

RIFASAMENTO

Relatore: Ing. Gianmario Trezzi

Libero professionista dal 1988

Docente formatore in sicurezza ed elettrotecnica

Iscritto all'Albo dei C.T.U. del Tribunale di Como

Albo dei verificatori e collaudatori impianti L 46/90 – DM 6/4/2000

Esperto elettrotecnico in Commissioni Vigilanza Pubblico Spettacolo Comunali

Tel. 335 6116295 - e-mail: corsielettrotecnica@libero.it

INCONTRO TECNICO

- Natura dei carichi elettrici,
- Il $\cos(\phi)$,
- Cosa vuol dire rifasare,
- Inserzione di un rifasatore,
- Sistemi di inserzione,
- Vari tipi di rifasamento
- Cenni di regole fondamentali

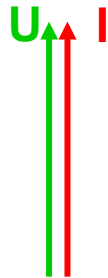
Nota importante

**Le seguenti slide,
predisposte per la presentazione del seminario,
possono contenere imprecisioni o omissioni
(ad esempio di battitura, di trascrizione o altro),
quindi prima di applicare in modo automatico e acritico
quanto riportato nelle pagine seguenti
si deve fare sempre riferimento a quanto indicato
nelle rispettive norme e disposizioni di legge.**

Natura dei carichi elettrici

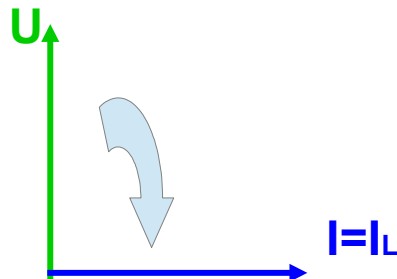
• Un carico elettrico può essere

– Resistivo

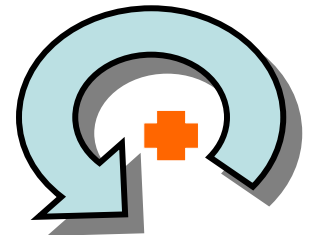


U in fase con I $\varphi=0$ $\cos \varphi=1$

– Induttivo

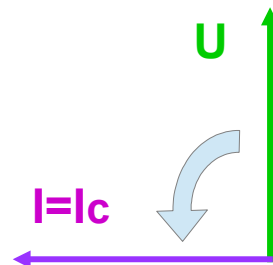
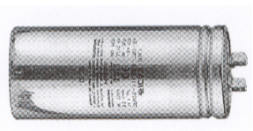


U in anticipo rispetto a I
 $\varphi=90^\circ$ $\cos \varphi=0$



La corrente I_C ha verso opposto rispetto alla corrente I_L

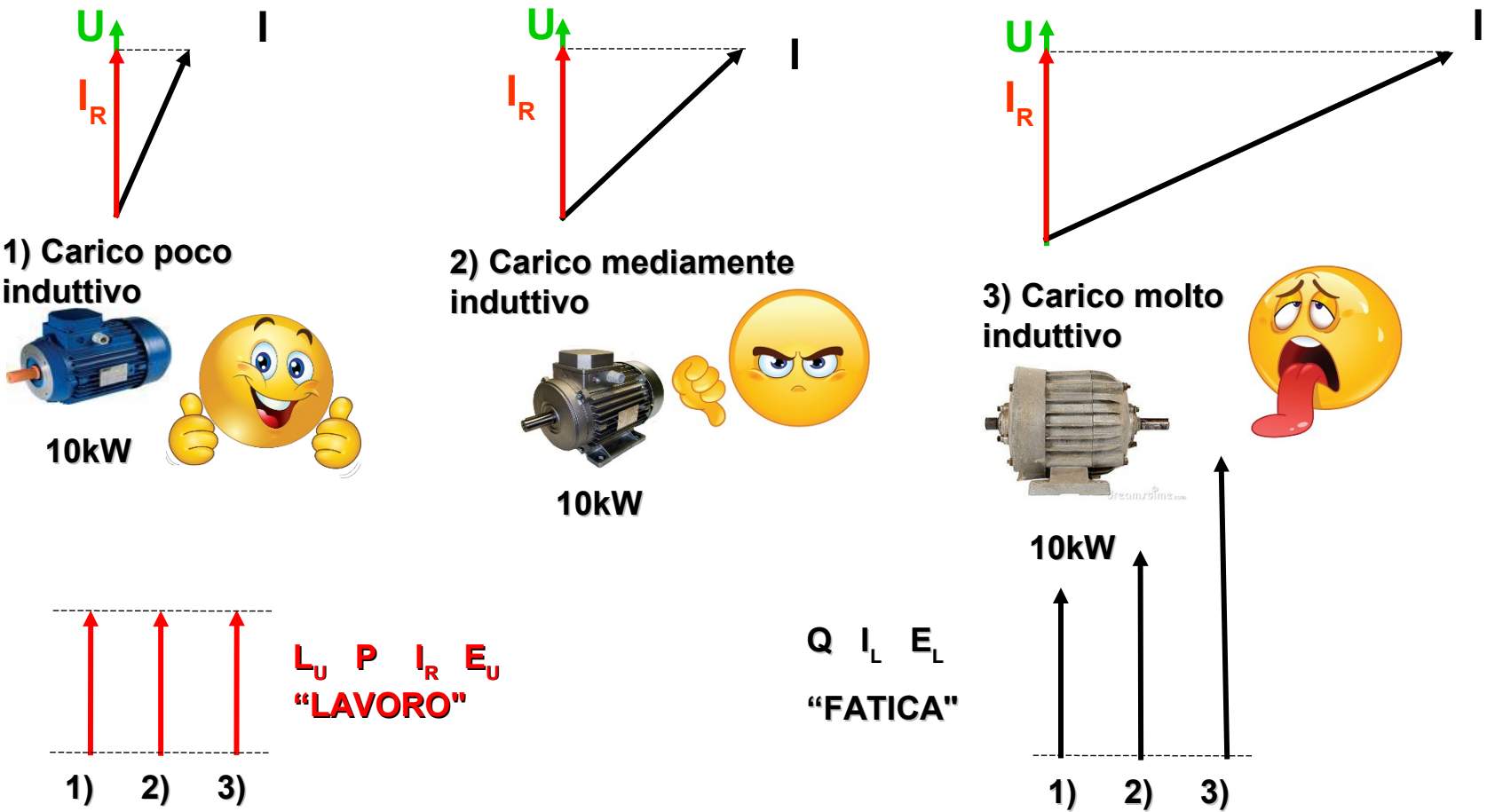
– Capacitivo



U in ritardo rispetto a I
 $\varphi=90^\circ$ $\cos \varphi=0$

Nella realtà, i carichi elettrici sono, per la maggior parte, di tipo misto (resistivo/induttivo)

Consideriamo il caso di tre carichi (motori) con stessa potenza attiva P 10kW (quindi stessa I_R) ma con diversa componente induttiva. La corrente necessaria aumenta all'aumentare della parte induttiva. La corrente I_R poichè risulta in fase con U ($\varphi=0$) produce energia e lavoro utile ($E_U - P$)



Nei tre casi il lavoro utile (L_U), la potenza attiva (P) e la corrente resistiva (I_R) rimangono gli stessi, ma all'aumentare della componente induttiva aumenta la corrente totale e quindi anche la potenza totale A .

Corrente totale $I = \sqrt{(I_R^2 + I_L^2)}$ parte resistiva $I_R = I \cdot \cos\varphi$ parte induttiva $I_L = I \cdot \sin\varphi$

Potenza attiva

Potenza reattiva

Potenza apparente

$P = k \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$

$Q = k \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$

$A = k \cdot U \cdot I$

$k=1$ sistemi F
 $k=\sqrt{3}$ sistemi 3F

L'impianto elettrico (cavi, interruttori, trasformatori, ecc.) va dimensionato con la potenza apparente A e la corrente totale I.

a parità di potenza attiva necessaria (P),
aumentando la potenza reattiva (Q),
[aumento dell'angolo di sfasamento (φ) tra (U) e (I) e minor valore di $\cos(\varphi)$],
risulta maggiore la corrente totale (I) e la potenza apparente (A).

Per fornire una potenza attiva P ad una tensione U occorre una corrente pari a

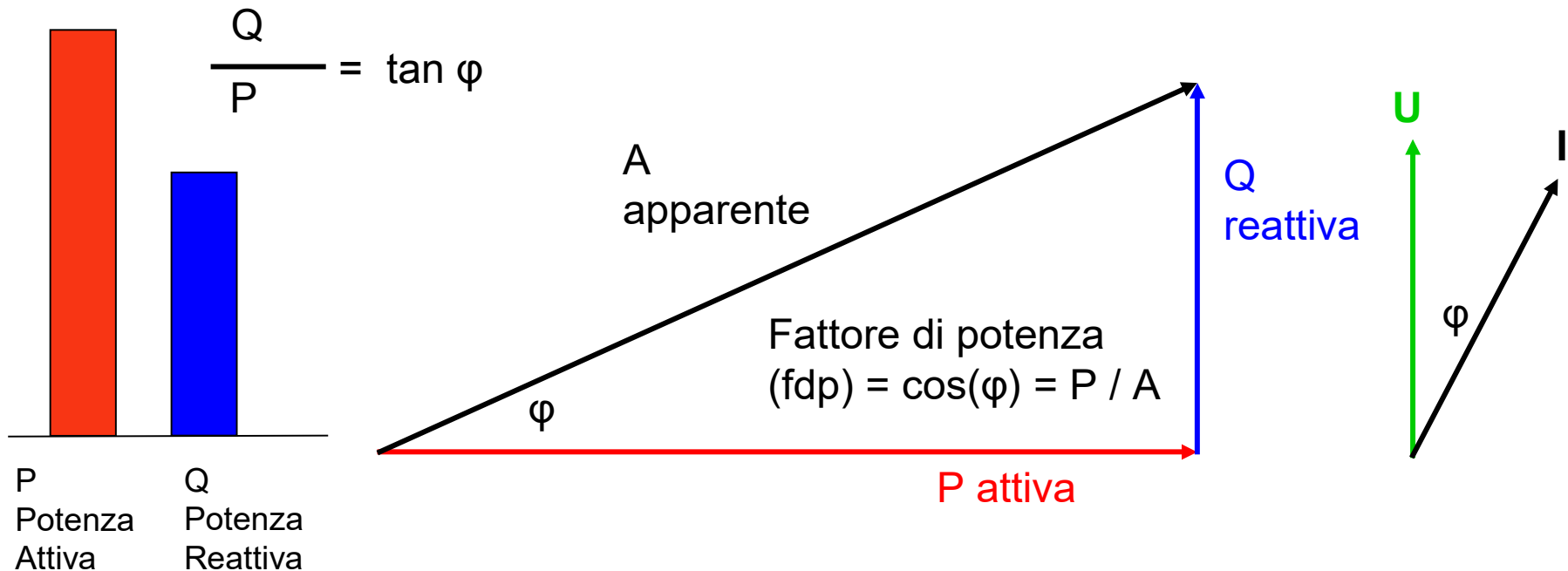
$$I = \frac{P}{(k \cdot U \cdot \cos\varphi)}$$

Aumentando (φ), diminuisce $\cos(\varphi)$,
aumenta la corrente totale necessaria I.

Aumentando la corrente totale (I)
aumentano le perdite per effetto Joule ($P_J = R \cdot I^2$) e
aumenta la caduta di tensione $\Delta U = k \cdot I \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$

Il $\cos(\varphi)$

Il $\cos(\varphi)$ è il valore numerico che fornisce l'indicazione dell'induttività di un carico o di un impianto ed anche l'indice dello sfasamento tra corrente (I) e tensione (U)



- $\text{fdp} = \cos(\varphi)$ nel caso teorico in assenza di armoniche

- Nel caso di presenza significativa di armoniche va considerata anche una potenza definita come potenza distortante (D). La nuova relazione tra le potenze diventa

$$S^2 \sim P^2 + Q^2 + D^2$$

- Valori caratteristici, «elettrici»

Appr.

φ

0°

18°

26°

37°

45°

φ (gradi)	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$
0°	1	0
18° 11'	0,95	0,328
25° 50'	0,9	0,484
36° 52'	0,8	0,75
45° 34'	0,7	1,02

Appr.

$\tan \varphi =$

$$\frac{Q}{P} = \frac{E_L}{E_A}$$

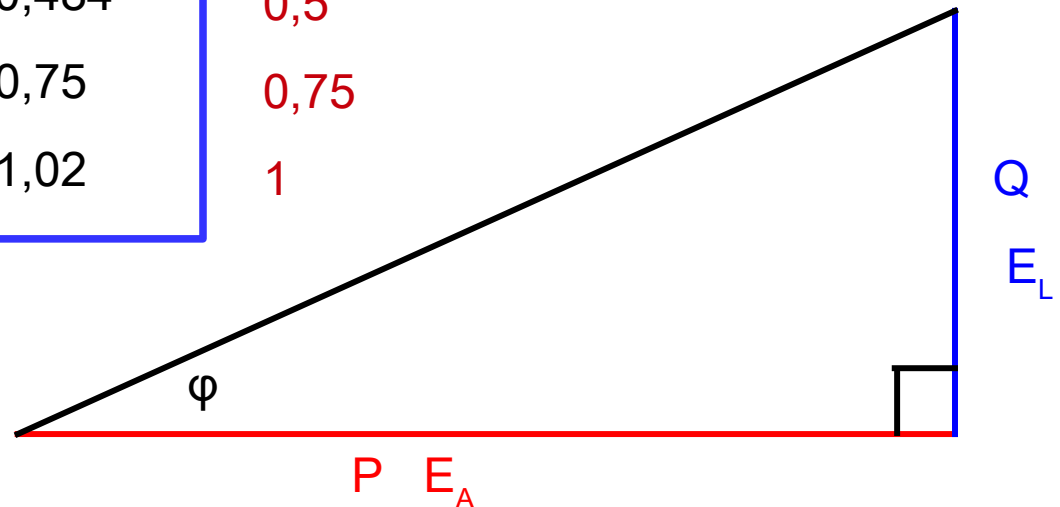
0

0,33

0,5

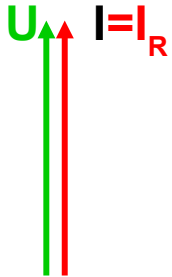
0,75

1

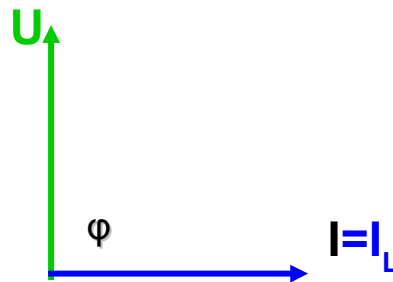


Il $\cos(\varphi)$

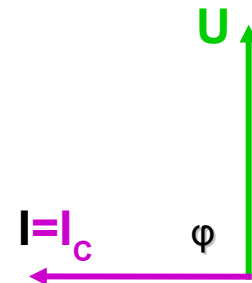
• Carichi ideali e carichi reali



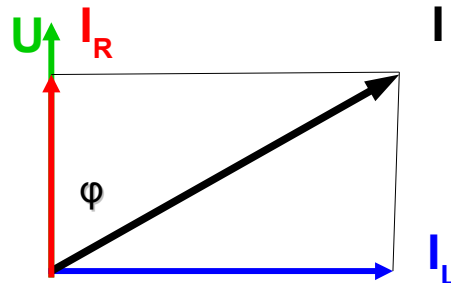
1) Carico puramente resistivo:
 I in fase con U
 $\varphi = 0$ $\cos(\varphi) = 1$



2) Carico puramente induttivo:
 I in ritardo rispetto a U
 $\varphi = -90$ $\cos(\varphi) = 0$



3) Carico puramente Capacitivo:
 I in anticipo rispetto a U
 $\varphi = 90$ $\cos(\varphi) = 0$



4) Situazione più comune: carico induttivo-resistivo:
 $0 < \varphi < 90$ $1 > \cos(\varphi) > 0$

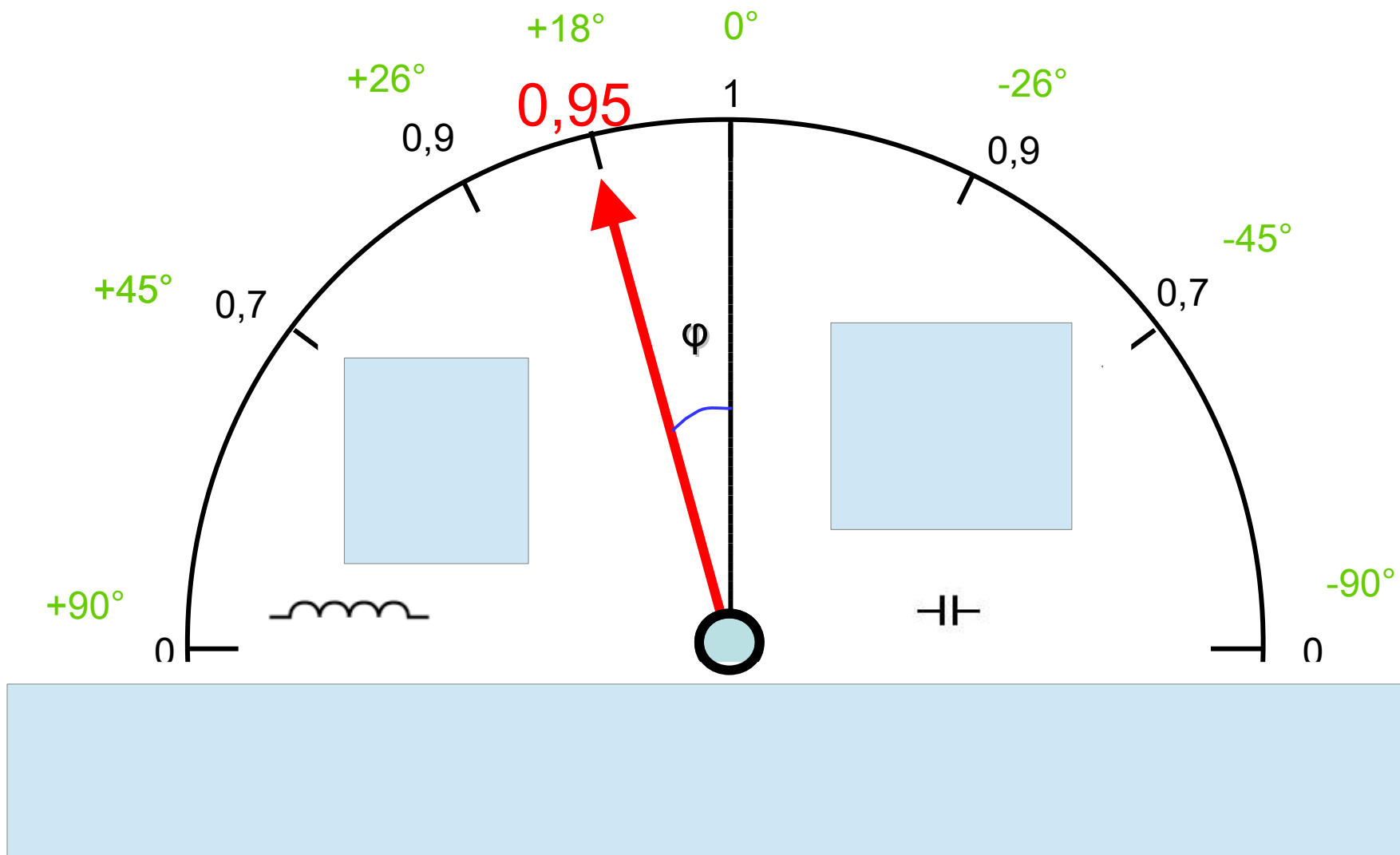
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$I = I_R / \cos(\varphi)$$

$$I = I_L / \sin(\varphi)$$

$\cos(\varphi)$

Trezzi Ing. Gianmario

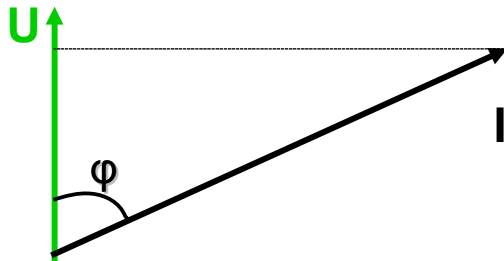


Cosa vuol dire rifasare

L'installazione di una batteria di condensatori:

- aumenta il $\cos(\varphi)$ dell'impianto
- riduce la corrente assorbita.

