



Applicazione del rifasamento dei carichi elettrici in ambito industriale

Ing. Davide Roncon
Sotto Gruppo Condensatori

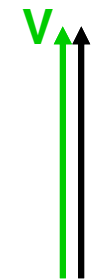
INDICE

- Introduzione
- Rifasamento ed efficienza energetica
- Calcolo del rifasamento necessario
- Rifasamento con fotovoltaico in scambio

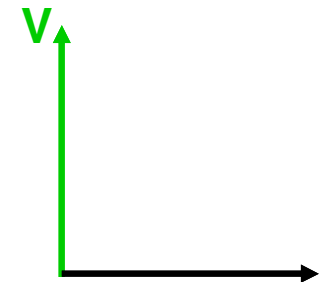
Introduzione

Un carico elettrico può essere

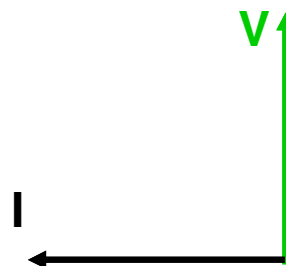
Resistivo



Induttivo



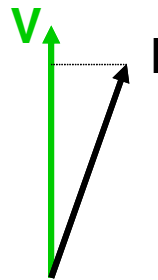
Capacitivo



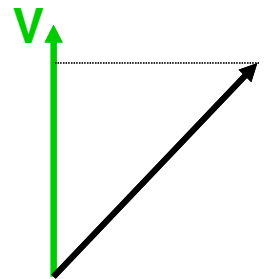
Introduzione

Nella realtà, i carichi elettrici sono, per la maggior parte, di tipo resistivo! induttivo

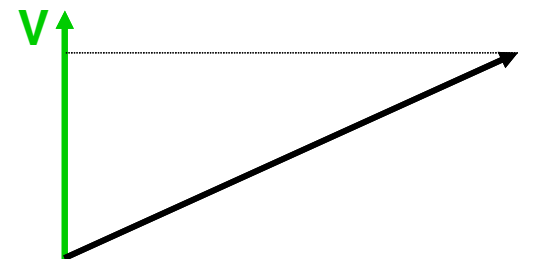
Carico poco induttivo



Carico mediamente induttivo

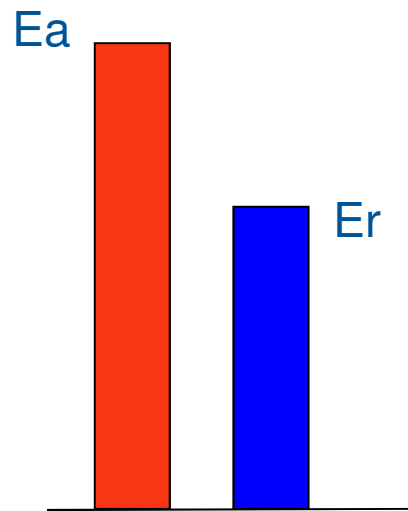


Carico molto induttivo

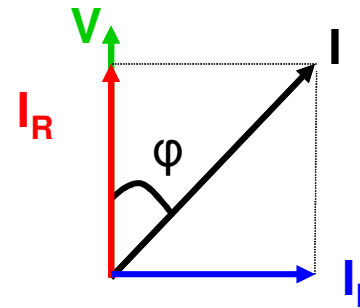


Introduzione

Il $\cos \phi$ " valore numerico che fornisce un'indicazione dell'induttività di un carico o di un impianto

