasamento* tra tensione e corrente e viene eliminata la penalità sulla fatturazione dell'energia.

Dai diagrammi si vede come, ad esempio, un motore che sia utilizzato a $\cos \varphi$ 0,7 assorbe una *corrente* superiore del 43% rispetto allo stesso motore rifasato a $\cos \varphi$ 1.



Andamento della corrente circolante in un impianto al variare del $\cos \varphi$ (a parità di potenza attiva e quindi di corrente attiva I_a)

VANTAGGI DEL RIFASAMENTO

In un impianto correttamente rifasato l'Utente paga solo l'energia che effettivamente utilizza.

Ad es.: In un impianto con $\cos \varphi$ 0,70 induttivo, soltanto il 70% della potenza fornita dal Trasformatore in cabina viene utilizzata per produrre lavoro utile, mentre il resto serve per produrre l'energia reattiva richiesta dal carico ed in parte dispersa per effetto Joule sotto forma di calore.

Con il carico perfettamente rifasato e quindi con l'energia reattiva fornita dai condensatori, il trasformatore può fornire fino al 98% di potenza utile.

L'installazione di condensatori fornisce anche molti altri benefici:

- **Fatture di energia elettrica ridotte di importi anche notevoli, tanto che nella maggioranza dei casi il complesso automatico di rifasamento si ripaga in un anno di esercizio, o meno.**
- **Riduzione delle perdite di energia per riscaldamento dei cavi elettrici.**
- **Maggiore potenzialità dell'impianto.**
- **Più disponibilità di potenza e minore riscaldamento da parte del Trasformatore.**
- **Riduzione degli interventi intempestivi del Limitatore di corrente che interrompono il ciclo produttivo.**

COME RIFASARE UN IMPIANTO

I Condensatori possono essere installati in qualsiasi punto dell'impianto ove sia presente una macchina elettrica a basso fattore di potenza, ma questa soluzione non è quasi mai conveniente, anche se tecnicamente sarebbe la più corretta.

In un impianto elettrico infatti i carichi a basso $\cos \varphi$ possono essere anche centinaia ed ognuno richiederebbe l'installazione di un condensatore di potenza adeguata, con la relativa linea di collegamento, derivazioni, protezioni e organi di sezionamento. Neppure è consentito dalle condizioni di fornitura e dalle norme di sicurezza l'installazione di condensatori fissi, permanentemente collegati in rete, tranne quelli posti sui trasformatori in Cabina, a monte dell'Interruttore Generale di B.T.

I condensatori possono essere collegati in rete solo in presenza di carichi da rifasare e questi non devono essere rifasati oltre $\cos \varphi$ 1, altrimenti si conseguirebbe una *sovracompensazione* che produrrebbe gravi squilibri nella rete, quali un pericoloso aumento della tensione di esercizio, aumento della corrente circolante, sovraccarico delle linee e degli organi di distribuzione.

Tutte queste problematiche sono risolte con il *RIFASAMENTO CENTRALIZZATO*, che consiste in una Batteria di condensatori unica per tutto l'impianto, normalmente posizionata a monte di tutti i carichi, a valle dell'Interruttore Generale di B.T.

Queste apparecchiature, gestite da sofisticati sistemi a microprocessore, gestiscono la potenza rifasante dei condensatori in numerosi gradini, seguendo l'andamento dei carichi per ottenere, in ogni condizione, una perfetta correzione del Fattore di Potenza. Cessata l'attività dei carichi, le batterie di condensatori vengono tutte disinserite in attesa del nuovo ciclo di lavoro.

COME SI CALCOLA IL RIFASAMENTO DI UN IMPIANTO

Il $\cos \varphi$ medio dell'impianto da rifasare è un parametro fondamentale per calcolare la potenza dell'apparecchiatura automatica di rifasamento da installare.