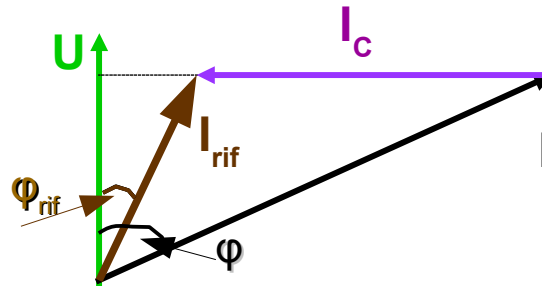
Situazione iniziale sfasata



Carico molto induttivo
non rifasato

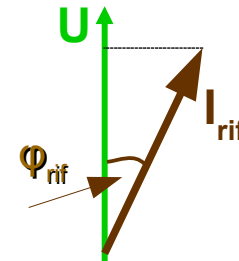
**Questa è anche la
Situazione finale che
rimane sfasata
a valle del rifasatore**

Situazione durante il
rifasamento a monte del
rifasatore



Rifasamento
(a monte del rifasatore)

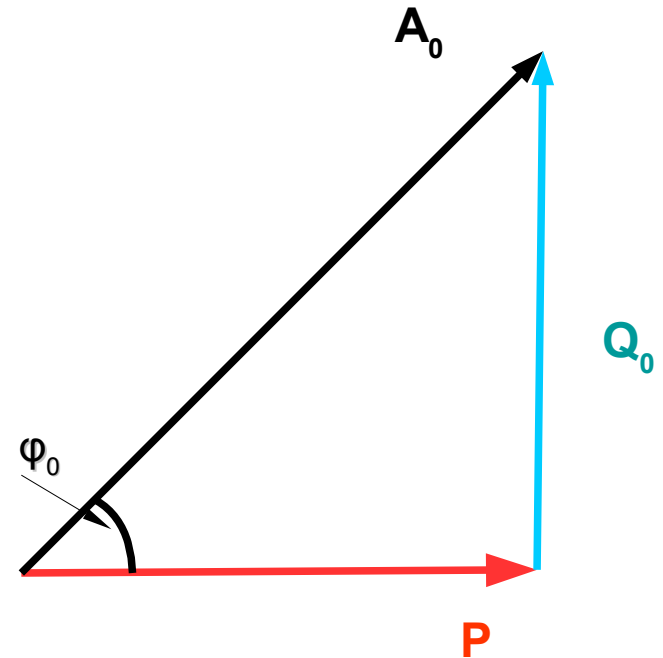
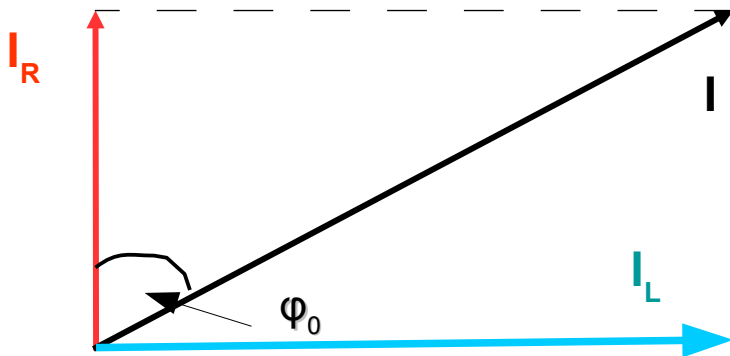
Situazione finale rifasata
a monte del rifasatore
col rifasatore inserito



Effetto del rifasamento
(a monte del rifasatore)

Cosa vuol dire rifasare

Situazione iniziale sfasata,

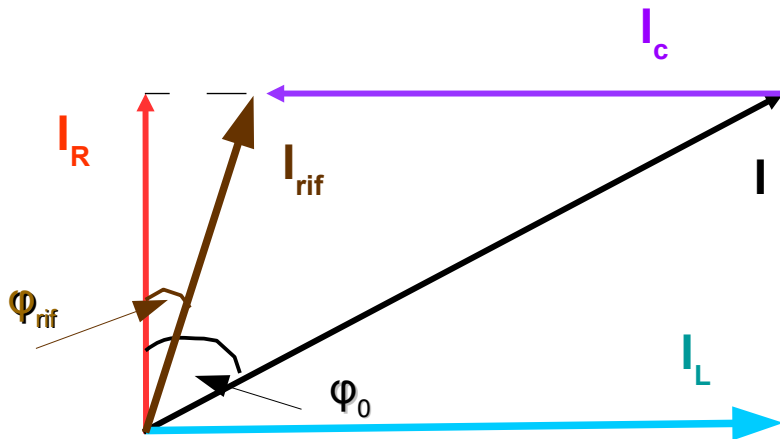


$$Q_0 = P * \operatorname{tg}(\varphi_0)$$

Andiamo a rifasare a $\cos(\varphi) = 0,95$ a cui corrisponde un angolo $\varphi = 18^\circ$

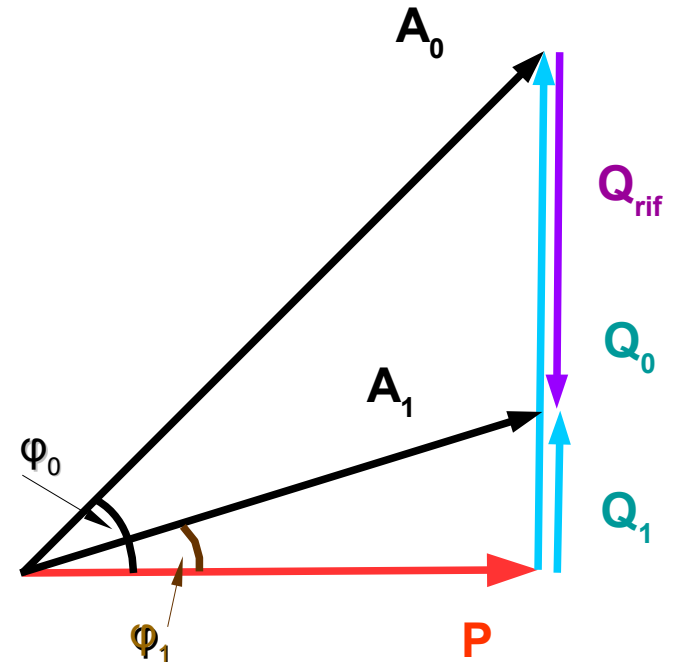
Cosa vuol dire rifasare

Rifasamento a $\cos(\varphi) = 0,95$ $\varphi = 18^\circ$



Rifasamento
(a monte del rifasatore)

$$\vec{I}_C = \vec{I} - \vec{I}_{rif}$$



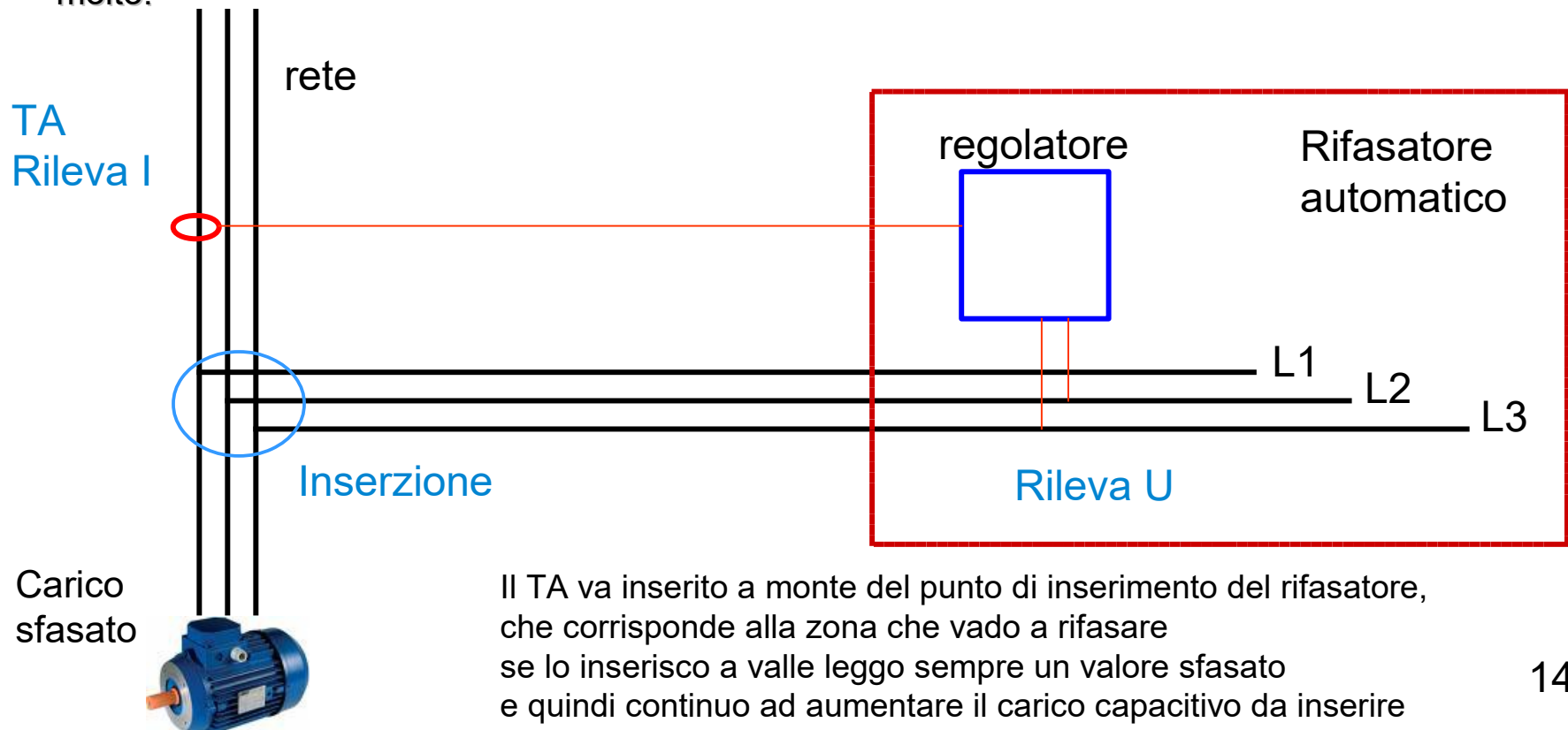
$$Q_0 = P * \operatorname{tg}(\varphi_0) \quad Q_1 = P * \operatorname{tg}(\varphi_1)$$

$$Q_{rif} = Q_0 - Q_1 = P * (\operatorname{tg}(\varphi_0) - \operatorname{tg}(\varphi_1))$$

Il rifasatore automatico misura il $\cos(\varphi)$ e la potenza da correggere e poi inserisce il carico capacitivo necessario alla correzione nel punto di inserimento stesso.

Si deve considerare attentamente dove si inserisce il TA (che corrisponde al punto di lettura dello sfasamento) e dove si collega il rifasatore per inserire la potenza reattiva.

Il metodo più completo sarebbe riportare tutte e tre i valori delle correnti I e delle tensioni U , considerando anche un eventuale squilibrio tra le varie fasi, ovviamente i costi salirebbero molto.

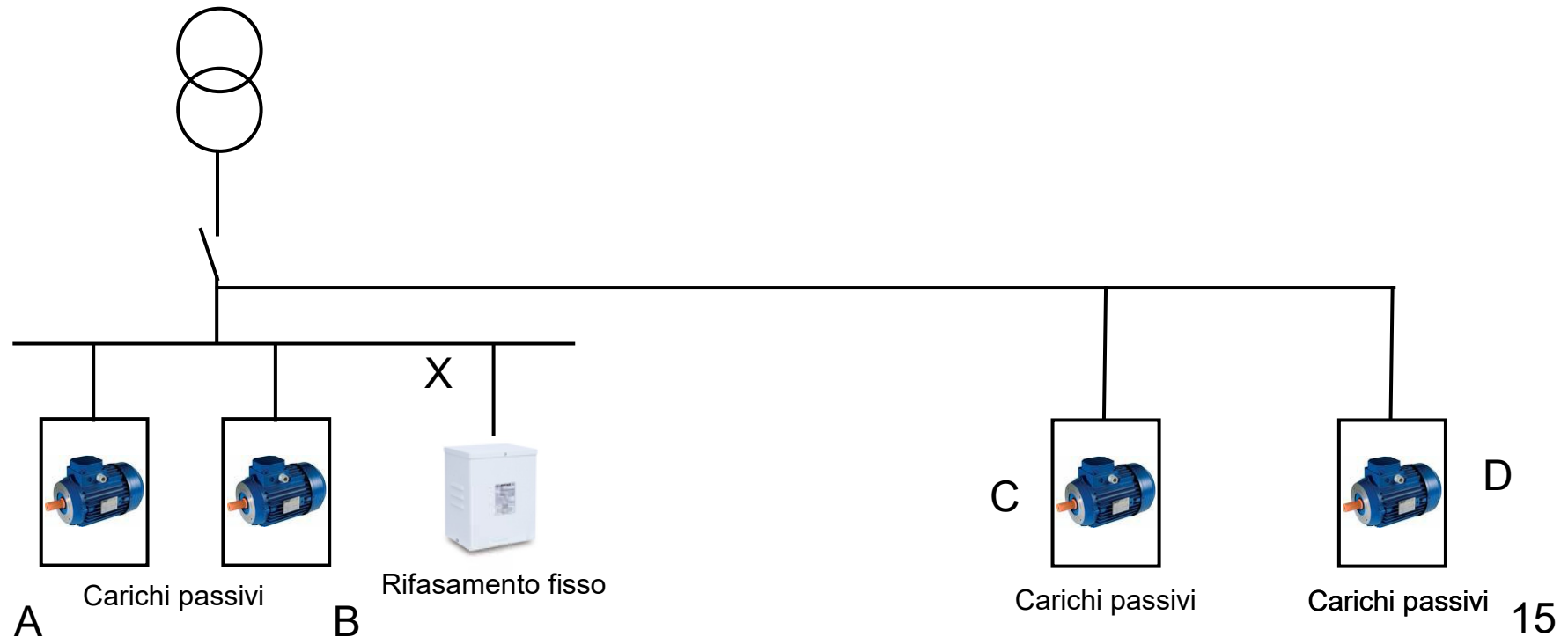


Il TA va inserito a monte del punto di inserimento del rifasatore, che corrisponde alla zona che vado a rifasare se lo inserisco a valle leggo sempre un valore sfasato e quindi continuo ad aumentare il carico capacitivo da inserire

Il rifasatore «fisso» inietta la potenza capacitiva nel punto in cui è collegato.

Il beneficio del punto di inserimento del rifasatore si sente solo a monte del punto in cui è inserito

Supponiamo di avere questa situazione con quattro carichi induttivi ed un rifasatore del tipo fisso.

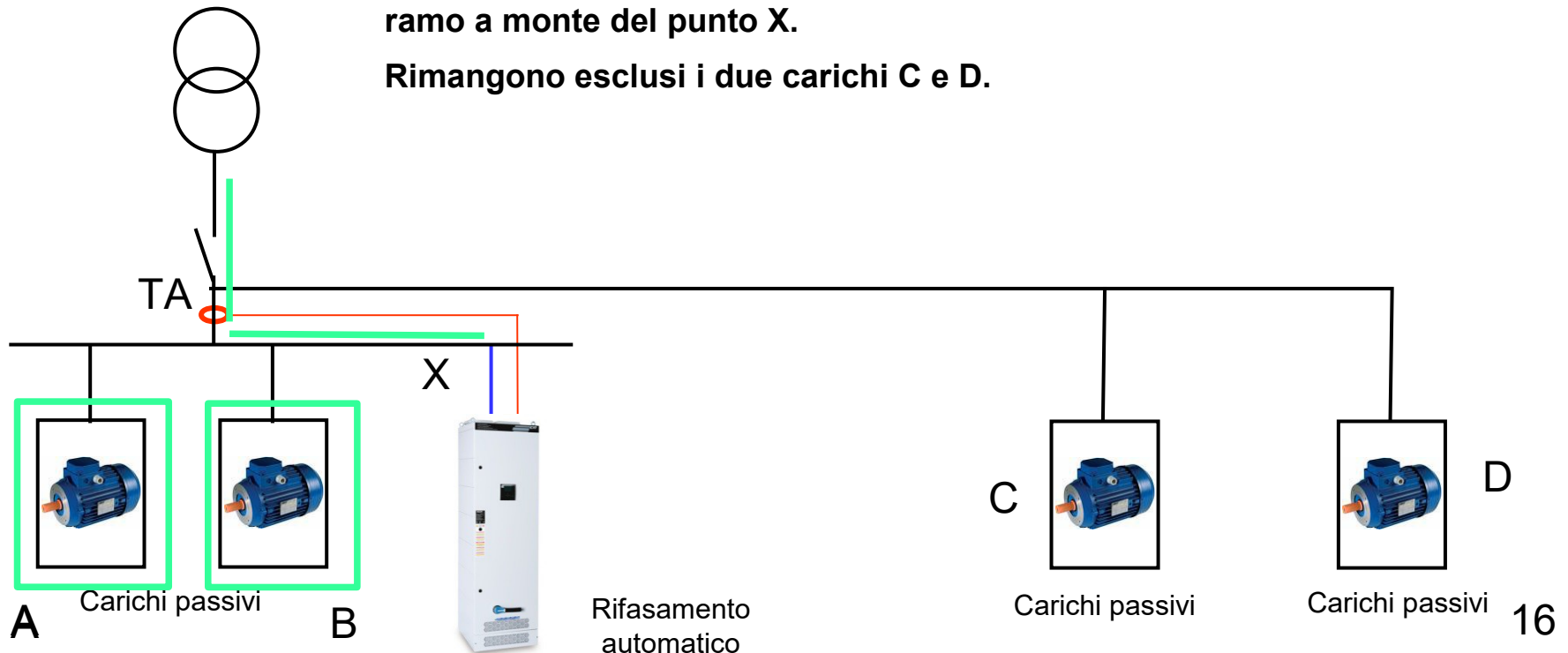


Il rifasatore automatico

- a) calcola il $\cos(\varphi)$ nel punto dell'impianto in cui è installato il TA esterno
- b) inserisce la sua potenza reattiva nel punto dell'impianto in cui è collegato

In questo esempio si legge col TA lo sfasamento introdotto dai due carichi A e B e si inserisce la potenza reattiva nel punto X, rifasando il ramo a monte del punto X.

Rimangono esclusi i due carichi C e D.

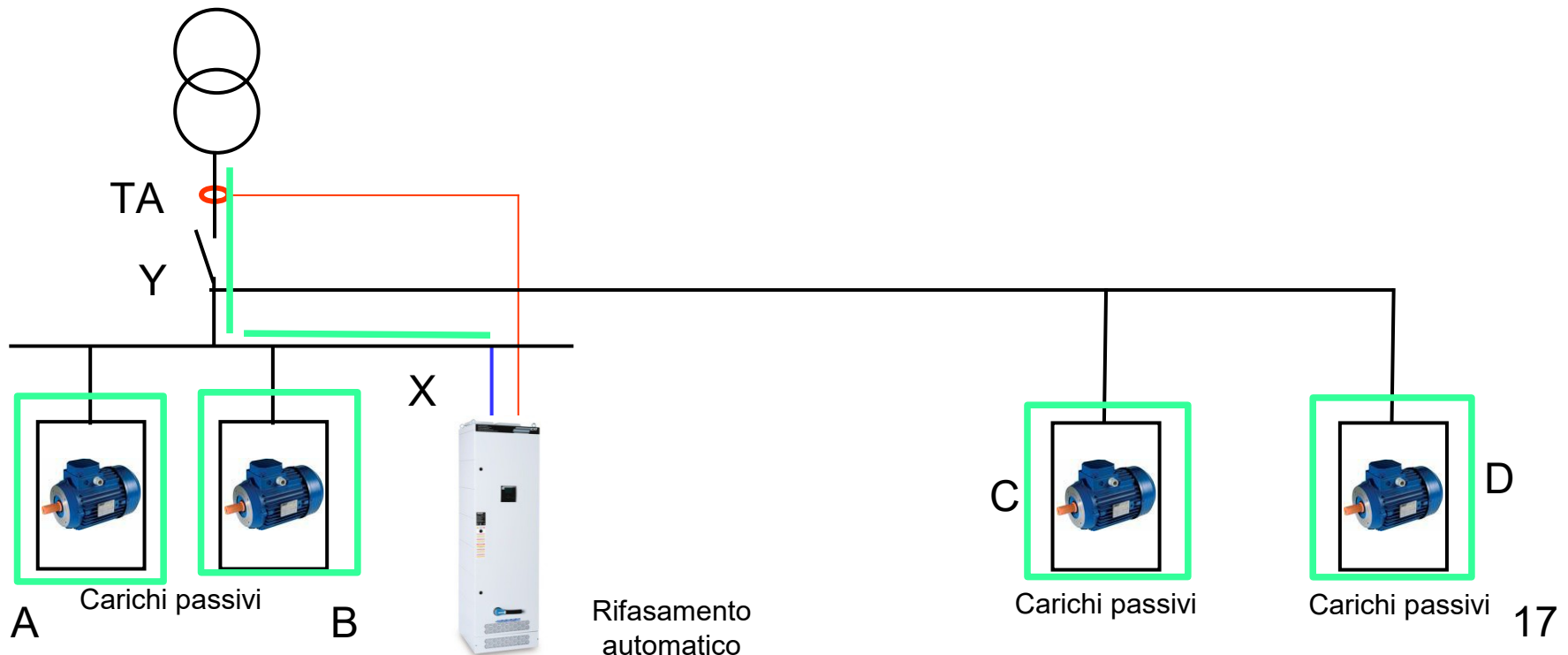


Inserzione in impianto di un rifasatore

In questo esempio si legge col TA lo sfasamento introdotto dai quattro carichi A, B, C e D e si inserisce la potenza reattiva nel punto X, rifasando il ramo a monte del punto.