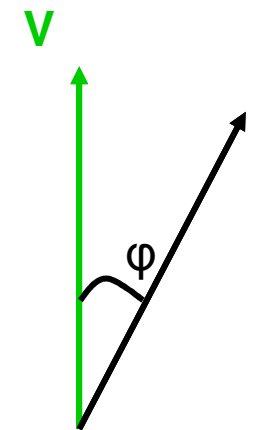
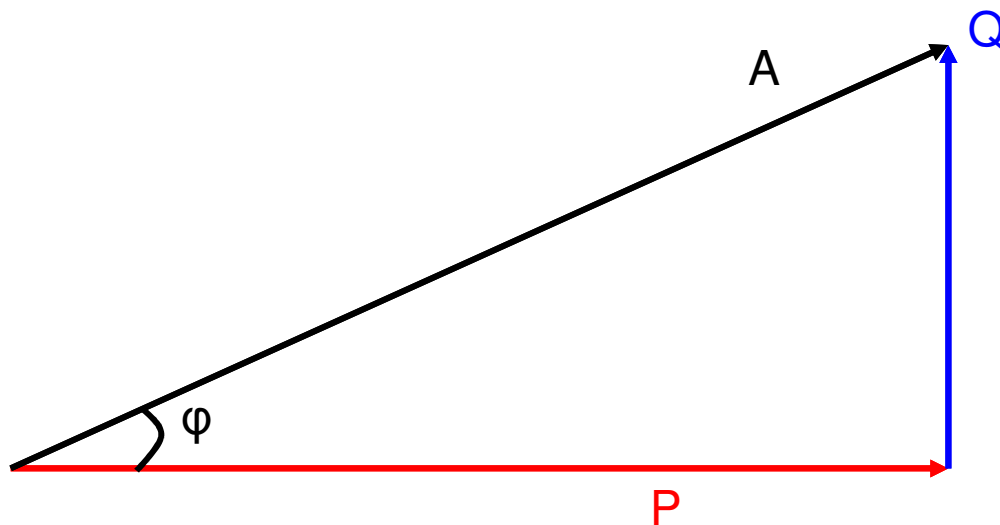


$$\frac{Er}{Ea} = \tan \phi$$



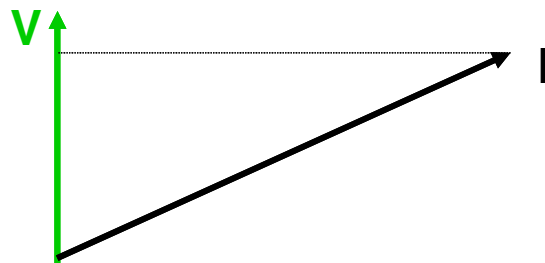
$$I_R = I \cos \phi$$

$$I_L = I \sin \phi$$

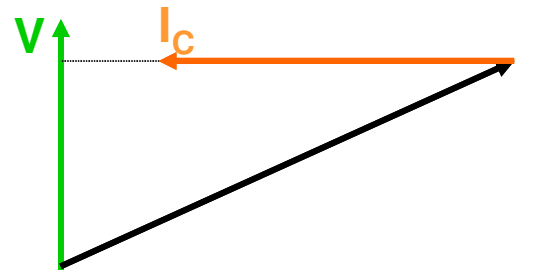


Introduzione

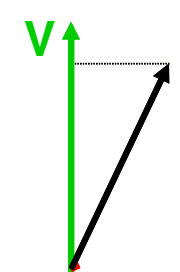
Installando una batteria di condensatori, si alza il cosphi dell'impianto, e quindi si riduce la corrente assorbita e si riporta cioè la corrente in fase* con la tensione