Il metodo più semplice consiste nel leggere questo valore sulle Fatture di energia elettrica, facendo una media di almeno 4 - 5 mesi. Se questo dato non è disponibile, sarà sufficiente applicare la seguente formula, che consente di trovare il $\cos \varphi$ conoscendo i consumi di Energia Attiva (**kWh**) e di Energia Reattiva (**kvarh**) dell'impianto per fornitura in B.T.

Questi valori sono sempre riportati sulle Fatture, ma è anche possibile effettuare la *lettura* dei contatori di energia attiva (E) e di energia reattiva (Qc) rilevando gli incrementi dopo un congruo periodo.

$$\cos \varphi = \frac{\text{energia attiva}}{\sqrt{(\text{energia attiva})^2 + (\text{energia reattiva})^2}}$$

Esempio:

Energia Attiva = 12500 kWh Energia Reattiva = 11024 kvar

$$\cos \varphi = \frac{12.500}{\sqrt{(12.500)^2 + (11.024)^2}} = 0,75$$

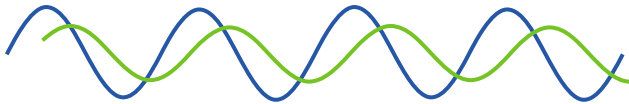
RIFASAMENTO IN PRESENZA DI ARMONICHE

Prima di scegliere l'apparecchiatura automatica di rifasamento è necessario cautelarsi nei confronti di un probabile sovraccarico delle batterie di condensatori dovuto alle armoniche.

Pertanto è indispensabile eseguire una verifica presso l'utilizzatore per assicurarsi della presenza o meno di carichi distorti quali convertitori U.P.S. forni ad arco, motori a velocità variabile, raddrizzatori, trasformatori saturati, ecc.

Un'apparecchiatura non adeguatamente dimensionata, installata in impianti con carichi di tale tipo, verrebbe danneggiata e rapidamente messa fuori servizio o completamente distrutta.

CALCOLO DELLA POTENZA REATTIVA NECESSARIA PER RIFASARE



Si tratta di fornire all'impianto una potenza reattiva tale da portare il $\cos\varphi$ al valore desiderato, senza però che in nessun momento l'energia assorbita dalla Rete sia capacitiva.

I dati necessari per un calcolo semplificato, sono i seguenti:

- **Cos φ medio**
- **Potenza massima prelevata in kW.**

Mentre il $\cos\varphi$ medio può essere trovato come spiegato in precedenza, la potenza massima prelevata può essere rilevata dall'indicatore presente sul contatore di energia Attiva "E" o dalla Fattura dell'energia. Consultando la Tabella riportata, si può facilmente calcolare la potenza dei condensatori o dell'Apparecchiatura Automatica necessari per rifasare l'impianto.

cos φ impianto da rifasare	cos φ da raggiungere				
	0,90	0,92	0,95	0,98	1,00
0,30	2,70	2,75	2,85	2,98	3,18
0,35	2,19	2,25	2,34	2,47	2,68
0,40	1,81	1,87	1,96	2,09	2,29
0,45	1,59	1,56	1,66	1,78	1,99
0,50	1,25	1,31	1,40	1,53	1,73
0,55	1,03	1,09	1,19	1,32	1,52
0,60	0,85	0,91	1,00	1,13	1,33
0,65	0,68	0,74	0,84	0,97	1,17
0,70	0,54	0,60	0,69	0,82	1,02
0,72	0,48	0,54	0,64	0,76	0,97
0,74	0,43	0,48	0,58	0,71	0,91
0,76	0,37	0,43	0,53	0,65	0,86
0,78	0,32	0,38	0,47	0,60	0,80
0,80	0,27	0,33	0,42	0,55	0,75
0,82	0,22	0,27	0,37	0,49	0,70
0,84	0,16	0,22	0,32	0,44	0,65
0,86	0,11	0,17	0,26	0,39	0,59
0,88	0,06	0,11	0,21	0,34	0,54
0,90		0,06	0,16	0,28	0,48
0,92			0,10	0,22	0,43
0,94			0,03	0,16	0,36

In corrispondenza dei valori del $\cos\varphi$ dell'Impianto da rifasare e del $\cos\varphi$ da raggiungere si trova un **coefficiente** che, moltiplicato per la potenza massima in kW dell'impianto, fornisce la potenza dei condensatori in kvar.