Il ramo XY rischia di essere in zona capacitiva poiché si inserisce una potenza elevata per poter rifasare tutti i quattro i carichi.

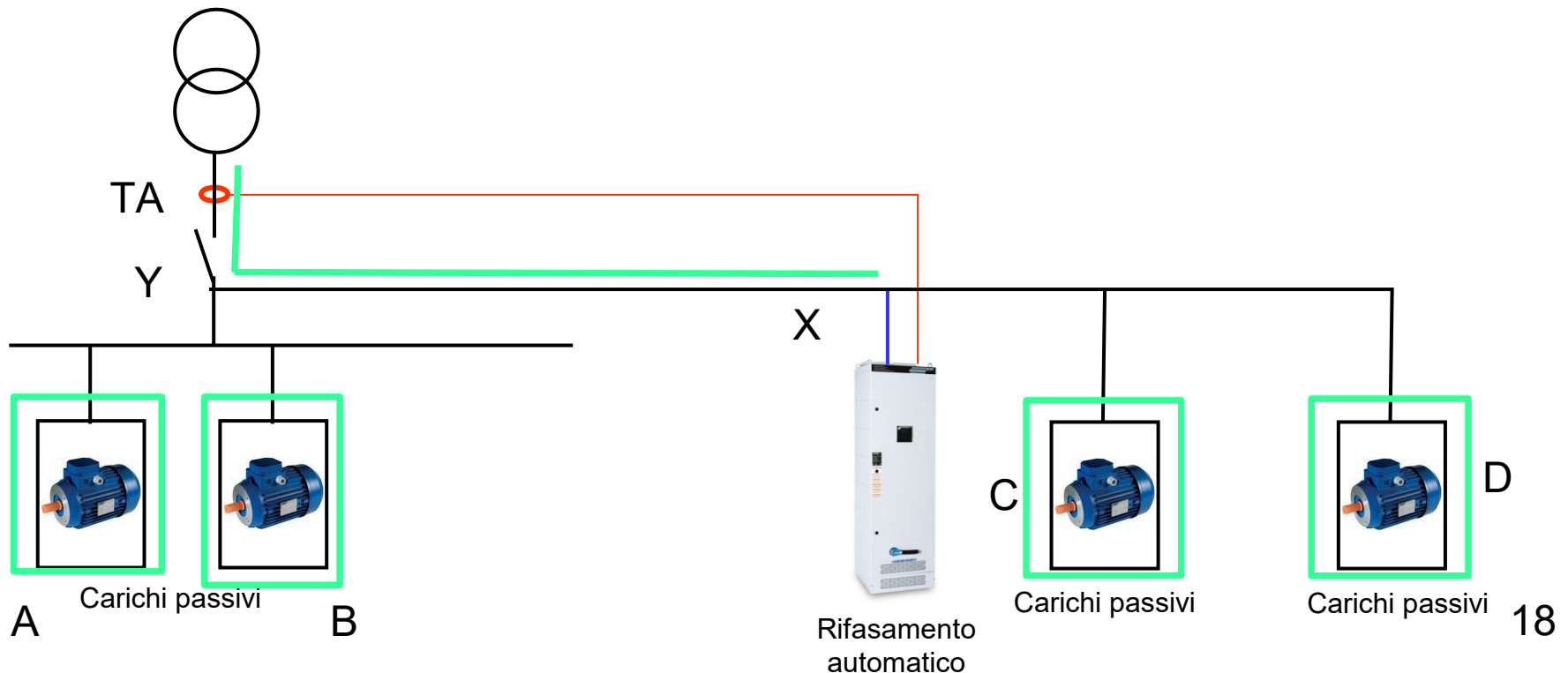
Mentre il ramo CD-Y rimane sfasato.



In questo esempio si legge col TA lo sfasamento introdotto dai quattro carichi A, B, C e D e si inserisce la potenza reattiva nel punto X, rifasando il ramo a monte del punto.

Il ramo XY rischia di essere in zona capacitiva poiché si inserisce una potenza elevata per poter rifasare tutti i quattro i carichi.

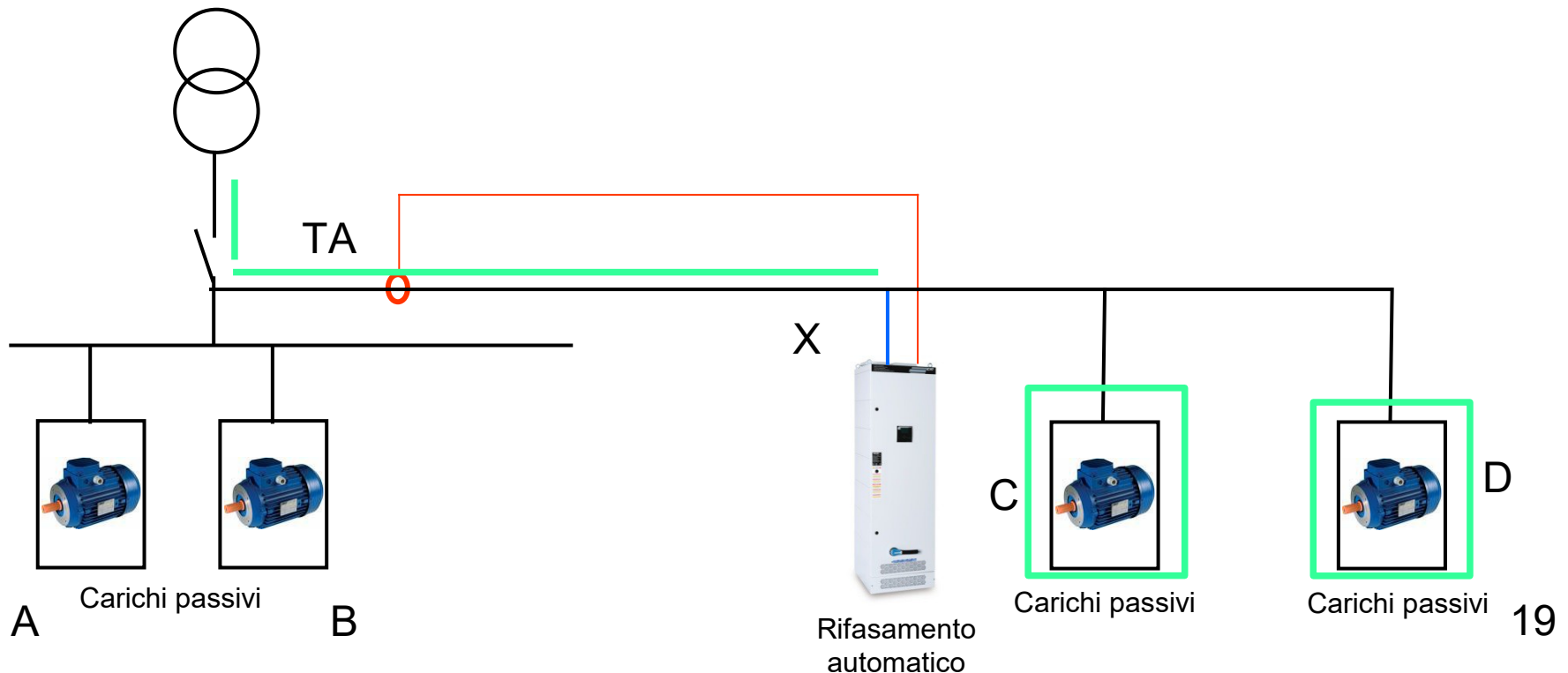
Mentre il ramo AB-Y rimane sfasato.



Inserzione in impianto di un rifasatore

In questo esempio si legge col TA lo sfasamento introdotto dai due carichi C e D e si inserisce la potenza reattiva nel punto X, rifasando il ramo a monte del punto X.

Ovviamente i due carichi A e B non sono rifasati.

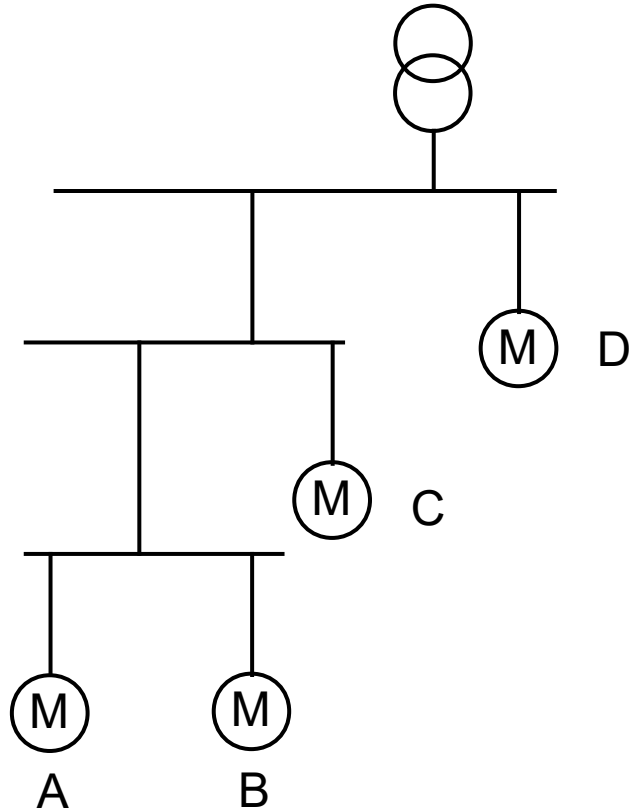


Sistemi di inserzione

- **Come e dove installare una batteria di rifasamento dipende dai seguenti fattori:**
 - 1) topologia dell'impianto**
(geometria dei carichi da rifasare, posizione dei quadri elettrici, delle linee, ecc..)
 - 2) tipologia dei carichi**
(il valore delle Potenze attive e reattive, lo sfasamento)
 - 3) considerazioni anche non elettriche**
(geometrie dell'edificio, inserimento dei carichi continuo o intermittenza, ecc..)

- Si possono scegliere varie tipologie di impianto di rifasamento:**
 - **Rifasamento centralizzato (inserzione in un punto con un unico rifasatore)**
 - **Rifasamento distribuito (più punti di inserzione con più rifasatori)**
 - **Rifasamento per gruppi (alcuni punti di inserzione che raggruppano vari carichi)**
 - **Rifasamento su più livelli di tensione (es: MT e BT)**
 - **Rifasamento misto**

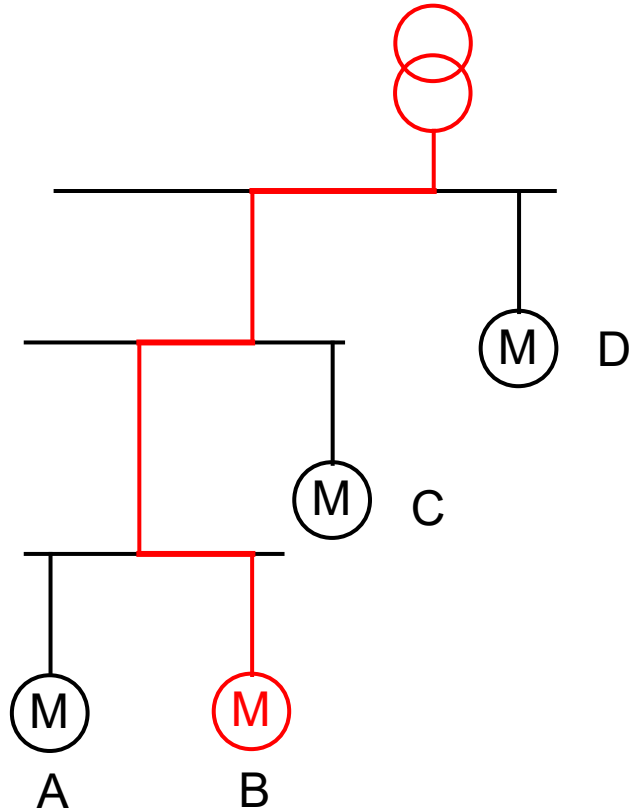
Sistemi di inserzione



- Ciascuna tipologia di inserzione ha “vantaggi” e “svantaggi” tecnico/economici.
- Ricordiamo che l'inserimento del rifasatore permette il rifasamento e la riduzione della corrente solo a monte del punto in cui è inserito nella rete lo stesso rifasatore.

Consideriamo questo esempio con quattro carichi A, B, C e D

Sistemi di inserzione



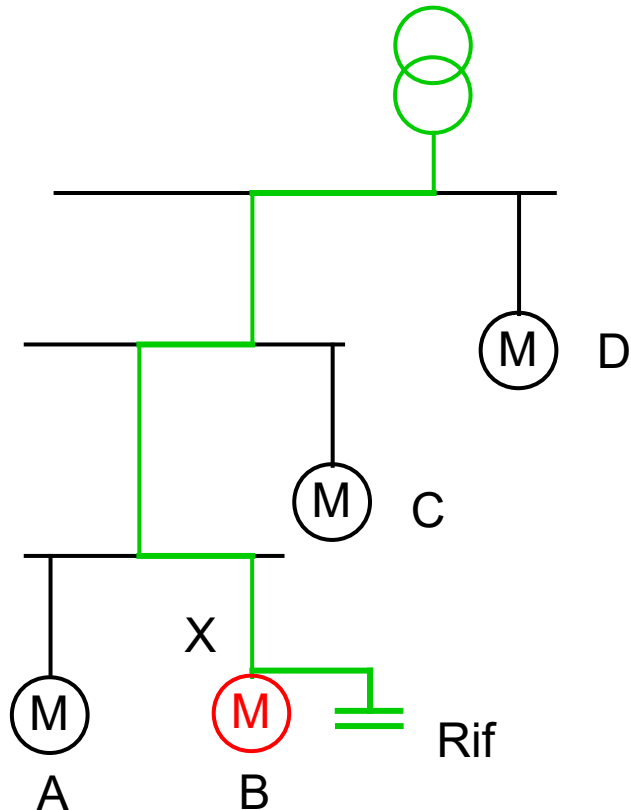
Consideriamo questo esempio con i quattro carichi A, B, C e D.

Supponiamo che solo il carico B abbia uno sfasamento importante che rende sfasato il ramo indicato in rosso.

Quindi rifasiamo solo il carico B.

Installiamo un rifasatore fisso.

Sistemi di inserzione

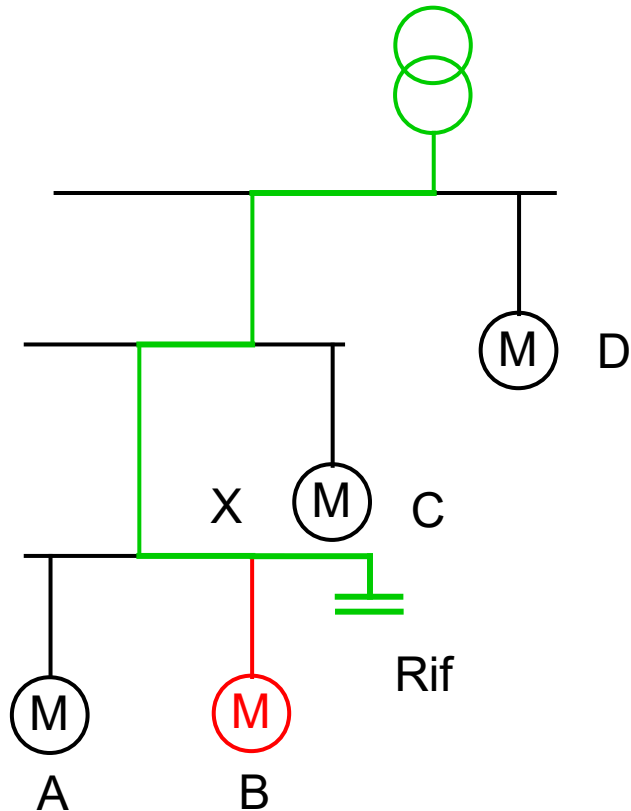


Per rifasare solo B, installiamo un rifasatore fisso (Rif), nel punto X.

Tutto il ramo (colore verde) a monte del punto di inserzione X rimane rifasato.

Gli altri carichi non necessitano di essere rifasati.

Sistemi di inserzione



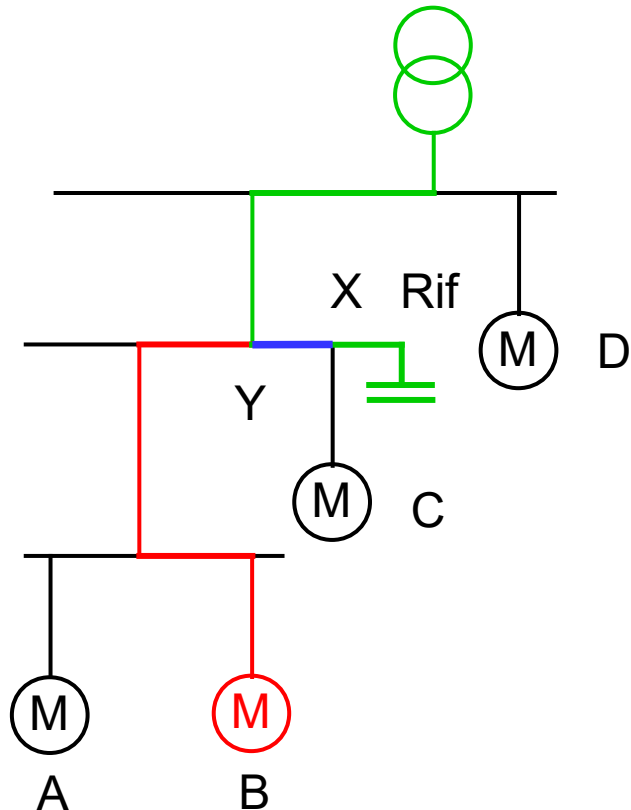
Per rifasare solo B, installiamo un rifasatore fisso (Rif), nel punto X.

Tutto il ramo (colore verde) a monte del punto di inserzione X rimane rifasato.

La parte di ramo rossa rimane sfasata.

Gli altri carichi non necessitano di essere rifasati.

Sistemi di inserzione



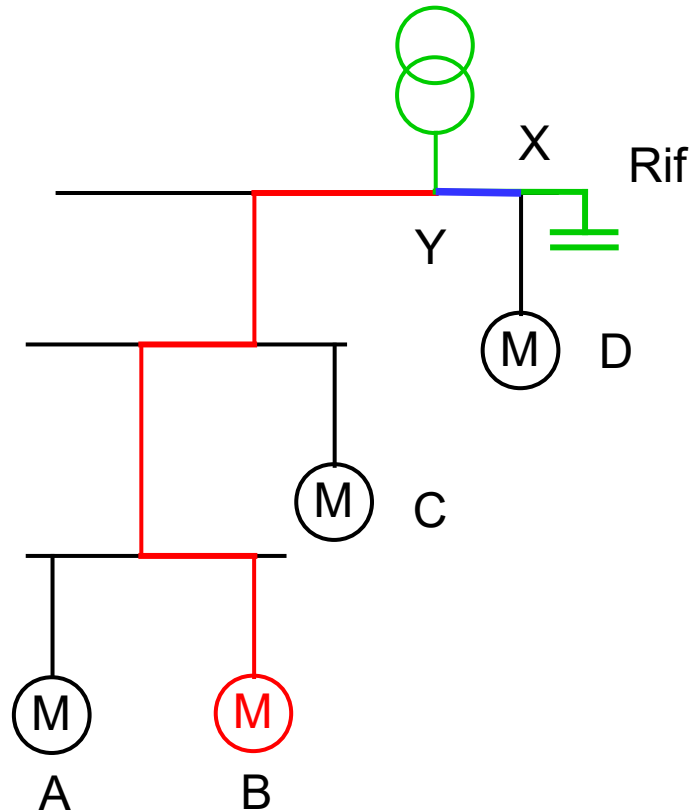
Per rifasare solo B, installiamo un rifasatore fisso (Rif), nel punto X.

Tutto il ramo (colore verde) a monte del punto di inserzione X rimane rifasato.

La parte di ramo rossa rimane sfasata, mentre la parte di ramo XY potrebbe essere in zona capacitiva (sovrarifasata).

Gli altri carichi non necessitano di essere rifasati.