Carico molto induttivo

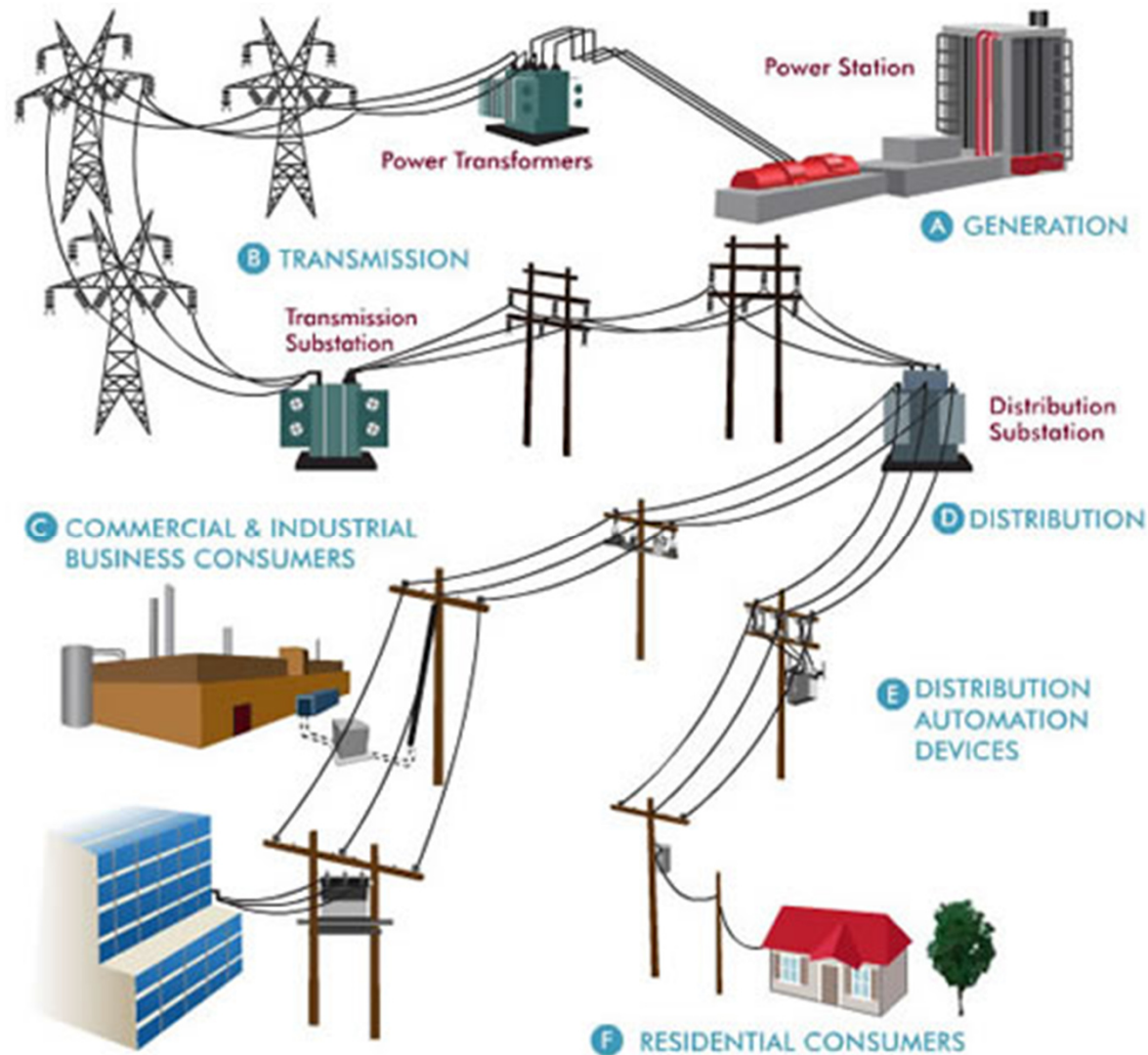


Effetto del rifasamento



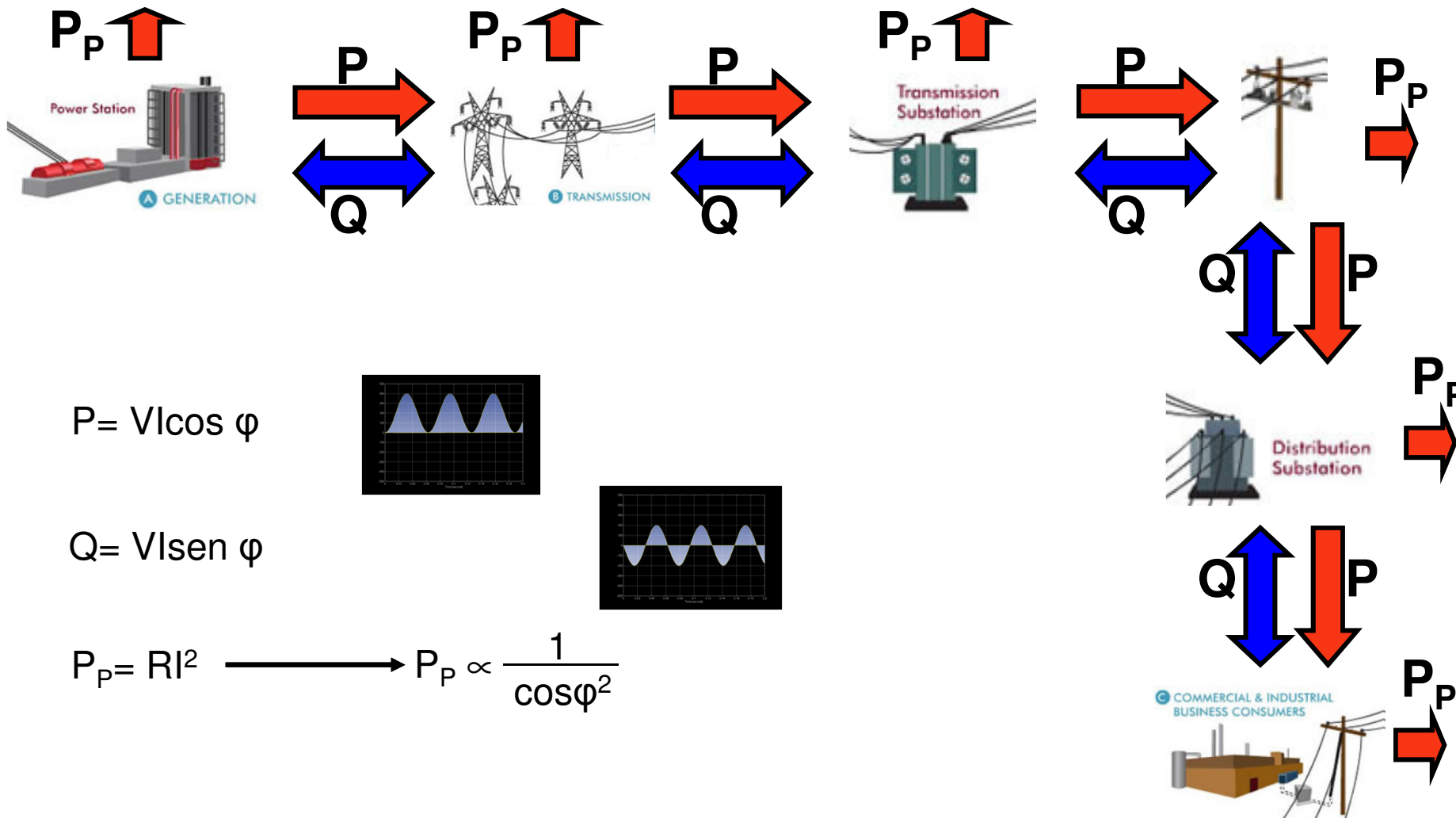
Carico rifasato

Rifasamento ed efficienza energetica

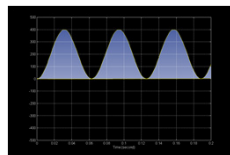




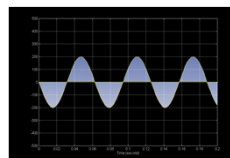
Rifasamento ed efficienza energetica



$$P = VI \cos \varphi$$

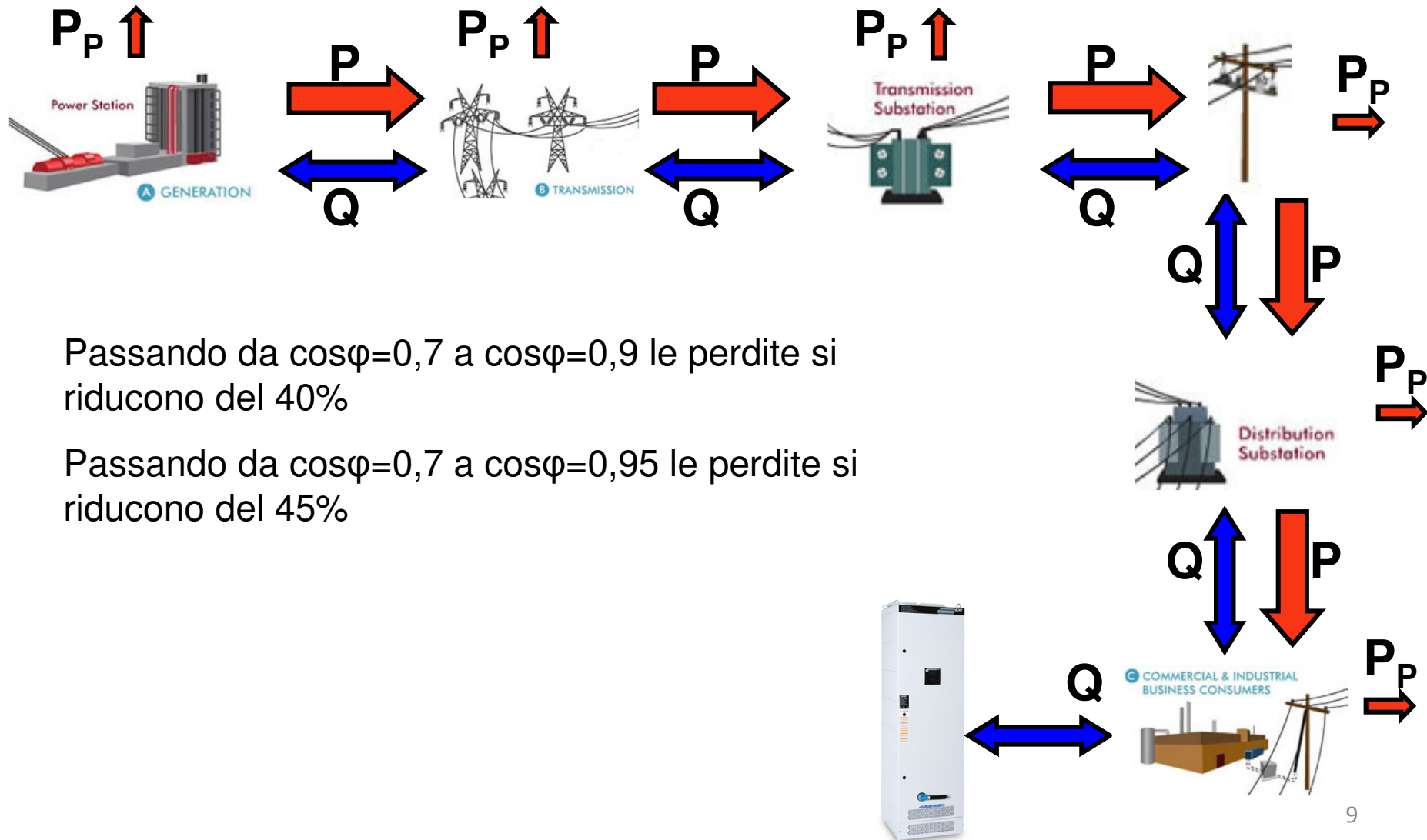


$$Q = VI \sin \varphi$$



$$P_p = RI^2 \longrightarrow P_p \propto \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

Rifasamento ed efficienza energetica



Passando da $\cos\phi=0,7$ a $\cos\phi=0,9$ le perdite si riducono del 40%

Passando da $\cos\phi=0,7$ a $\cos\phi=0,95$ le perdite si riducono del 45%

Calcolo del rifasamento necessario

Dettaglio Letture				
MATR. CONT. 1-11M169H Multiorario				
dal	al	Tipologia	Tipo lettura	Consumo
01/03/2012	31/03/2012	Energia Attiva F1	Reale	68.344,00 kWh
		Energia Attiva F2	Reale	
		Energia Attiva F3	Reale	
		Energia Reattiva F1	Reale	75.864,00 kvarh
		Energia Reattiva F2	Reale	
		Energia Reattiva F3	Reale	
		Potenza F1	Reale	
		Potenza F2	Reale	
		Potenza F3	Reale	