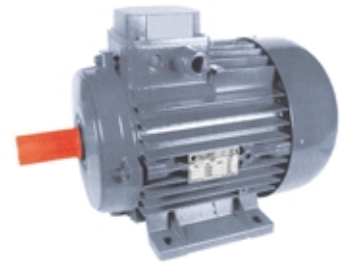
Facciamo l'esempio di un Utilizzatore che preleva una certa Potenza, calcolando la Potenza Reattiva necessaria per rifasare ed anche il risparmio che si ottiene con il rifasamento:

Potenza prelevata: kW 85
 Fattore di Potenza: Cos φ 0,76
 Energia Attiva consumata: kWh 9.000
 Energia Reattiva consumata: kvarh 7.700
 Penalità per basso Cos φ : € 250,00
 (kvarh prelevati tra il 50% ed il 75% ed oltre il 75% dei kWh)

Potenza necessaria per rifasare (kW 85x0,53): kvar 45
 Penalità stimata annua (250,00x12): € 3.000,00
 Costo dell'Apparecchiatura richiesta: € 1.413,00
 (RAM 2800-45-400V)

Il calcolo effettuato dimostra come il costo dell'Apparecchiatura viene ammortizzato in sei mesi.

COME SI CALCOLA IL RIFASAMENTO DI UN MOTORE ASINCRONO



La potenza dei condensatori non deve superare la potenza reattiva a vuoto del motore, a causa del rischio di fenomeni di autoeccitazione e di risonanza tra il condensatore e l'induttanza della macchina. La potenza reattiva assorbita da un motore dipende da vari fattori, come il carico della macchina, la potenza, la frequenza, la velocità di rotazione, la tensione, ecc.

Generalmente, per evitare di avere un fattore di potenza in anticipo, si determina la corrente reattiva del condensatore pari al **90% della corrente a vuoto del motore**.

Se questo dato non fosse disponibile si potrà rifasare correttamente con un condensatore di potenza pari al **25% della potenza apparente del motore**.

Le apparecchiature della serie **RFM** sono state espressamente realizzate per questa specifica applicazione.

COME SI CALCOLA IL RIFASAMENTO DI UN TRASFORMATORE

La potenza reattiva di un trasformatore, in rapporto alla sua potenza nominale, è molto inferiore a quella di un motore asincrono, perché l'induttanza di un trasformatore è elevata a causa del circuito magnetico senza traferro.



I condensatori hanno lo scopo di rifasare la corrente magnetizzante del trasformatore che serve a creare il campo magnetico necessario per il suo funzionamento. In genere, poiché il condensatore deve compensare unicamente la corrente a vuoto, fortemente svattata, si dovrà utilizzare un condensatore con una corrente pari al **90% della corrente a vuoto del trasformatore**.

Le apparecchiature della serie **RFT** sono state realizzate per questa specifica applicazione.

RIFASAMENTO DELLE SALDATRICI ELETTRICHE

Le saldatrici statiche sono costituite da un trasformatore a forte dispersione di flusso, il cui Fattore di Potenza ha un valore fortemente variabile, generalmente tra Cos φ 0,25 e Cos φ 0,50.

Valori così bassi sono da ricondursi alla forte reattanza dei bracci portaelettrodi ed alla distorsione della forma d'onda.

Il primario del Trasformatore rimane poi sotto tensione continuamente ed il carico è fortemente variabile: per questa ragione ci si trova in presenza di un trasformatore che generalmente lavora a vuoto o a basso carico, con conseguente fattore di potenza molto basso. Un notevole miglioramento delle condizioni di lavoro di queste macchine si consegue con l'installazione di un condensatore di rifasamento, la cui potenza sarà corrispondente al **30÷40% della potenza apparente della saldatrice**.