Sistemi di inserzione



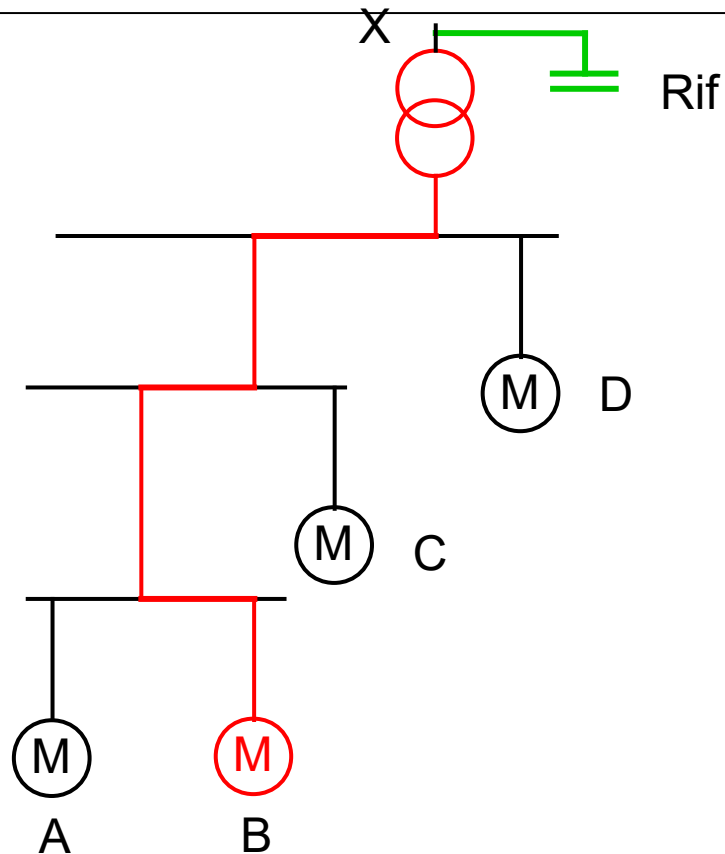
Per rifasare solo B, installiamo un rifasatore fisso (Rif), nel punto X.

Tutto il ramo (colore verde) a monte del punto di inserzione X rimane rifasato.

La parte di ramo rossa rimane sfasata, mentre la parte di ramo XY potrebbe essere in zona capacitiva (sovrarifasata).

Gli altri carichi non necessitano di essere rifasati.

Sistemi di inserzione

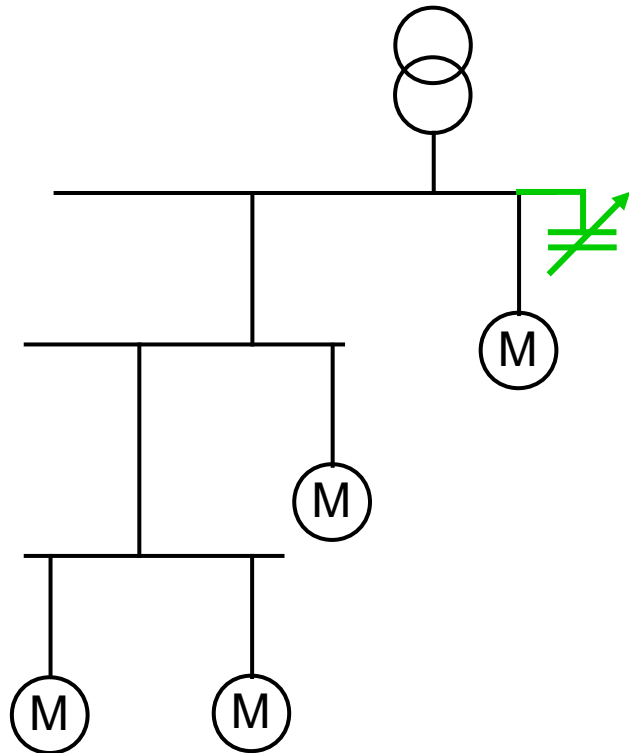


Per rifasare solo B, installiamo un rifasatore fisso (Rif), nel punto X.

Tutto il ramo (colore verde) a monte del punto di inserzione X rimane rifasato.

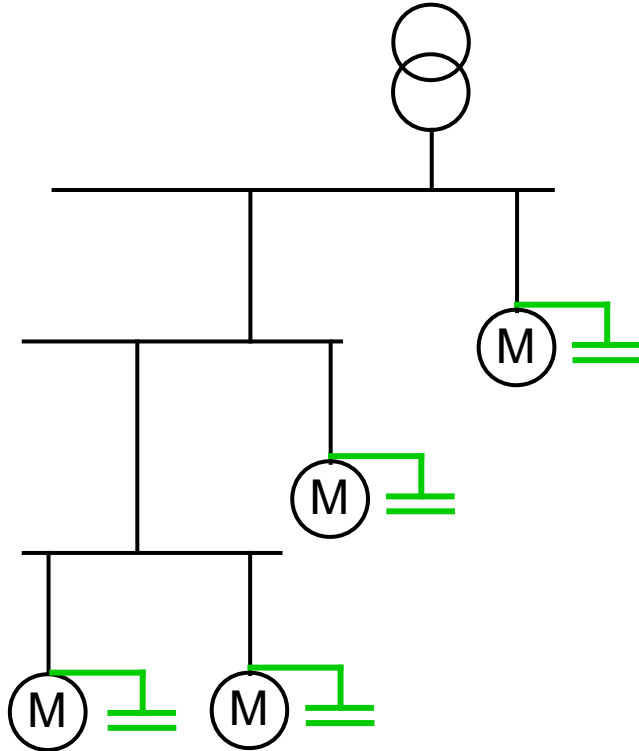
La parte di ramo rossa rimane sfasata.

Gli altri carichi non necessitano di essere rifasati.



- **Vantaggi:**
 - Riduzione dei costi del rifasamento**
 - Un solo rifasatore inserito in un punto**
 - Posso rifasare vari carichi che vengono inseriti in orari differenti**
- **Svantaggi**
 - Necessità di installare un sistema automatico che risulta più costoso**
 - Manutenzione necessaria più gravosa**
 - Dimensionamento più gravoso dei conduttori e delle apparecchiature di manovra e protezione dell'impianto, poiché rimane tutto sfasato.**

Rifasamento distribuito



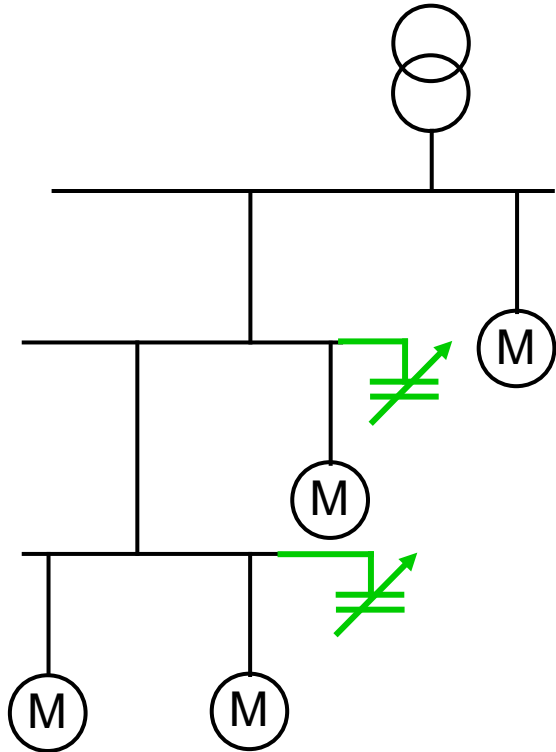
Vantaggi:

Ottimizzazione dei conduttori e degli interruttori, poiché tutto i rami sono rifasati.
Possibilità di utilizzare rifasatori fissi essendo collegati ad un singolo carico, quindi risultano più economici

Svantaggi:

Necessità di installare un maggior numero di rifasatori, uno per ogni carico.

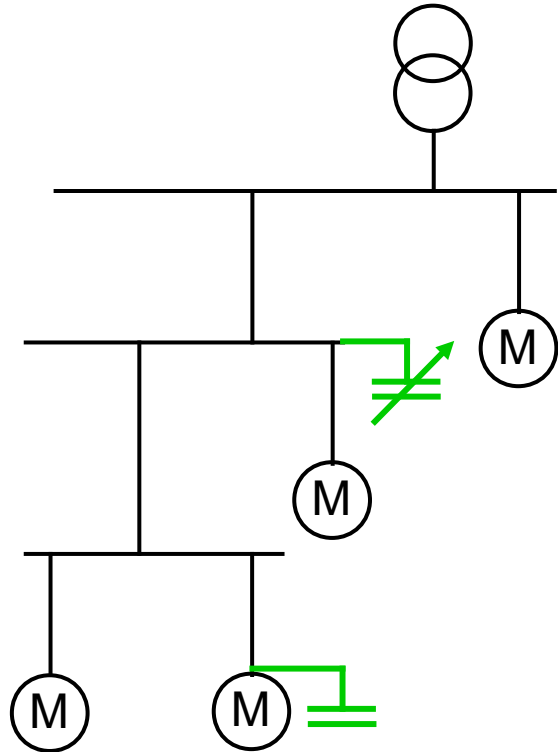
Rifasamento per gruppi



– Vantaggi:

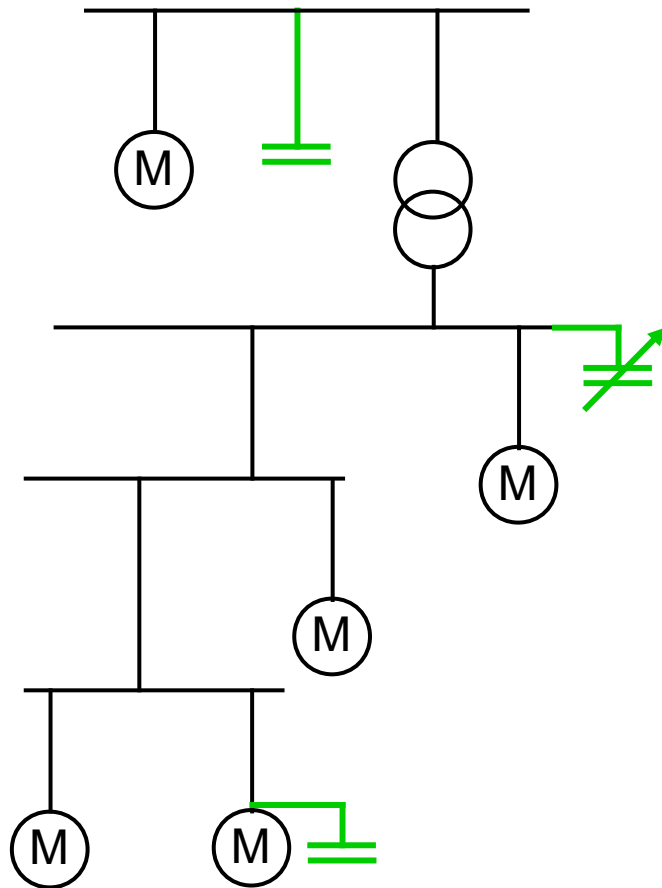
- **Può essere un valido compromesso delle tipologie precedenti**
- **Porre attenzione affinché il rifasatore più a valle sia più veloce di quello a monte, per evitare che si rimbalzino i carichi induttivi-capacitivi**
- **Non “mischiare” rifasatori con e senza induttanze di blocco delle armoniche**

Rifasamento misto



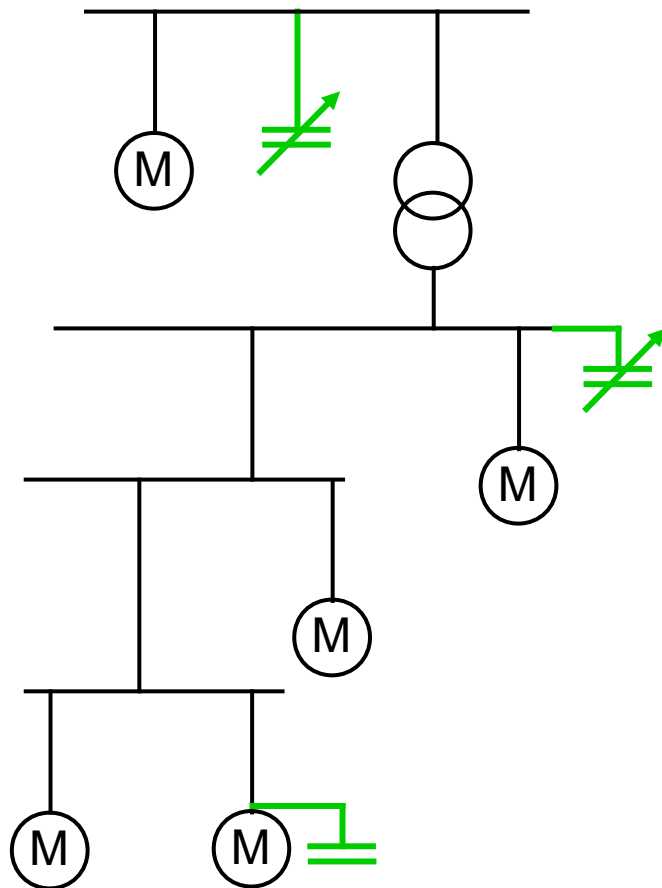
- **Vantaggi:**
 - **Gli stessi visti nel caso del rifasamento per gruppi.**

Rifasamento su diversi livelli di tensione



- **Vantaggi:**
 - **Per impianti con fabbisogni elevati di potenza reattiva**

Rifasamento su diversi livelli di tensione



– Vantaggi:

- **Per impianti con fabbisogni elevati di potenza reattiva, e con fattore di contemporaneità basso.**

Regole fondamentali

Nella stessa maglia BT, i rifasatori fissi e automatici devono essere tutti della stessa tipologia (o con reattanze di blocco o senza).

Non è possibile cioè fare la cosiddetta «inserzione mista».

A volte vengono installati rifasatori automatici «con reattanze di blocco» per i carichi dell'impianto, e rifasatori fissi «senza» per il rifasamento a vuoto del trafo.

Questo non è corretto.

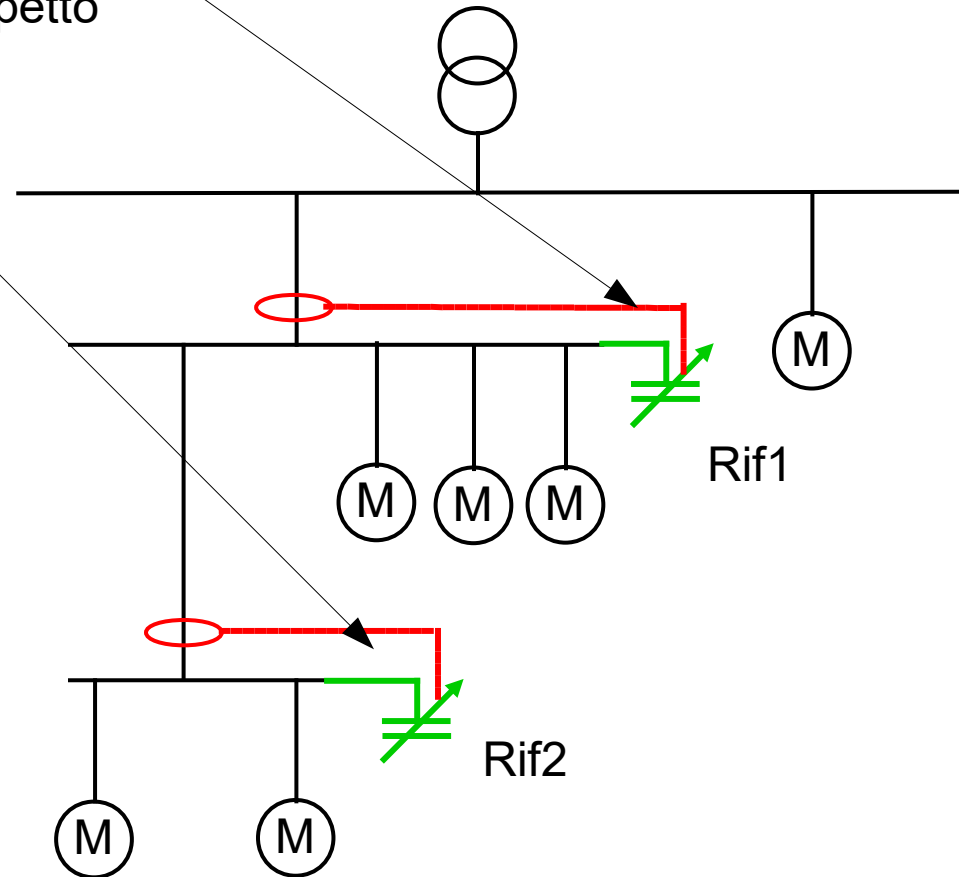
Attenzione ai condensatori posti «a bordo macchina» che potrebbero essere con o senza reattanze di blocco.

Se due rifasatori automatici «vedono» anche parzialmente lo stesso carico, le loro tempistiche di intervento devono essere opportunamente distanziate per evitare che si rimpallino il carico.

Questa valutazione deve essere effettuata partendo dai punti in cui sono installati i rispettivi TA

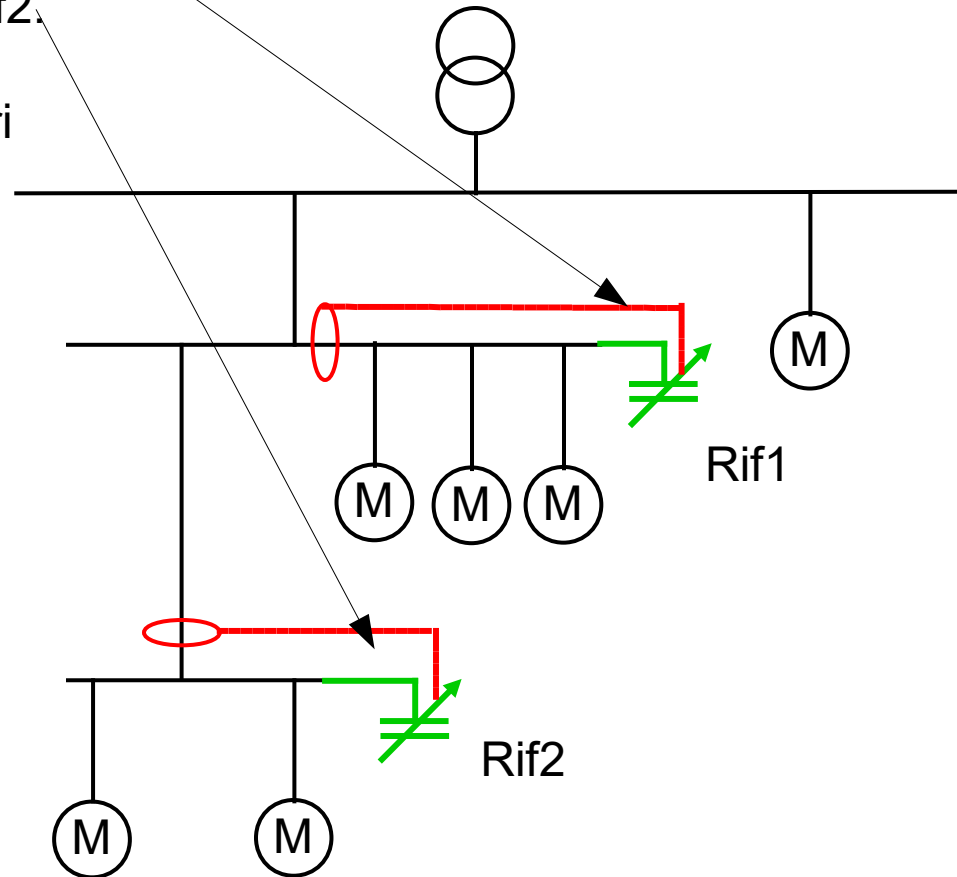
Regole fondamentali

In questo caso il rifasatore Rif1 deve essere più lento rispetto al rifasatore Rif2.