Totale consumi nel periodo				kWh

$$\cos \phi = \frac{E_a}{\sqrt{E_r^2 + E_a^2}} = \frac{68344}{\sqrt{75864^2 + 68344^2}} \cong 0,67$$

Calcolo del rifasamento necessario

Noto il $\cos\phi$ dell'impianto (0,67), il $\cos\phi$ finale che si vuole ottenere (0,93), e la potenza installata nell'impianto (100kW), si usano le tabelle:

$k = 0,713$

$Q_r = P \times k = 71,3\text{kvar}$

Cosφ di partenza	Cosφ da ottenere	0.80	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94
0.40		1.557	1.668	1.805	1.832	1.861	1.895	1.924
0.41		1.474	1.605	1.742	1.769	1.798	1.831	1.860
0.42		1.413	1.544	1.681	1.709	1.738	1.771	1.800
0.43		1.356	1.487	1.624	1.651	1.680	1.713	1.742
0.44		1.290	1.421	1.558	1.585	1.614	1.647	1.677
0.45		1.230	1.360	1.501	1.528	1.556	1.592	1.626
0.46		1.179	1.309	1.446	1.473	1.502	1.533	1.567
0.47		1.130	1.260	1.397	1.425	1.454	1.485	1.519
0.48		1.076	1.206	1.343	1.370	1.400	1.430	1.464
0.49		1.030	1.160	1.297	1.326	1.355	1.386	1.420
0.50		0.982	1.112	1.248	1.277	1.306	1.337	1.369
0.51		0.936	1.066	1.202	1.231	1.260	1.291	1.323
0.52		0.894	1.024	1.160	1.189	1.218	1.249	1.281