Regole fondamentali

In questo caso il rifasatore Rif1 non legge i carichi del Rif2. Si può considerare l'inserimento dei rifasatori corretto



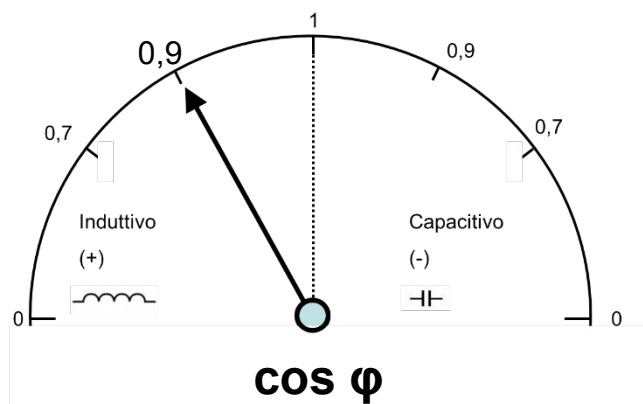
INCONTRO TECNICO

- Rifasamento ed efficienza energetica,**
- il fattore di potenza,**
- delibere dell'autorità e penali,**

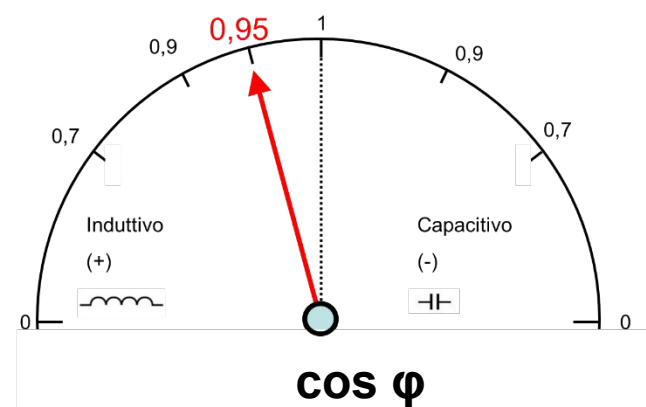
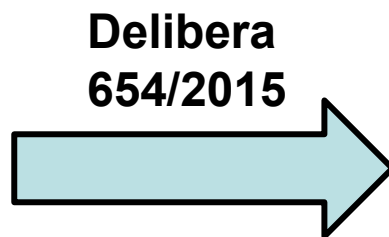
Nota importante

**Le seguenti slide,
predisposte per la presentazione del seminario,
possono contenere imprecisioni o omissioni
(ad esempio di battitura, di trascrizione o altro),
quindi prima di applicare in modo automatico e acritico
quanto riportato nelle pagine seguenti
si deve fare sempre riferimento a quanto indicato
nelle rispettive norme e disposizioni di legge.**

**Rifasamento e
delibera dell'Autorità per
l'energia elettrica, il gas ed il sistema idrico.**



Prima del gennaio 2016



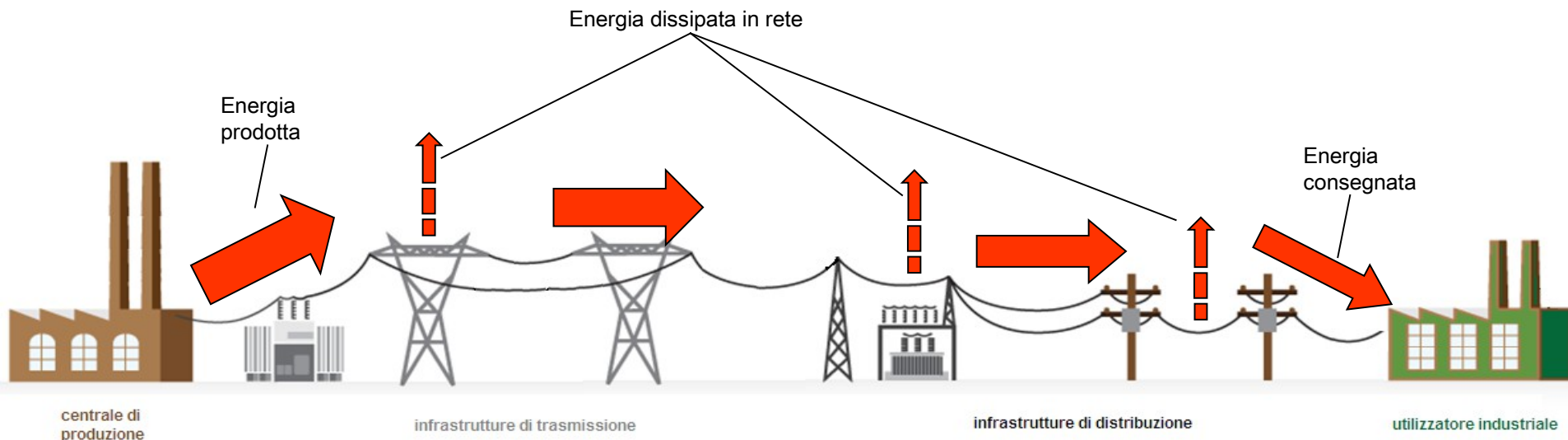
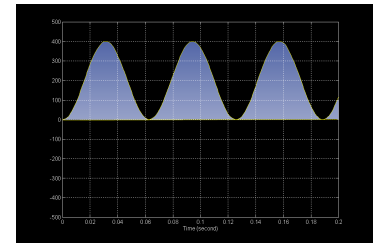
Dal gennaio 2016

Rifasamento ed efficienza energetica

L'energia elettrica prodotta nelle centrali, percorre le reti di trasmissione e di distribuzione fino all'utilizzatore, dove viene utilizzata in altra forma (termica, meccanica, etc). Questa energia si definisce "energia attiva".

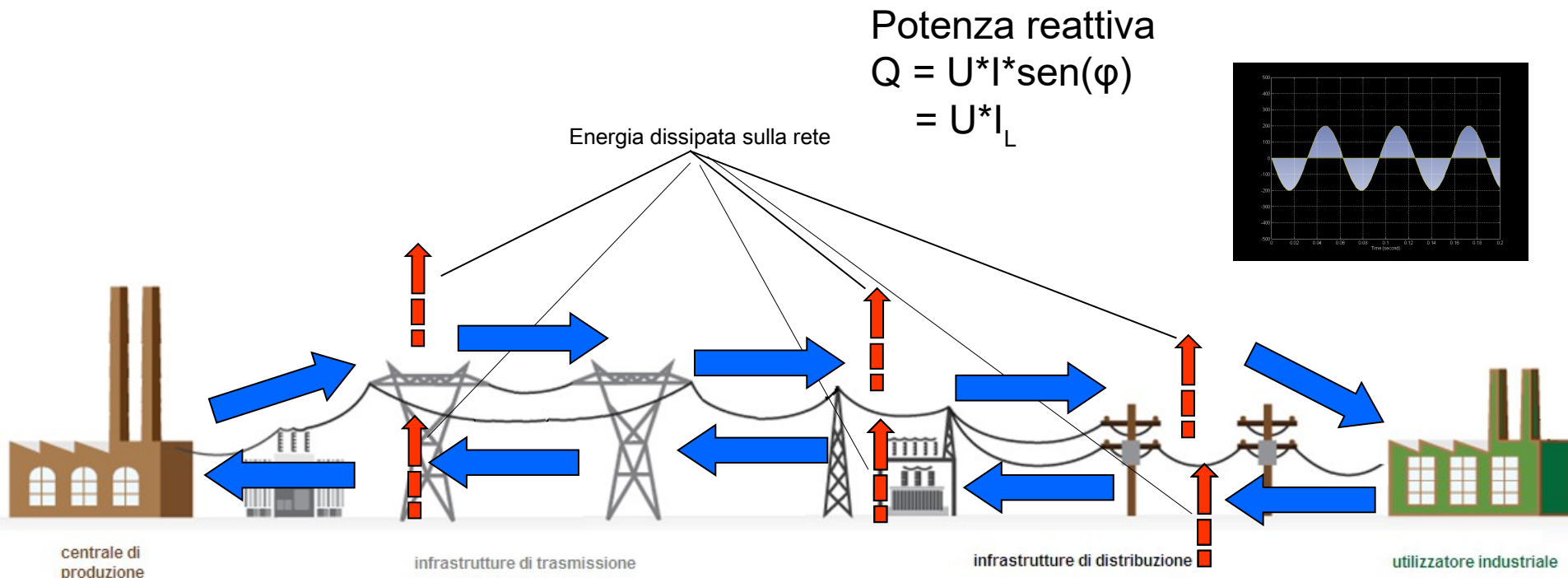
Una parte viene persa in rete (dissipazione joule nei cavi, nei trasformatori, etc).

$$\begin{aligned}\text{Potenza attiva} \\ P &= U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \\ &= U \cdot I_R\end{aligned}$$



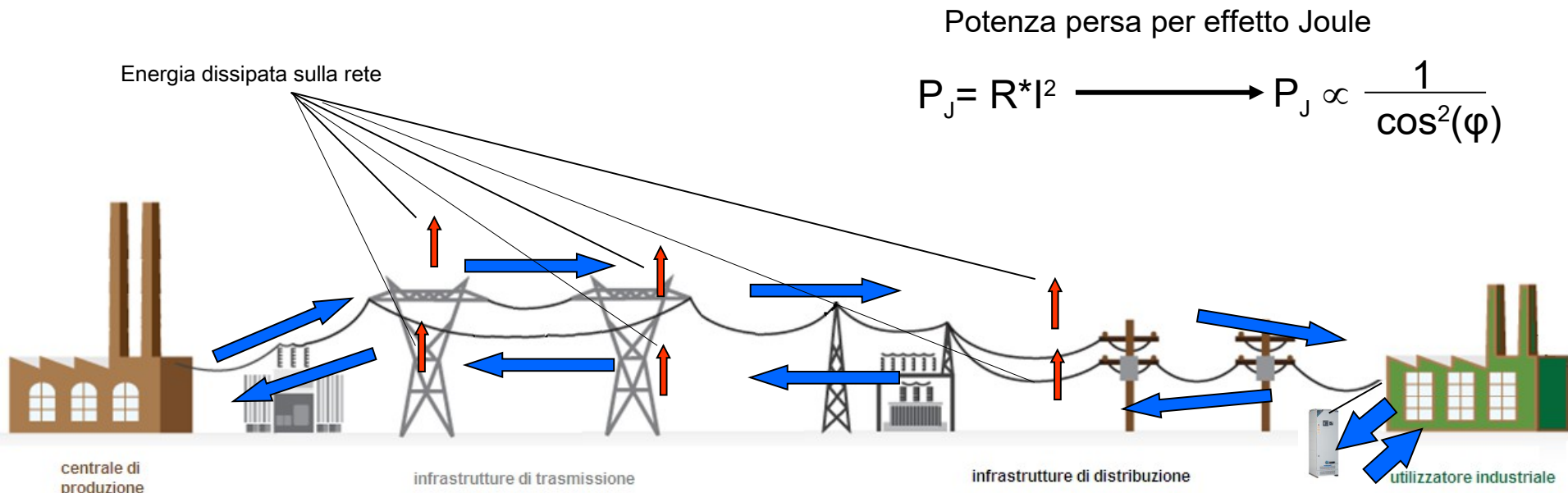
Gli impianti elettrici degli utenti industriali necessitano di un'altra forma di energia che è l'energia "reattiva".

Questa energia non viene consumata, ma viene continuamente "scambiata" tra la centrale di produzione e l'utenza. Durante il doppio percorso sulla rete ("andata" e "ritorno"), causa anch'essa delle ulteriori perdite di energia.



L'energia reattiva può essere scambiata anche localmente con opportuni dispositivi da installare nell'impianto dell'utente, e che funzionano da “scambiatori locali” di energia reattiva: i rifasatori.

I rifasatori riducono le perdite di rete dovute al transito di energia reattiva: la rete è più efficiente e le centrali di produzione possono dedicarsi alla sola energia attiva.



Rifasamento ed efficienza energetica

- l'energia consumata in Italia è circa 350.000 GWh/anno.
il FdP naturale della rete elettrica italiana è $\sim 0,7$:
avremmo perdite joule relative al trasporto dell'energia pari almeno al 3% di quella consumata (10.000 GWh/anno).
- la normativa imponeva un $\text{FdP}=0,9$:
le perdite si riducono del 40%, con un risparmio di ~ 4000 GWh/anno (pari a ~ 2 milioni di tonnellate di CO_2).
- ora abbiamo la nuova imposizione del $\text{FdP}=0,95$
si ha un'ulteriore riduzione delle perdite del 10% (1.000 GWh/anno) ovvero $\sim 0,5$ milioni di tonnellate di CO_2 in meno.

Effetti del basso fdp nell'impianto utente

A pari potenza attiva “P” impegnata, un impianto elettrico con basso $\cos \varphi$ porta una corrente più elevata:

- maggiori perdite di energia per effetto Joule (riscaldamento di cavi, sbarre, trasformatori, etc)

ad es. per sistemi trifasi

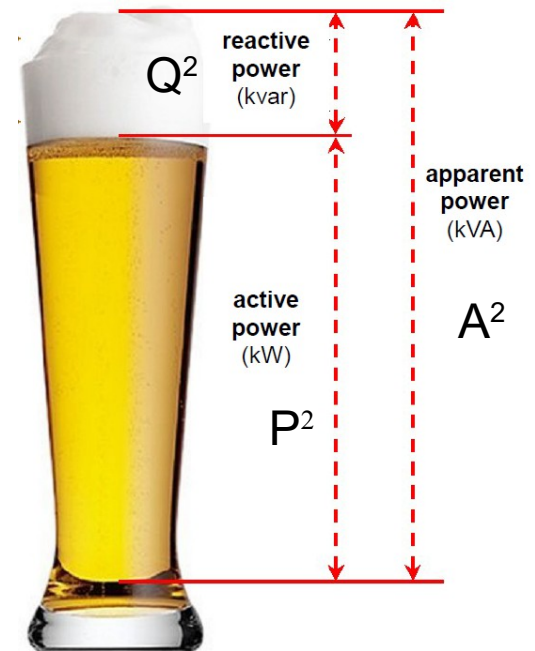
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos(\varphi)}$$

- maggiore caduta di tensione lungo le linee elettriche,
- necessità di sovradimensionamento dei componenti (cavi, barre, organi di manovra e protezione, trasformatori...)

$$A^2 = P^2 + Q^2$$

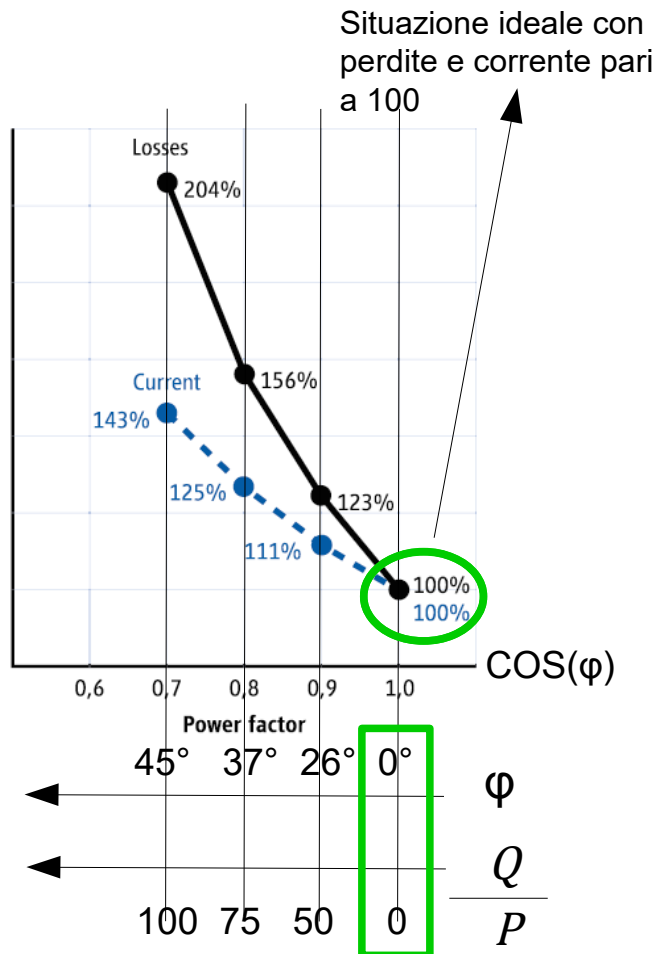
Esempio: trasformatore da 100kVA

Fattore di potenza	P attiva erogata (kW)
0,6	60
0,7	70
0,8	80
0,9	90
1	100



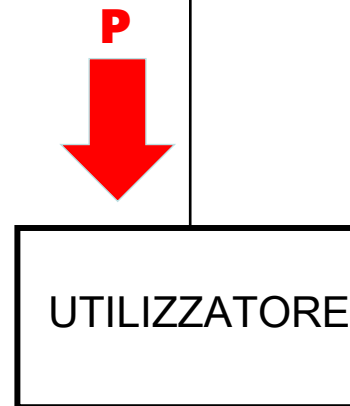
Impatto del fdp su corrente e perdite joule

Caso di una utenza puramente resistiva
quindi solo la potenza attiva (P)



$$\cos(\phi) = Fdp = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{A}$$

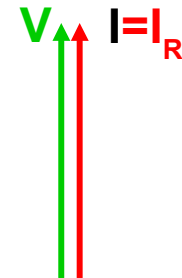
Caso di sola P
Carico resistivo puro



$$\cos(\phi) = 1$$

$$\phi = 0$$

$$P_J = R \cdot I^2 \rightarrow P_J \propto \frac{1}{fdp^2}$$

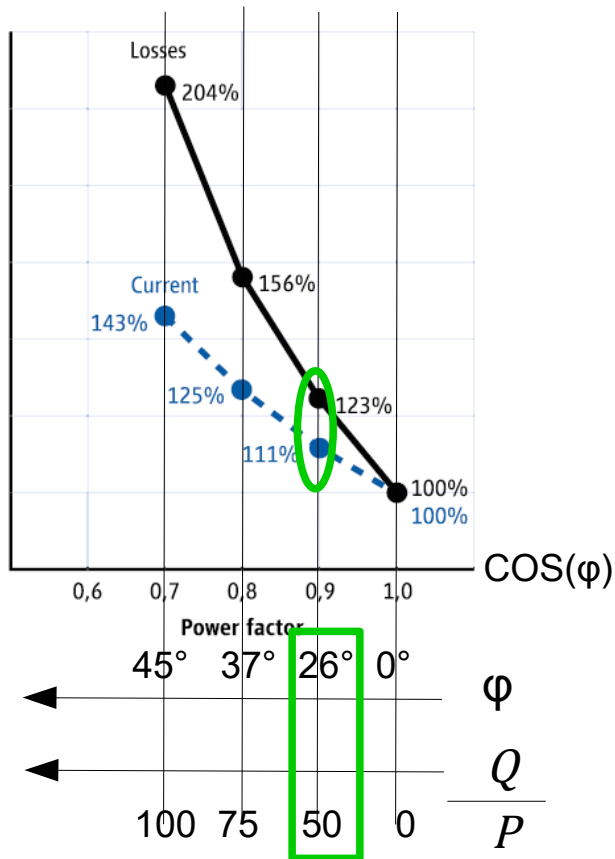


1) Carico puramente resistivo:
I in fase con U
 $\phi = 0$ $\cos(\phi) = 1$

Impatto del fdp su corrente e perdite joule

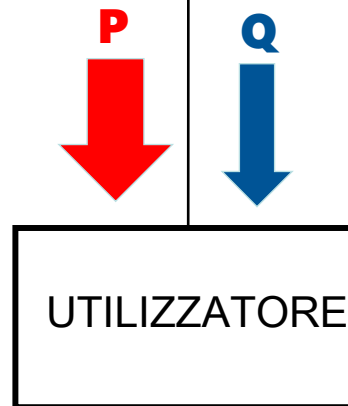
Caso di una utenza con potenza reattiva (Q)
pari alla metà della potenza attiva (P)

$$\cos(\varphi) = \text{Fdp} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{A}$$



Caso di Q pari
alla metà di P

$$P_J = R \cdot I^2 \rightarrow P_J \propto \frac{1}{\text{fdp}^2}$$



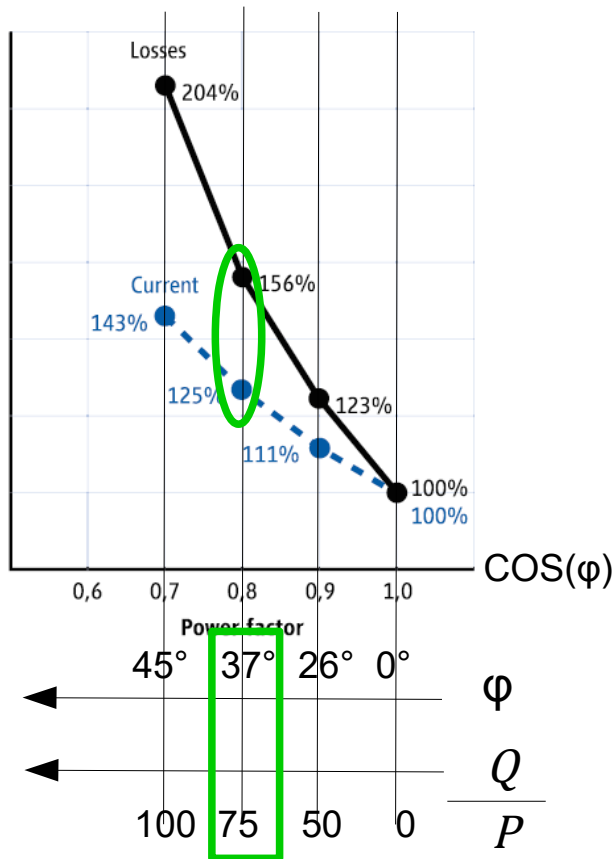
Q = 50% P
COS(φ) = 0,9

φ = 26°

Impatto del fdp su corrente e perdite joule

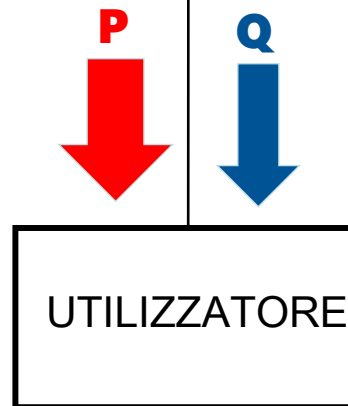
Caso di una utenza con potenza reattiva (Q)
pari a tre quarti della potenza attiva (P)

$$\cos(\varphi) = \text{Fdp} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{A}$$



Caso di Q pari a
tre quarti di P

$$P_J = R \cdot I^2 \rightarrow P_J \propto \frac{1}{\text{fdp}^2}$$



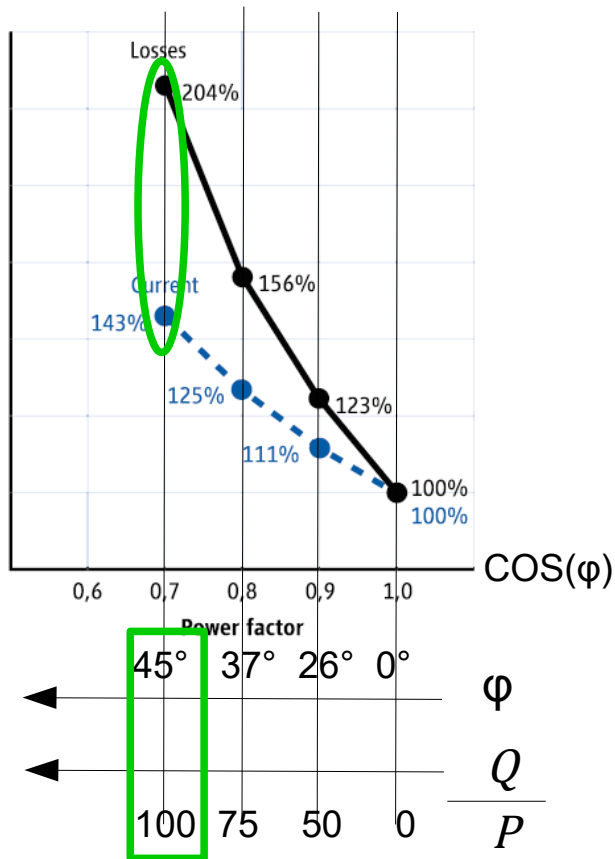
$$Q = 75\% P$$

$$\cos(\varphi) = 0,8 \quad \varphi = 37^\circ$$

Impatto del fdp su corrente e perdite joule

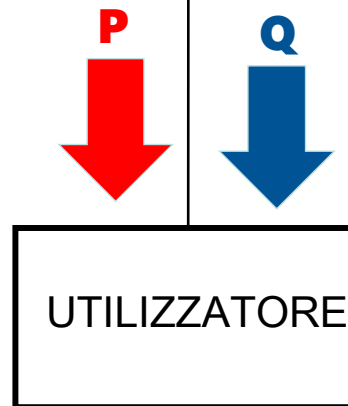
Caso di una utenza con potenza reattiva (Q)
 pari alla della potenza attiva (P)

$$\cos(\varphi) = \text{Fdp} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{A}$$



Caso di Q pari a P

$$P_J = R \cdot I^2 \rightarrow P_J \propto \frac{1}{\text{fdp}^2}$$



$$Q = 100\% P$$

$$\cos(\varphi) = 0,7$$

$$\varphi = 45^\circ$$

Le penali per basso $\cos \varphi$

Nella maggior parte dei Paesi industrializzati le autorità di regolamentazione del mercato elettrico impongono penali per chi “consuma” energia reattiva oltre i limiti fissati, oppure obbligano a rifasare entro determinati valori di $\cos(\varphi)$.

Ciò per orientare l’utente verso un atteggiamento “elettricamente virtuoso” che offre più benefici al sistema elettrico di quanti l’utente possa vedere nel suo impianto.

Il rifasamento: delibera AEEG 654/15

- L'AEEG con la delibera 654/15/R/EEL del 23 dicembre 2015, ha regolamentato il periodo 2016/2023.
- Riportiamo alcune parti della delibera.

Allegato A titolo 5

Corrispettivi per i prelievi di energia elettrica:

Art. 23

Disposizioni generali in materia di prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo nella titolarità di clienti finali bassa e media tensione

- 23.1 Nei punti di prelievo nella titolarità di clienti finali il livello minimo del fattore di potenza istantaneo in corrispondenza del massimo carico per prelievi nelle fasce orarie F1 ed F2 è pari a 0,9.
- 23.2 Nei punti di prelievo nella titolarità di clienti finali il livello minimo del fattore di potenza medio mensile è 0,7.
- 23.3 Non è consentita l'immissione in rete di energia reattiva nei punti di prelievo nella titolarità di clienti finali.
- 23.4 Nei casi in cui non siano rispettate le disposizioni di cui ai precedenti commi 23.1, 23.2 e 23.3, il gestore di rete competente può chiedere l'adeguamento degli impianti, pena la sospensione del servizio.

Articolo 24

Corrispettivi per prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo nella titolarità di clienti finali in bassa e media tensione

- 24.1 Ciascuna impresa distributrice nel caso di punti di prelievo nella disponibilità di clienti finali non domestici connessi in bassa tensione con potenza disponibile superiore a 16,5 kW e nel caso dei punti di prelievo nella disponibilità di clienti finali non domestici connessi in media tensione applica i corrispettivi di cui alla tabella 4.
- 24.2 I corrispettivi di cui alla tabella 4 si applicano all'energia reattiva mensile prelevata in ciascuna fascia oraria.

Articolo 25

**Aggiornamento dei corrispettivi per prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo
nella titolarità di clienti finali in bassa e media tensione**

25.1 I corrispettivi per prelievi di energia reattiva sono aggiornati annualmente dall'Autorità, in corrispondenza con l'aggiornamento delle tariffe per i servizi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.

Il rifasamento: delibera AEEG 654/15

- **Obblighi:**

Il livello minimo del fattore di potenza «istantaneo» in corrispondenza del massimo carico, è pari a 0,9.

Cosa significa "istantaneo" in corrispondenza del massimo carico?

Poichè, nella maggior parte dei casi, i contatori leggono i valori ogni 15' (minuti), il significato di "istantaneo" va riferito all'intervallo minimo di lettura del contatore (in questo caso 15'). Nell'intervallo di 15' in cui si preleva la potenza massima deve risultare un valore di FdP almeno di 0,9.

Il livello minimo del fattore di potenza medio mensile è pari a 0,7.

Questa indicazione si ricava dalla bolletta elettrica, rilevando il valore del $\cos\phi$ dalla bolletta stessa, oppure calcolandone il valore dai dati della bolletta quali E_a e E_r .

Non è consentita l'immissione in rete di energia reattiva

Non è possibile rifasare oltre il fattore 1, o meglio la I (corrente) totale non può essere in anticipo rispetto ad U (tensione), si deve stare nel quadrante induttivo, non si può invadere il quadrante capacitivo.

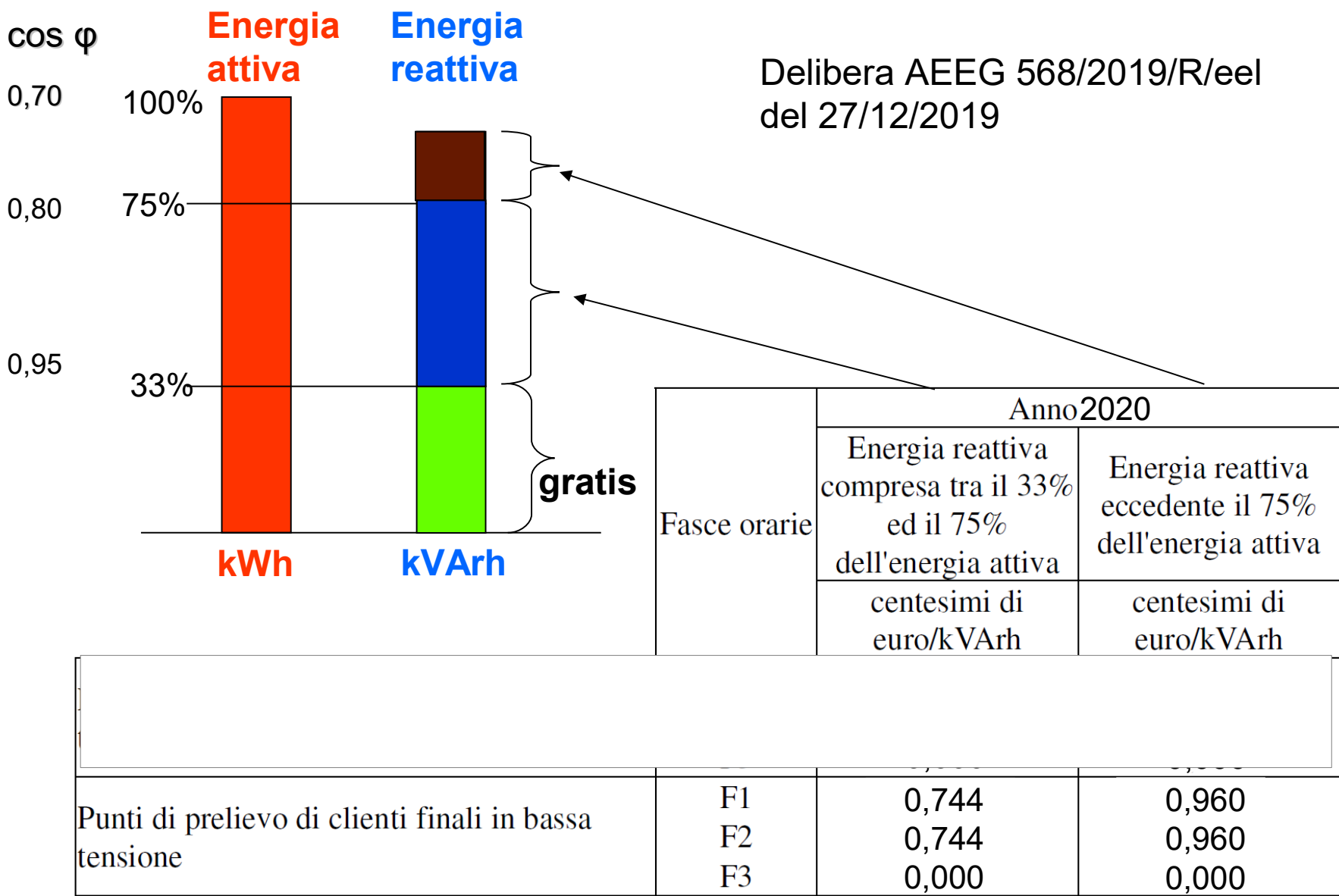
Questi obblighi sono indipendenti dalle penali economiche, se non rispettati danno la facoltà al fornitore di energia elettrica di chiedere l'adeguamento, pena il distacco dalla fornitura elettrica.

Il rifasamento: delibera AEEG

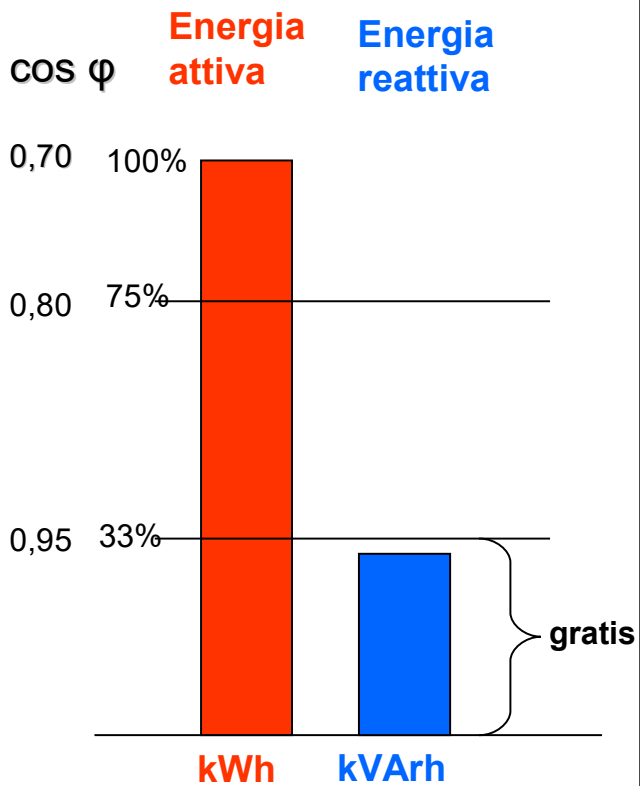
- Penali:
 - Vengono calcolate con i coefficienti di tabella, considerando che l'energia reattiva (E_R) prelevata è gratuita fino al 33% di quella attiva (E_A).

$\cos \varphi$	$E_R/E_A \%$				
0,95	33				
0,80	75				
0,70	100				
		$0,8 \leq \cos \varphi < 0,95$			
		$\cos \varphi < 0,8$			
		Fasce orarie	Anno 2020		
			Energia reattiva compresa tra il 33% ed il 75% dell'energia attiva	Energia reattiva eccedente il 75% dell'energia attiva	
			centesimi di euro/kVArh	centesimi di euro/kVArh	
Punti di prelievo di clienti finali in bassa tensione			F1	0,744	0,959
			F2	0,744	0,959
			F3	0,000	0,000

Il rifasamento: delibera AEEG

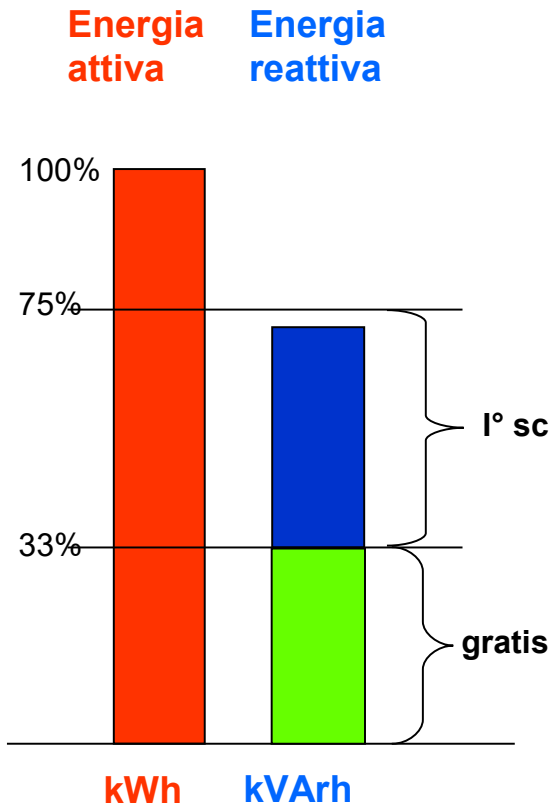


Il rifasamento: delibera AEEG 654/15



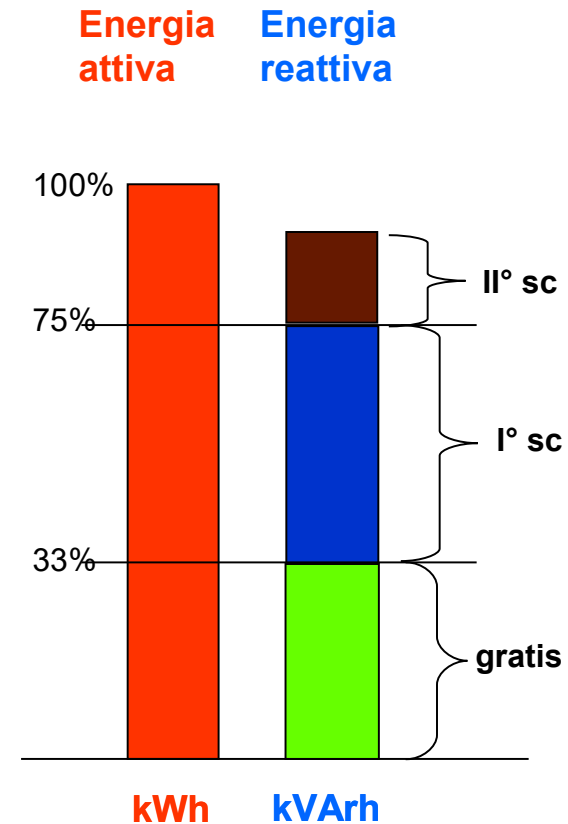
$\cos \varphi \geq 0,95$

IMPIANTO EFFICIENTE
Non necessita alcun intervento



$0,8 \leq \cos \varphi < 0,95$

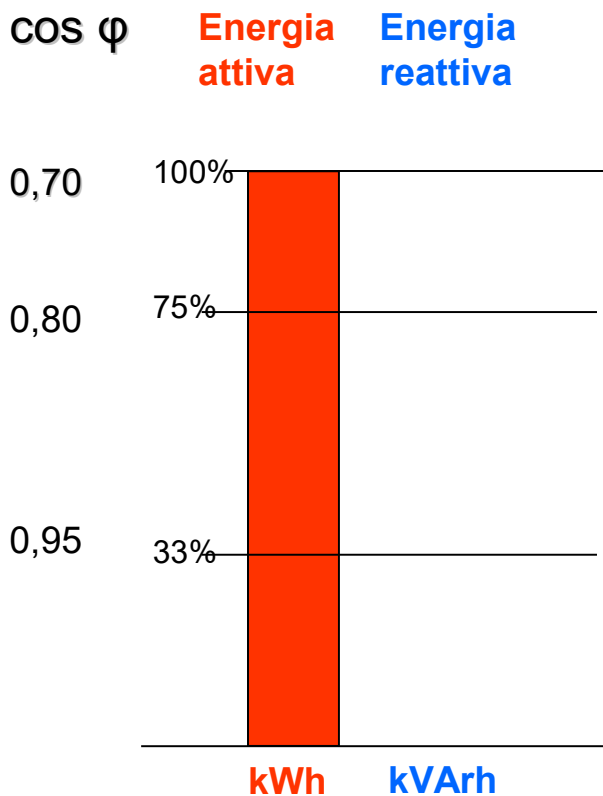
IMPIANTO POCO EFFICIENTE
Prevedere un rifasamento



$\cos \varphi < 0,8$

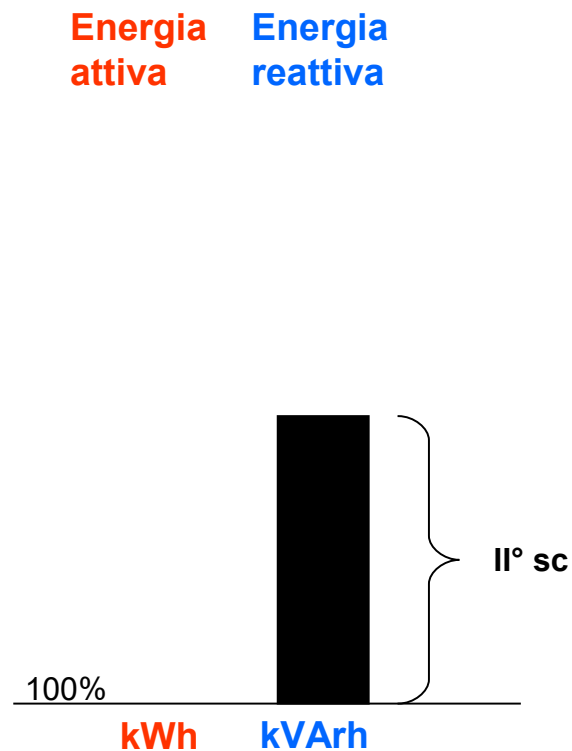
IMPIANTO NON EFFICIENTE
Rischio di distacco se $E_r > E_a$
($Q > P$) serve rifasamento

Il rifasamento: delibera AEEG 654/15



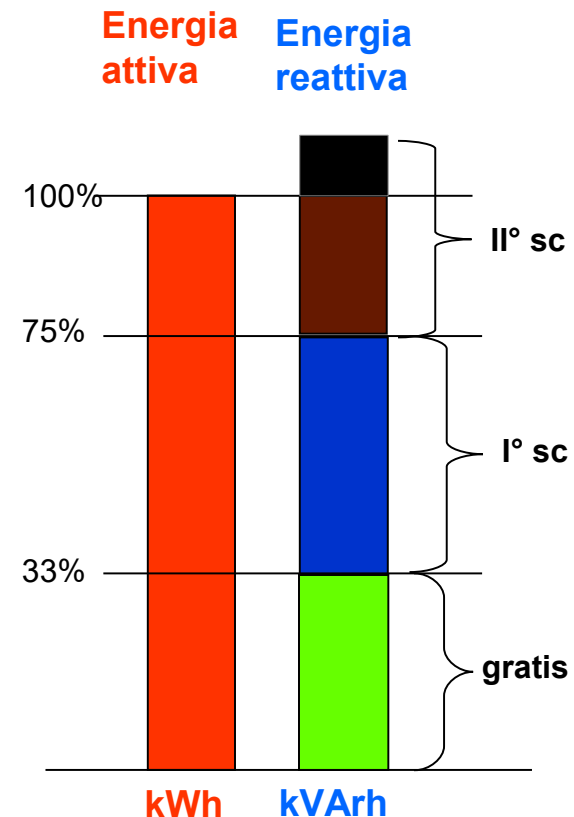
$\cos \varphi = 1$

Carichi solo resistivi -
Es: forni elettrici



$\cos \varphi = 0$

Carichi solo induttivi -
Es: fotovoltaico con consumo in
loco e allaccio alla rete da cui si
preleva Q E_R



$\cos \varphi < 0,7$

Carichi molto induttivi

Si ribadisce l'importanza della trasparenza delle bollette e l'evidenza delle penali per energia reattiva (per clienti in BT).