0.53		0.850	0.980	1.116	1.145	1.174	1.205	1.237
0.54		0.809	0.939	1.075	1.104	1.133	1.164	1.196
0.55		0.769	0.899	1.035	1.064	1.093	1.124	1.156
0.56		0.730	0.865	0.996	1.025	1.054	1.085	1.117
0.57		0.692	0.822	0.958	0.987	1.016	1.047	1.079
0.58		0.665	0.785	0.921	0.950	0.979	1.010	1.042
0.59		0.618	0.748	0.884	0.913	0.942	0.973	1.005
0.60		0.584	0.714	0.849	0.878	0.907	0.939	0.971
0.61		0.549	0.679	0.815	0.844	0.873	0.904	0.936
0.62		0.515	0.645	0.781	0.810	0.839	0.870	0.902
0.63		0.483	0.613	0.749	0.778	0.807	0.838	0.870
0.64		0.450	0.580	0.716	0.745	0.774	0.805	0.837
0.65		0.419	0.549	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806
0.66		0.388	0.518	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775
0.67		0.358	0.488	0.624	0.653	0.682	0.713	0.745
0.68		0.329	0.459	0.595	0.624	0.653	0.684	0.716
0.69		0.299	0.429	0.565	0.594	0.623	0.654	0.686
0.70		0.270	0.400	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657
0.71		0.242	0.372	0.508	0.537	0.566	0.597	0.629
0.72		0.213	0.343	0.479	0.508	0.537	0.568	0.600
0.73		0.186	0.316	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573

Criteri di scelta

- Il rifasamento va scelto in funzione dei carichi da rifasare, e delle caratteristiche dell'impianto:
 - carichi lineari, ciclo di lavoro “normale”: rifasamento standard
 - carichi lineari, ciclo di lavoro “pesante”: rifasamento con condensatori “rinforzati”
 - carichi che generano correnti distorte (e/o in impianti con rischio di risonanza): rifasamento ‘sbarrato’, ovvero con reattanze di blocco delle armoniche
 - carichi rapidi (presse, saldatrici...): rifasamento ad inserzione elettronica (“inserzione statica”)
 - impianti con tensione deformata: rifasamento ‘sbarrato’ con reattanze speciali

Criteri di scelta

- Per la scelta, i costruttori propongono tabelle semplificate

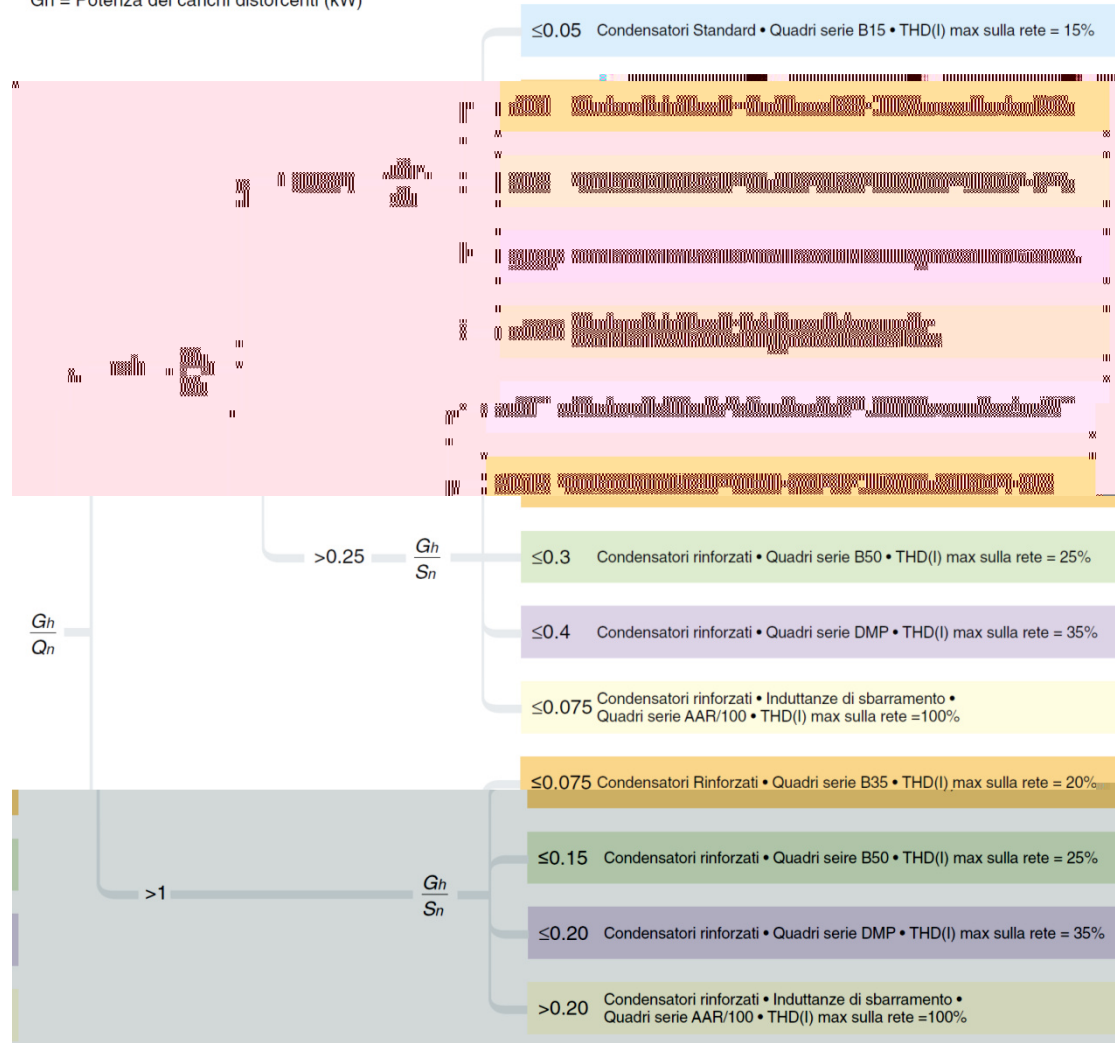
Tabella di scelta rifasamento automatico