Articolo 4

Periodo di riferimento della fatturazione e consumi

4.1 La bolletta evidenzia:

- a) il periodo cui si riferisce la fatturazione, i termini di emissione e di scadenza del pagamento;
- b) le letture rilevate o le eventuali autoletture valide ai fini della fatturazione ai sensi del contratto di fornitura, eventualmente articolate per fasce orarie;
- c) i consumi rilevati per il periodo di riferimento, eventualmente articolati per fasce orarie;
- d) i consumi fatturati per il periodo di riferimento, eventualmente articolati per fasce orarie;
- e) l'energia reattiva fatturata, ove il contratto lo preveda.



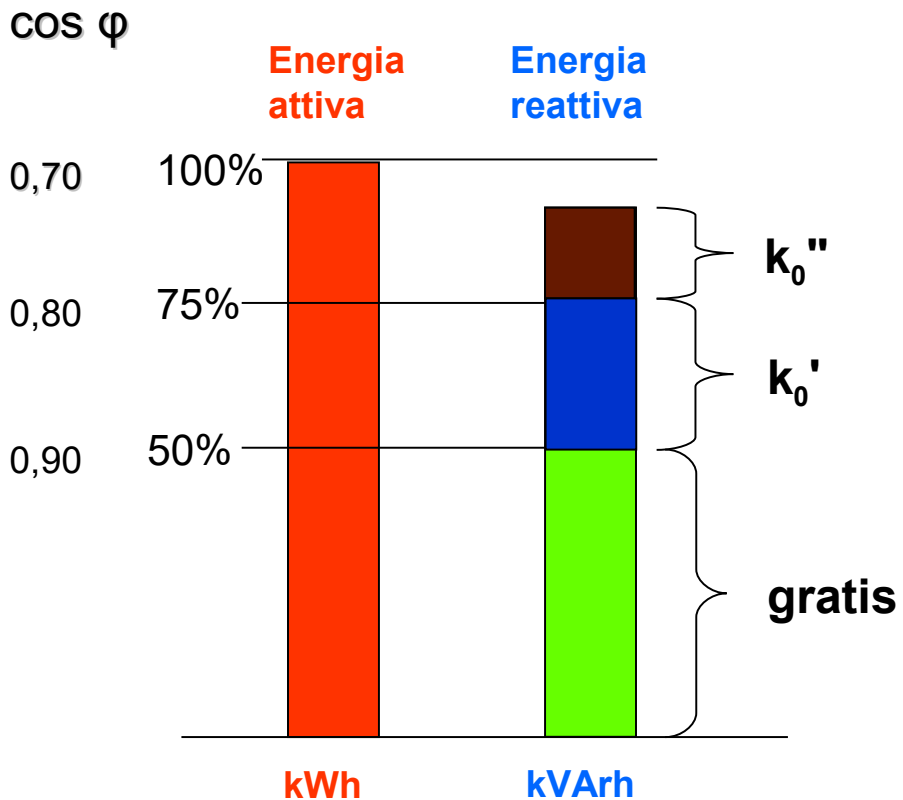
--	--

- **Nell'Allegato A, vengono definite le grandezze che compaiono nella relazione tra energia elettrica (utenti BT) e gas.**

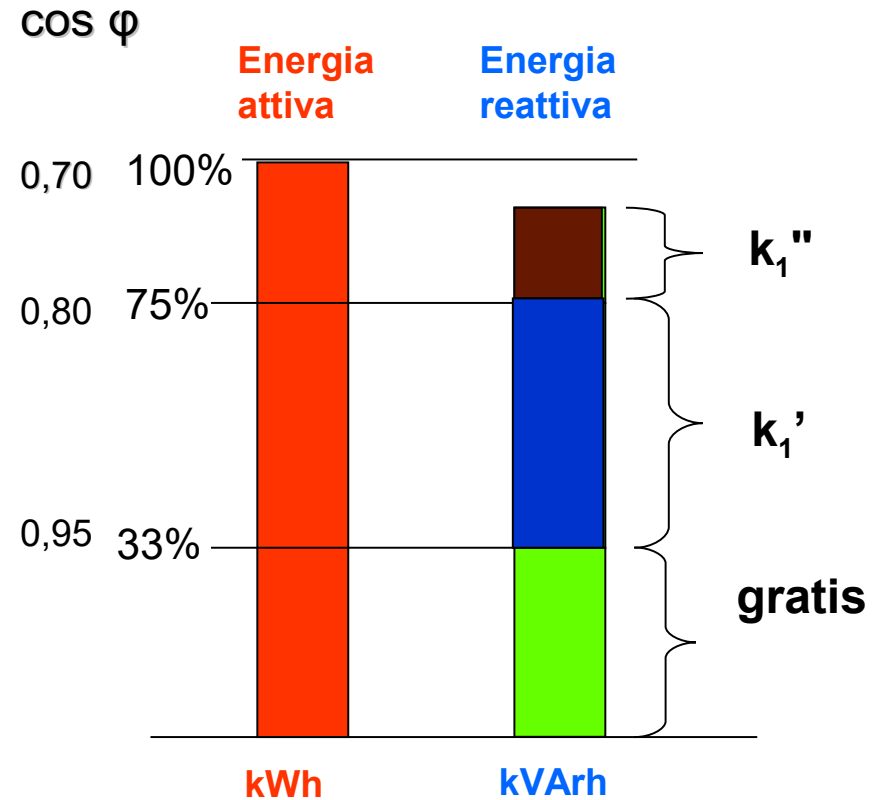
Fascia F1 (ore di punta)	Dal lunedì al venerdì: dalle ore 8.00 alle ore 19.00, escluse le festività nazionali.
Fascia F2 (ore intermedie)	Dal lunedì al venerdì: dalle ore 7.00 alle ore 8.00 e dalle ore 19.00 alle ore 23.00, escluse le festività nazionali. Il sabato: dalle ore 7.00 alle ore 23.00, escluse le festività nazionali.
Fascia F3 (ore fuori punta)	Dal lunedì al sabato: dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 alle ore 24.00. La domenica e festivi: tutte le ore della giornata.
Fascia F2+F3 (o F23)	Dalle 19.00 alle 8.00 di tutti i giorni feriali, tutti i sabati, domeniche e giorni festivi. Questa <i>fascia oraria</i> comprende cioè tutte le ore incluse nelle due fasce F2 e F3.

[illegible]

Il rifasamento: direttiva AEEG 654/15



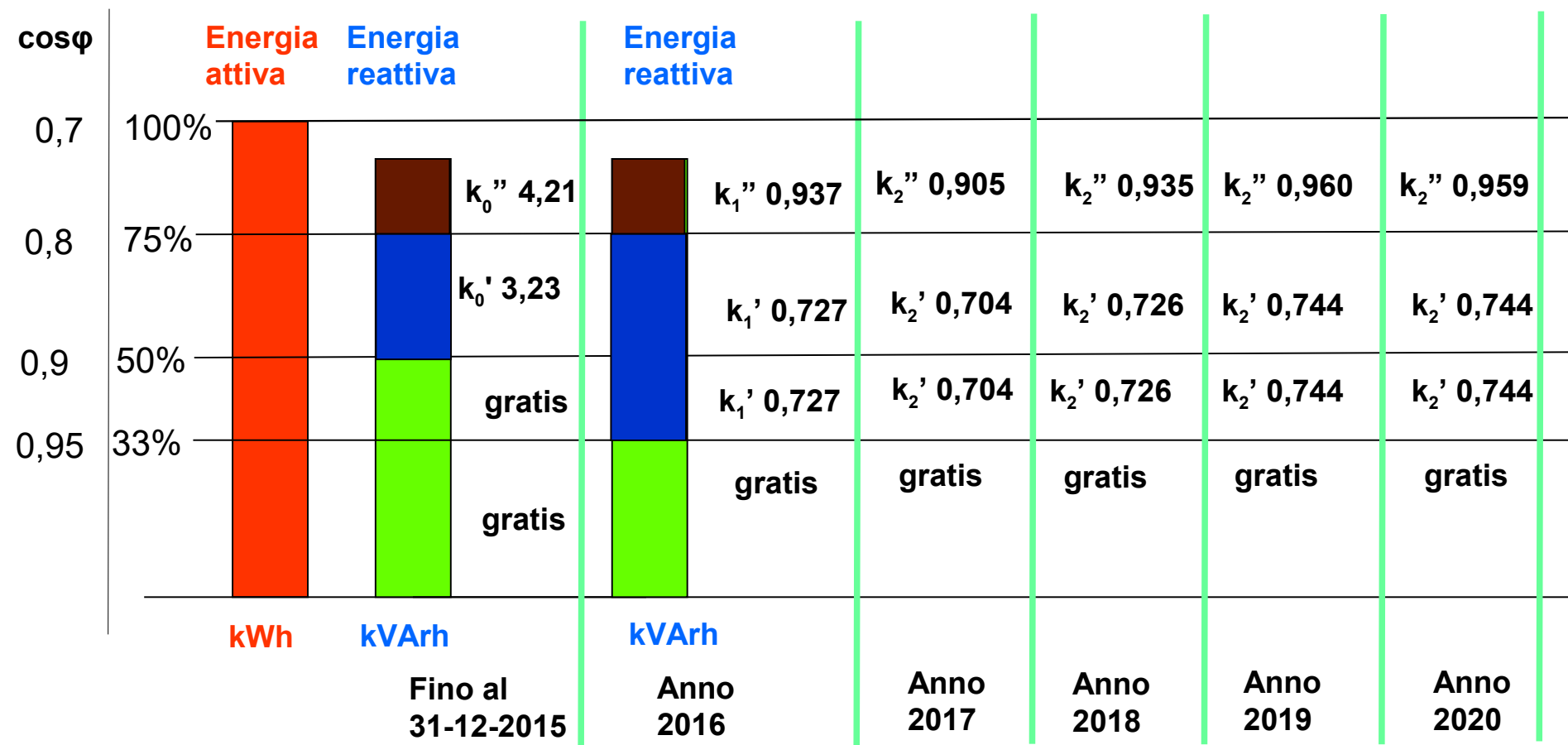
Fino al 31 dicembre 2015



Dal 1 gennaio 2016

I coefficienti risultano ridotti. Le penali risultano ridotte

Il rifasamento: direttiva AEEG 654/15



Le penali indicate sono in centesimi di euro al kVAr h

I coefficienti e le penali diminuiscono di molto nei primi due anni (2016 e 2017)
ma dal 2018 incominciano ad aumentare per poi stabilizzarsi nel 2020

Dimensionamento del rifasamento



- Se sul quadro generale dell'impianto c'è un multimetro, o meglio uno strumento che registra i dati, si può stimare il $\cos(\varphi)$:
 - consultare il $\cos(\varphi)$ misurato (meglio se valore medio della settimana o del mese)
 - consultare i dati di energia attiva e reattiva memorizzati



Rifasamento dai dati della fattura elettrica

- **Nel caso non si abbia un misuratore sul quadro dell'impianto si deve rilevare il tutto dalle bollette elettriche**
- **Vediamo alcuni fornitori di energia elettrica come forniscono le bollette e come si possono rilevare i dati, che purtroppo non sempre sono di facile lettura.**

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 1 - (En-Tu)

CONSUMI FATTURATI E DETTAGLIO LETTURE

Consumo annuo

F1 24007 F2 3713 F3 1043

Totale consumo annuo in kWh 28763

Consumo effettivo da inizio fornitura

Consumi rilevati e fatturati

Data	Energia Attiva			Energia Reattiva			Potenza Massima	Tipo
	F1	F2	F3	F1	F2	F3		
<i>dal 31.12.2015 al 31.01.2016</i>	8576	1019	352	8288	993	213	63,0	reale
consumo fatturato	ore di punta	ore intermedie	ore fuori punta					
<i>dal 31.12.2015 al 31.01.2016</i>	8576	1019	352	5458	656		63,0	trioraria

I consumi in fattura, sono attribuiti sulla base delle letture rilevate dal distributore e/o autoletture comunicate dal cliente e/o da eventuali stime

Consumo Fatturato in base alla tariffa applicata

Dettaglio delle letture

Data	Energia attiva			Energia reattiva			Cosfi			Potenza			Tipo
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	
31.12.15	15921	4112	1868	16717	3224	1071							reale
31.01.16	24497	5131	2220	25005	4217	1284	0,719	0,716	0,856	63	56	13	reale

Abbiamo calcolato questa bolletta tenendo conto delle letture sopra esposte. Gli importi relativi a eventuali letture stimate saranno oggetto di successivo calcolo.

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 2 - (En-Li)

CONSUMI FATTURATI E DETTAGLIO LETTURE

Consumo da inizio fornitura

Picco

2.741

Fuori picco

506

Consumo rilevato

dal 01.07.2017 al 31.07.2017

F1

1.538

F2

402

F3

31

Consumo rilevato reattiva

dal 01.07.2017 al 31.07.2017

F1

1.372

F2

329

F3

10

Consumo fatturato

dal 01.07.2017 al 31.07.2017

Picco

1.588

Fuori picco

383

Totale consumo annuo in kWh

3.247

Consumo effettivo da inizio fornitura

Reattiva fatturata

Entro il 75%

815

Oltre il 75%

246

Totale energia attiva kWh

1.971

Consumi attribuiti sulla base delle letture rilevate dal distributore

POTENZA FATTURATA

kW 28,00

COSfi

0,74

Totale energia reattiva kVarh

1.711

Consumi attribuiti sulla base delle letture rilevate dal distributore

Totale energia attiva kWh

1.971

Consumo fatturato nel periodo in base all'offerta sottoscritta

Totale energia reattiva fatturata in kVarh

1.061

Energia reattiva fatturata rilevata dal distributore

Dettaglio letture/consumi

Data	F1	F2	F3	F1	F2	F3	Tipo
30/06/2017	1.138	118	28	998	75	15	(rilevata)
31/07/2017	2.676	520	59	2.370	404	25	(rilevata)

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 3 - (Est)

Potenza impegnata 90,00 kW
Potenza disponibile 90,00 kW
Tensione di alimentazione BASSA TENSIONE
Tipologia cliente ALTRI USI

Data attivazione fornitura 01.08.2016
Decorrenza prezzo 01.08.2016
Consumo da inizio fornitura (kWh)
Fascia F1 84.529
Fascia F2 23.893
Fascia F3 8.622
TOTALE 117.044

I TUOI CONSUMI DAL 01.03.2017 AL 31.03.2017

TOTALE kWh 26.383

Letture (kWh)	Data	F0	F1	F2	F3
Rilevata	28.02.2017	0	0	0	0
Rilevata cessazione	31.03.2017	0	16.911	6.445	3.027

Consumi (kWh)	Periodo di riferimento	F0	F1	F2	F3
Effettivi	01.03.2017 - 31.03.2017	0	16.911	6.445	3.027
Fatturati		0	16.911	6.445	3.027

Energia reattiva (kvarh)	Data	F0	F1	F2	F3
Rilevata	28.02.2017	0	0	0	0
Rilevata cessazione	31.03.2017	0	9.045	3.052	1.399
Consumi eccedenti il 33%		0	3.464	925	0

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 4 - (Gs-Nat)

Dettaglio letture e consumi

Data Lettura	Tipo Lettura	F1	F2	F3	
Energia attiva					
30/04/2017	Reale	0	0	0	
09/05/2017	Reale	3.714	1.188	765	
31/05/2017	Reale	14.478	3.959	1.693	
Energia reattiva					
09/05/2017		2.070	581	366	
31/05/2017		7.658	1.958	869	
Potenza					
09/05/2017		124	93	92	
31/05/2017		124	92	93	
Consumi					
		F1	F2	F3	Totale
Rilevato (kWh)		3.714	1.188	765	5.667
Rilevato (kWh)		14.478	3.959	1.693	20.130
Rilevato (%)		71%	20%	9%	100%
Fatturato (kWh)		18.192	5.147	2.458	25.797
Consumo annuo (kWh)		30.689	9.930	5.520	46.139

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 5 - (Gs-Wy)

Servizio: Energia Elettrica

LETTURE E CONSUMI

DETTAGLIO LETTURE

ENERGIA ATTIVA (kWh)

Periodo	Consumo	F1	F2	F3	TOT
Dal 01/05/17 al 31/05/17	Rilevato	2.805	1.739	1.683	
TOTALE		2.805	1.739	1.683	6.227

ENERGIA REATTIVA (kVARh)

Periodo	Consumo	F1	F2	F3	TOT
Dal 01/05/17 al 31/05/17	Rilevato	585	470	1.089	
TOTALE		585	470	1.089	2.144

POTENZA (kW)

Periodo	Consumo	F1	F2	F3
Dal 01/05/17 al 31/05/17	Rilevato	22	23	19

QUADRO DI DETTAGLIO CONSUMI FATTURATI

		F1	F2	F3	TOT
ENERGIA ATTIVA	kWh	2.805	1.739	1.683	6.227
POTENZA	kW				23

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 6 - (GK)

Potenza impegnata	90,00 kW
Potenza disponibile	90,00 kW
Tensione	380
Tipo contatore	EO
Consumo annuo	26.812 kW
Fascia F1	21.062 kW
Fascia F2	4.660 kW
Fascia F3	1.090 kW

Riepilogo letture

Data	Tipologia	Energia attiva				F0 kVAh	Energia reattiva		
		F0 kWh	F1 kWh	F2 kWh	F3 kWh		F1 kVAh	F2 kVAh	F3 kVAh
30/11/2015	reali					0	0	0	0
31/12/2015	reali		1.929	472	134	0	1.297	297	65
31/01/2016	stimate		3.034	927	762				

Valore letto

Riepilogo consumi

Periodo		Tipo consumo	F0 kWh	Energia attiva			F0 kVAh	Energia reattiva		
dal	al			F1 kWh	F2 kWh	F3 kWh		F1 kVAh	F2 kVAh	F3 kVAh
01/12/2015	31/12/2015	reali		1.929	472	134	0	333	61	0
01/01/2016	31/01/2016	stimate		1.105	455	628				
Totale consumi reali nel periodo				1.929	472	134	0	333	61	0
Totale consumi stimati nel periodo*				1.105	455	628				
Totale consumi fatturati nel periodo				3.034	927	762	0	333	61	0

Gli importi fatturati per letture stimate saranno oggetto di successivo ricalcolo

Valore fatturato

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 7 - (R-P)

tensione	bassa (380 V)
potenza disponibile	105 kW
consumo annuo	da apr 2017 a mag 2017
F1	23.145 kWh
F2	4.127 kWh
F3	868 kWh
	28.140 kWh

Servizi di vendita	quantità
Quota energia	
energia F1 (staffetta) - Prezzo Fisso	12.669 kWh
energia F2 (staffetta) - Prezzo Fisso	2.090 kWh
energia F3 (staffetta) - Prezzo Fisso	475 kWh
Oneri di dispacciamento	15.234 kWh
Perdite di rete in BT	15.234 kWh
Quota fissa	
PCV1 (remunerazione attività di vendita)	1 mese
DISPbt (parte fissa)	1 mese
conguagli dei mesi precedenti	
Quota energia	
dal 01/04/2017 al 30/04/2017	
Oneri di dispacciamento	12.906 kWh
Oneri di dispacciamento	-12.906 kWh
totale	15.234 kWh

Servizi di rete	
Quota fissa	1 mese
Quota energia	15.234 kWh
Quota potenza	74 kW
totale	

Energia reattiva	
F1 - tra 33% e 75% di energia attiva	5.321 kVARh
F1 - tra 76% e 100% di energia attiva	1.034 kVARh
F2 - tra 33% e 75% di energia attiva	878 kVARh
F2 - tra 76% e 100% di energia attiva	323 kVARh
totale	