THDIR% > 27	HP10/HP20/TC10	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25
20 < THDIR% ≤ 27	HP10/HP20/TC10	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	HP20/HP30/TC20	HP30/TC20/FH20	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25
12 < THDIR% ≤ 20	HP10/HP20/TC10	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25	HP20/HP30/TC20	HP20/HP30/TC20	FH20/FH30/FD25	FH20/FH30/FD25
THDIR% ≤ 12	HP10/HP20/TC10	HP20/HP30/TC20	HP30/TC20/FH20	HP10/HP20/TC10	HP20/HP30/TC20	HP30/TC20/FH20	FH20/FH30/FD25
	$Q_C / A_T \leq 0,05$	$0,05 < Q_C / A_T \leq 0,1$	$0,1 < Q_C / A_T \leq 0,15$	$0,15 < Q_C / A_T \leq 0,2$	$0,2 < Q_C / A_T \leq 0,25$	$0,25 < Q_C / A_T \leq 0,3$	$Q_C / A_T > 0,3$

La scelta della tipologia di rifasamento deve essere effettuata in funzione della seguente tabella, che riporta in ordinata il tasso di distorsione armonica della corrente dell'impianto THDI_R% ed in ascissa il rapporto tra la potenza reattiva Q_C (in kvar) del rifasatore da installare e la potenza apparente A_T (in kVA) del trasformatore MT/BT.

Criteri di scelta

S_n = Potenza apparente del trasformatore (kVA)
 Q_n = Potenza del quadro di rifasamento (kvar)
 G_h = Potenza dei carichi distortanti (kW)



Rifasamento con fotovoltaico in scambio

In un impianto industriale, l'aggiunta di un ftv in scambio porta importanti variazioni nei flussi delle potenze viste al punto di consegna, con conseguente impatto sul rifasamento.



Le principali problematiche sono:

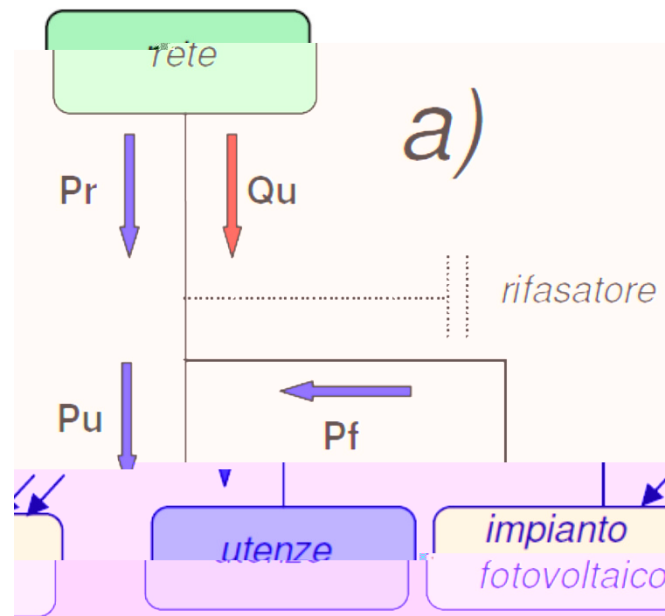
- 1- aumento della distorsione armonica dovuta alla presenza di inverter del sistema FTV
- 2- diminuzione del $\cos\phi$ al punto di consegna dovuto alla diminuzione della potenza attiva erogata (perché fornita dal FTV), mantenendo costante la potenza reattiva (non fornita dal FTV)

Rifasamento con fotovoltaico in scambio

a) Se viene aggiunto un impianto fotovoltaico in grado di fornire una potenza attiva P_f , la potenza attiva assorbita dalla rete (P_r) è data dalla differenza tra la potenza richiesta dalle utenze (P_u) in un determinato istante e la contestuale potenza fornita dal fotovoltaico (P_f) e consumata dall'impianto.

Se l'inverter funziona a $\cos \phi$ unitario, la potenza reattiva Q_u continua ad essere fornita integralmente dalla rete:

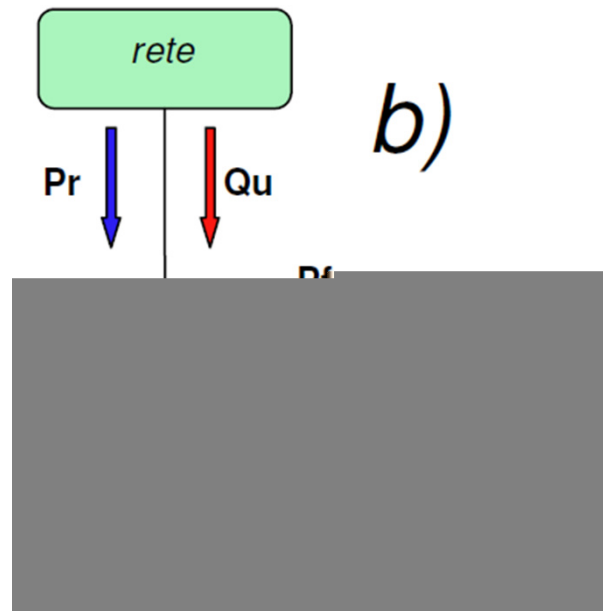
il $\cos \phi$ medio globale dell'impianto risulta essere inferiore a quello dello stesso impianto ante fotovoltaico



Rifasamento con fotovoltaico in scambio

b) Se l'impianto fotovoltaico viene allacciato a monte del rifasatore (ovvero a monte del punto in cui è installato il suo TA), quest'ultimo non valuterà l'effettivo $\cos \phi$ dell'impianto.

Per avere con certezza il $\cos \phi$ di 0,9 nel punto di allacciamento alla rete ed evitare così le penali, bisognerà installare un rifasatore con a bordo una potenza reattiva pari al valore massimo richiesto dall'impianto; il $\cos \phi$ target del rifasatore dovrà essere impostato a 1.

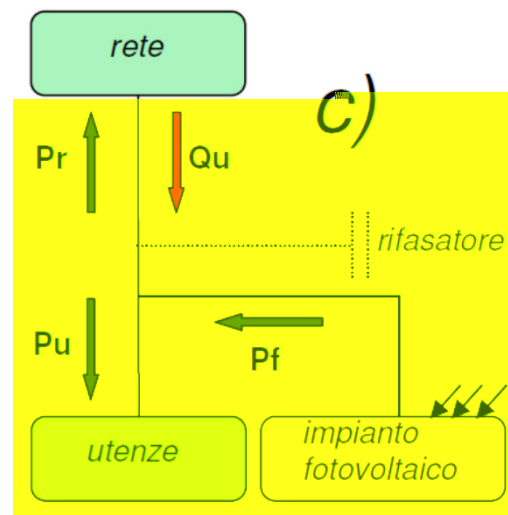


Rifasamento con fotovoltaico in scambio

c) se l'impianto fotovoltaico ha una potenza maggiore di quella delle utenze, o se comunque è possibile che venga immessa potenza in rete, il rifasatore (ovvero il suo TA) dovrà essere preferibilmente a monte del punto di allacciamento dell'impianto fotovoltaico (in caso contrario, basterà spostare il TA oppure ricondursi al caso b), ove possibile).

Il rifasatore dovrà inoltre essere in grado di funzionare su quattro quadranti ovvero

- i due quadranti "standard", relativi al funzionamento dell'impianto come utenza che assorbe dalla rete sia potenza attiva che potenza reattiva induttiva (quadranti di utente).
- i due quadranti relativi al funzionamento dell'impianto come generatore che fornisce alla rete potenza attiva ma assorbe potenza reattiva induttiva (quadranti di generazione).





Grazie per l'attenzione

www.anienergia.it



ANIE Energia - viale Lancetti, 43 - 20158 Milano, Italy - energia@anie.it