Energia	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	totale (kWh)
aprile 2017	10.476	2.037	393	12.906
maggio 2017	12.669	2.090	475	15.234
giugno 2017	.	.	.	.
luglio 2017	.	.	.	.
agosto 2017	.	.	.	.
settembre 2017	.	.	.	.
ottobre 2017	.	.	.	.
novembre 2017	.	.	.	.
dicembre 2017	.	.	.	.
gennaio 2018	.	.	.	.
febbraio 2018	.	.	.	.
marzo 2018	.	.	.	.
totale (kWh)	23.145	4.127	868	28.140

Media giornaliera	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	media (kWh)
aprile 2017	349	68	13	430
maggio 2017	409	67	15	491
delta (kWh)	60	1	2	61

Potenza	F1 (kW)	F2 (kW)	F3 (kW)	max (kW)
aprile 2017	76	76	76	76
maggio 2017	74	74	74	74
giugno 2017	.	.	.	.
luglio 2017	.	.	.	.
agosto 2017	.	.	.	.
settembre 2017	.	.	.	.
ottobre 2017	.	.	.	.
novembre 2017	.	.	.	.
dicembre 2017	.	.	.	.
gennaio 2018	.	.	.	.
febbraio 2018	.	.	.	.
marzo 2018	.	.	.	.
max (kW)	76	76	76	76

Cosφ	F1	F2	F3	media
aprile 2017	0,780	0,760	0,811	0,778
maggio 2017	0,769	0,742	0,763	0,765
giugno 2017	.	.	.	.
luglio 2017	.	.	.	.
agosto 2017	.	.	.	.
settembre 2017	.	.	.	.
ottobre 2017	.	.	.	.
novembre 2017	.	.	.	.
dicembre 2017	.	.	.	.
gennaio 2018	.	.	.	.
febbraio 2018	.	.	.	.
marzo 2018	.	.	.	.
media	0,774	0,751	0,785	0,771

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 8 - (AA)

PERIODO		ENERGIA ATTIVA	LETTURA	TIPO DI	LETTURA	TIPO DI	CONSUMO	TIPO DI
dal	al		INIZIALE	LETTURA	FINALE	LETTURA		CONSUMO
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F1	18.148	Reale	18.417	Reale	269 kWh	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F2	6.294	Reale	6.387	Reale	93 kWh	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F3	478	Reale	481	Reale	3 kWh	Rilevato

PERIODO		ENERGIA REATTIVA	LETTURA	TIPO DI	LETTURA	TIPO DI	CONSUMO	TIPO DI
dal	al		INIZIALE	LETTURA	FINALE	LETTURA		CONSUMO
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F1	19.869	Reale	20.178	Reale	309 kvarh	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F2	6.859	Reale	6.968	Reale	109 kvarh	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F3	322	Reale	324	Reale	2 kvarh	Rilevato

PERIODO		POTENZA	LETTURA	TIPO DI	LETTURA	TIPO DI	CONSUMO	TIPO DI
dal	al		INIZIALE	LETTURA	FINALE	LETTURA		CONSUMO
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F1					4,692 kW	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F2					3,770 kW	Rilevato
31.05.2017	30.06.2017	Fascia oraria F3					0,403 kW	Rilevato

	Fascia 1	Fascia 2	Fascia 3	Totale
Totale consumo rilevato di energia attiva	269 kWh	93 kWh	3 kWh	365 kWh
Totale consumo fatturato di energia attiva	269 kWh	93 kWh	3 kWh	365 kWh

Cos(fi) F1 = 0,656 dal 01.06.2017 al 30.06.2017

Cos(fi) F2 = 0,649 dal 01.06.2017 al 30.06.2017

Tipologia contatore

Elettronico gestito per fasce

Periodicità di fatturazione

Mensile

Tensione di alimentazione

380 Volt

Potenza impegnata

20,00 kW

Potenza disponibile

22,00 kW

Consumo annuo

Fascia F1: 2.689 kWh

Fascia F2: 858 kWh

Fascia F3: 46 kWh

Data attivazione della fornitura

01/08/2016

Deposito cauzionale versato

Lettura dei dati della fattura elettrica

Bolletta 9 - (Ge)

Inizio fornitura 01/11/2014, Tensione di alimentazione 400 V Basse Tensione, Potenza Impegnata 62,0 kW, Tipo mercato Altri usi, Classe misuratore Contatore elettronico a fascio, Potenza disponibile 62.0 kW, Formula Energia Stabile

Matricola:	kWh F1	kWh F2	kWh F3	kvarh F1	kvarh F2	kvarh F3	kW F1	kW F2	kW F3
00027562									
Lettura Eseguita al 01-08-2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lettura Eseguita al 01-09-2017	4801	3318	5845	3934	2641	4404	33	0	0
Giorni: 31									
Consumo:	4801	3318	5845	3934	2641	4404	33	0	0
Lettura Eseguita al 01-07-2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lettura Eseguita al 01-08-2017	4382	3529	5827	3521	2879	4539	32	0	0
Giorni: 31									
Consumo:	4382	3529	5827	3521	2879	4539	32	0	0

Calcolo delle penali

Una volta che sono stati rilevati dalla bolletta dell'energia i dati necessari, (almeno Energia Attiva e Reattiva), si procede al calcolo:

I valori come abbiamo visto risultano suddivisi per fascia oraria (F1-F2-F3)

Fascia F1 $E_{a_{F1}}$ (68.344 kWh) $E_{r_{F1}}$ (75.864 kVarh)

Fascia F2 $E_{a_{F2}}$ (45.684 kWh) $E_{r_{F2}}$ (44.952 kVarh)

~~Fascia F3 $E_{a_{F3}}$ (12.568 kWh) $E_{r_{F3}}$ (10.741 kVarh)~~

I valori della fascia F3 non sono considerati poiché non viene applicata alcuna penale

$$\cos(\varphi)_{F1} = \frac{E_a}{\sqrt{E_r^2 + E_a^2}} = \frac{68344}{\sqrt{75864^2 + 68344^2}} \simeq 0,67$$

$$\cos(\varphi)_{F2} = \frac{E_a}{\sqrt{E_r^2 + E_a^2}} = \frac{45684}{\sqrt{44952^2 + 45684^2}} \simeq 0,71$$

Calcolo delle penali

Rilevato il valore dello sfasamento $\cos(\varphi)$, nel caso di valore inferiore a 0,95, si procede al calcolo delle penali che risultano uguali per la fascia F1 e F2 (nella fascia F3 non si generano penali):

I valori dell'Energia reattiva (E_r) risultano suddivisi, oltre che per fascia oraria (F1 – F2), anche per fascia di grandezza

$$\begin{aligned} (E_r)'' & (= E_r > 0,75 \cdot E_a) \\ (E_r)' & (= 0,33 \cdot E_a < E_r \leq 0,75 \cdot E_a) \end{aligned}$$

Fascia F1

$$\begin{aligned} (E_r)''_{F1} &= \text{parte di } E_r > 0,75 \cdot E_a = E_{r_{F1}} - 0,75 \cdot (E_a)_{F1} \\ (E_r)'_{F1} &= \text{parte di } E_r \text{ compresa tra } 0,33 \cdot E_a \text{ e } 0,75 \cdot E_a = E_{r_{F1}} - 0,33 \cdot (E_a)_{F1} - (E_r)''_{F1} \end{aligned}$$

Fascia F2

$$\begin{aligned} (E_r)''_{F2} &= \text{parte di } E_r > 0,75 \cdot E_a = E_{r_{F2}} - 0,75 \cdot (E_a)_{F2} \\ (E_r)'_{F2} &= \text{parte di } E_r \text{ compresa tra } 0,33 \cdot E_a \text{ e } 0,75 \cdot E_a = E_{r_{F2}} - 0,33 \cdot (E_a)_{F2} - (E_r)''_{F2} \end{aligned}$$

Riprendiamo i valori dell'esempio precedente, ed eseguiamo i calcoli:

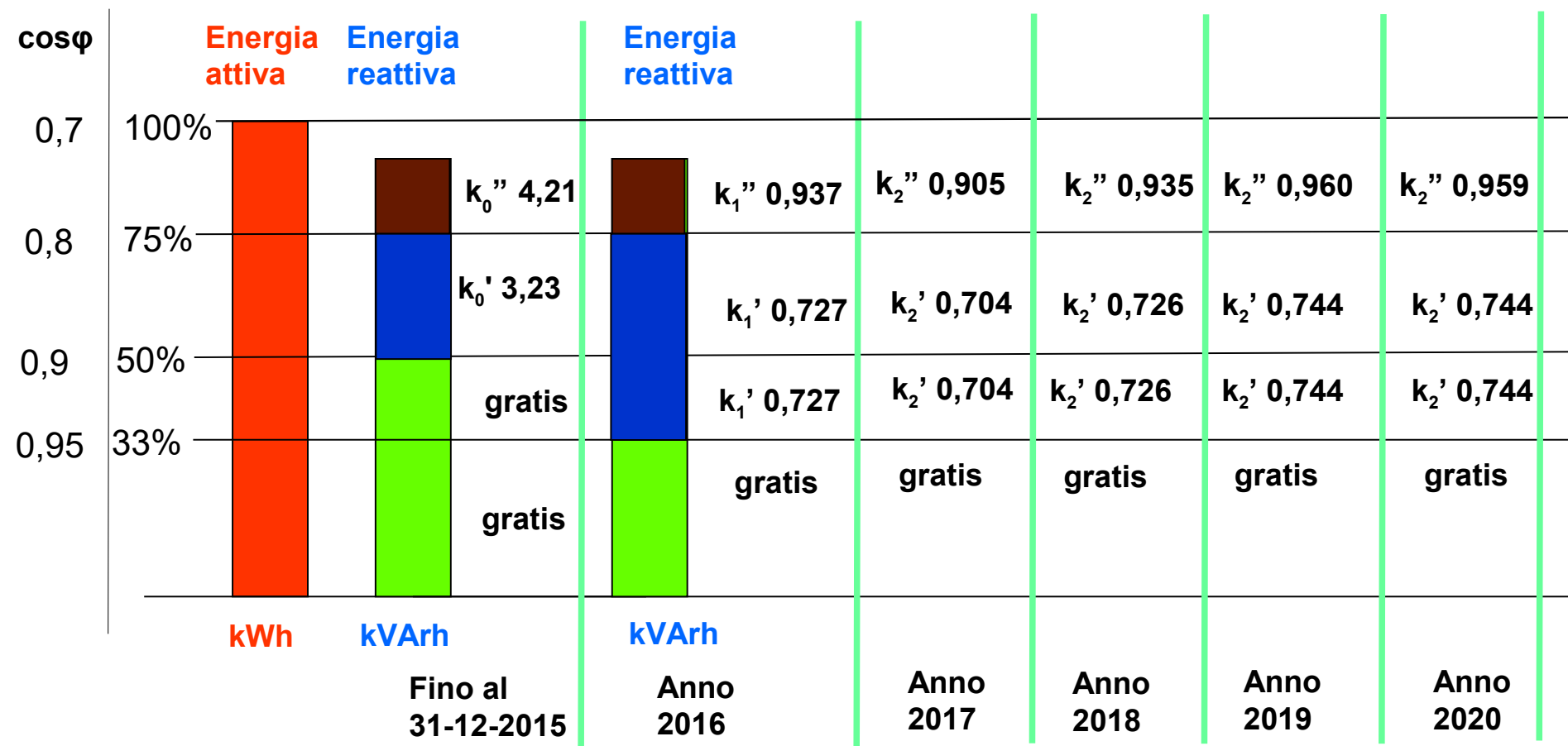
Fascia F1

$$\begin{aligned} (E_r)''_{F1} &= \text{parte di } E_r > 0,75 \cdot E_a = 75.864 - 0,75 \cdot (68.344) = (24.606)''_{F1} \text{ kVarh} \\ (E_r)'_{F1} &= \text{parte di } E_r \text{ tra } 0,33 \cdot E_a \text{ e } 0,75 \cdot E_a = 75.864 - 0,33 \cdot (68.344) - (24.606)''_{F1} = (28.704)'_{F1} \text{ kVarh} \end{aligned}$$

Fascia F2

$$\begin{aligned} (E_r)''_{F2} &= \text{parte di } E_r > 0,75 \cdot E_a = 44.952 - 0,75 \cdot (45.684) = (10.689)''_{F2} \text{ kVarh} \\ (E_r)'_{F2} &= \text{parte di } E_r \text{ tra } 0,33 \cdot E_a \text{ e } 0,75 \cdot E_a = 44.952 - 0,33 \cdot (45.684) - (10.689)''_{F2} = (19.187)'_{F2} \text{ kVarh} \end{aligned}$$

Calcolo delle penali



Le penali indicate sono in centesimi di euro al kVAr h , va scelto l'anno di riferimento

Calcolo delle penali

Calcoliamo il valore economico delle penali, che risultano uguali sia per F1 che per F2 (nella fascia F3 non si generano penali):

Riprendiamo i valori dell'esempio precedente, ed eseguiamo i calcoli:

$$\begin{aligned}\text{Fascia F1} \quad (\text{Pen})'' &= (k_2'') * (\text{Er})''_{F1} = (0,00960)'' * (24.606)''_{F1} = 236,22 \text{ €} \\ (\text{Pen})' &= (k_2') * (\text{Er})'_{F1} = (0,00744)' * (28.704)'_{F1} = 213,56 \text{ €}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fascia F2} \quad (\text{Pen})'' &= (k_2'') * (\text{Er})''_{F2} = (0,00960)'' * (10.689)''_{F2} = 102,61 \text{ €} \\ (\text{Pen})' &= (k_2') * (\text{Er})'_{F2} = (0,00744)' * (19.187)'_{F2} = 142,75 \text{ €}\end{aligned}$$

Il totale delle penali calcolate in questo esempio risulta elevato = **695,14 €**

Calcolo rifasamento

Per calcolare la dimensione del rifasatore da inserire nel nostro impianto, procediamo nel seguente modo:

Questi sono i valori che servono per eseguire il calcolo:

- Lo sfasamento dell'impianto $\cos(\varphi_0)$ da rifasare,
- Il valore dello sfasamento a cui va rifasato l'impianto $\cos(\varphi_1)$
- La potenza dell'impianto P ,
- Eventualmente la potenza reattiva non rifasata Q_0

Metodo di calcolo 1) Utilizzare le tabelle

Metodo di calcolo 2) Utilizzare le formule

Calcolo rifasamento

- Metodo di calcolo 1) Utilizzare le tabelle

Nel caso dell'esempio considerato avevamo i seguenti valori:

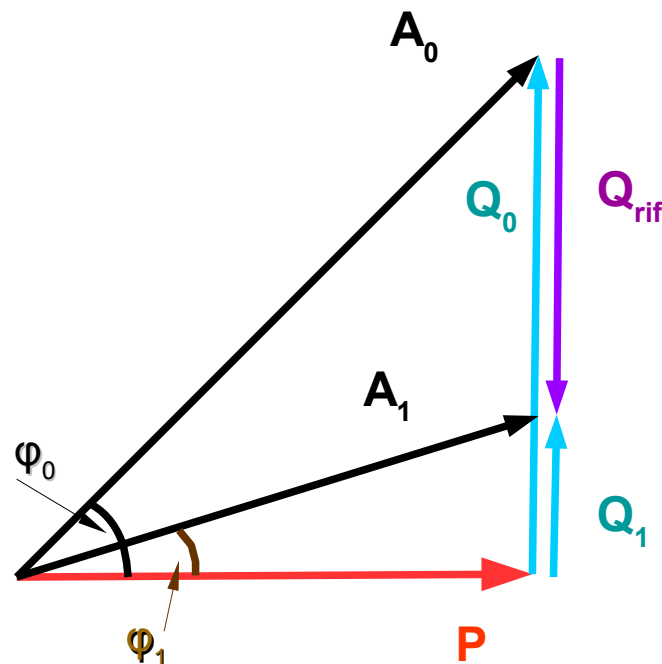
- $P = 100\text{kW}$ $\cos(\varphi_0) = 0,67$ $\cos(\varphi_1) = 0,95$

Fattore di potenza iniziale	Fattore di potenza finale								
	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
0,64	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998
0,65	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966
0,66	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935
0,67	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905
0,68	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,787	0,828	0,875
0,69	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846
0,70	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817
0,71	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789
0,72	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761
0,73	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733
0,74	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706
0,75	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679
0,76	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652

$k = 0,779$

$$Q_{\text{rif}} = P \times k = 100 \times 0,779 = 77,9 \text{ kVAr}$$

Calcolo rifasamento



$$Q_0 = P * \operatorname{tg}(\varphi_0) \quad Q_1 = P * \operatorname{tg}(\varphi_1)$$

$$Q_{rif} = Q_0 - Q_1 = P * [\operatorname{tg}(\varphi_0) - \operatorname{tg}(\varphi_1)]$$

Metodo di calcolo 2) Utilizzare le formule

Nell'esempio considerato i valori erano:

- $P = 100 \text{ kW}$

- si considera il valore di fdp minore

$\cos(\varphi_0) = 0,67 \quad (\varphi_0) = 48^\circ \quad \operatorname{tg}(\varphi_1) = 1,11$

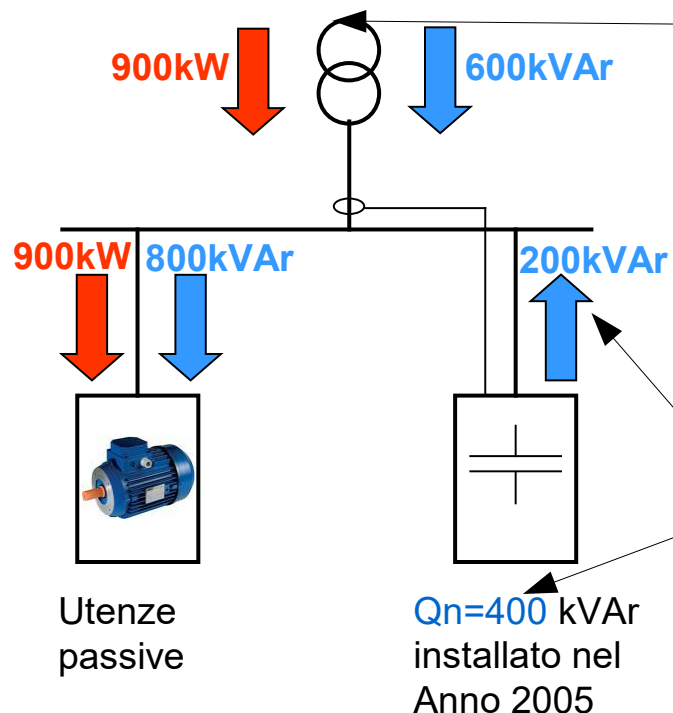
- $\cos(\varphi_1) = 0,95 \quad (\varphi_1) = 18^\circ \quad \operatorname{tg}(\varphi_1) = 0,33$

$$Q_{rif} = (100) * [(1,11) - (0,33)] = 100 * 0,78 = \mathbf{78 \text{ kVAr}}$$

Calcolo rifasamento

- Nel dimensionamento si deve tener conto di eventuali rifasatori già presenti, nel caso che vengano sostituiti.
- Bisogna determinarne la vera potenza erogata, e non fidarsi dei dati di targa (ove presente!).

Rifasando a 0,95 ovvero a $Q=0,33 \cdot P$ si ha:



Il fabbisogno calcolato da bolletta: **300 kVAr**

Il fabbisogno calcolato da bolletta e aggiungendo la potenza nominale del quadro rifasatore da sostituire: **$(400+300)=700$ kVAr**

Il fabbisogno vero, calcolato da bolletta e aggiungendo la reale potenza erogata dal rifasatore già installato:
 $(200+300) = 500$ kVAr

Elementi da considerare:

- **THDI % e THDV %**
(percentuale di armoniche in corrente e tensione)

$$\text{THD}\% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_n^2)}}{I_1} \quad \text{ovvero} \quad \frac{\text{Valore efficace di tutte le armoniche}}{\text{Valore efficace della fondamentale}}$$

- **Rischio di risonanza**
- **Cicli di lavoro e i tempi di inserzione dei vari carichi**
- **Le condizioni termiche del luogo d'installazione**
- **La presenza di carichi rapidi**
(miscelatori, frantoi, mulini, saldatori ad arco..)

Scelta rifasatore

- **Se l'impianto non ha problemi di armoniche, si può scegliere un rifasatore con condensatori standard ($U_n = 415V$)**
- **Se l'impianto ha problemi di armoniche, meglio scegliere un rifasatore con condensatori rinforzati ($U_n = 460V$, oppure $U_n = 550V$)**
- **Se l'impianto ha gravi problemi di armoniche e/o rischi di risonanze, meglio scegliere un rifasatore con induttanze di blocco**

- **Impianti con elevato stress elettrico e termico:**
utilizzare rifasatori con condensatori in carta bimetallizzata
- **Impianti con carichi rapidi:**
**utilizzare rifasatori con inseritori elettronici (che risultano veloci)
al posto dei contattori meccanici (che risultano lenti).**