Applicazione del rifasamento dei carichi elettrici in ambito industriale

Ing. Silvano Compagnoni
Sotto Gruppo Condensatori

Solarexpo | The Innovation Cloud
Renewables | Grid technologies | E-mobility | Efficiency
Fiera Milano Rho, 9 maggio 2014

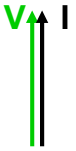
INDICE

- Introduzione
- Rifasamento ed efficienza energetica
- Calcolo del rifasamento necessario
- Rifasamento con FV in Scambio sul Posto (FV-SsP)

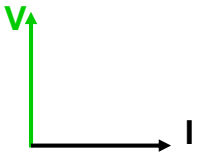
Introduzione

Un carico elettrico può essere:

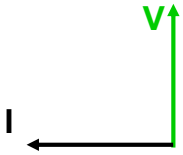
Resistivo



Induttivo



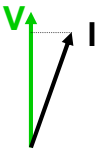
Capacitivo



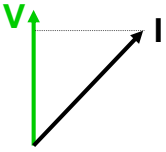
Introduzione

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

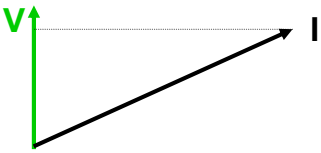
Carico poco induttivo



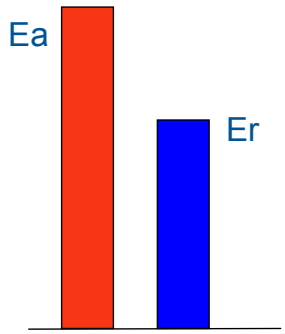
Carico mediamente induttivo



Carico molto induttivo

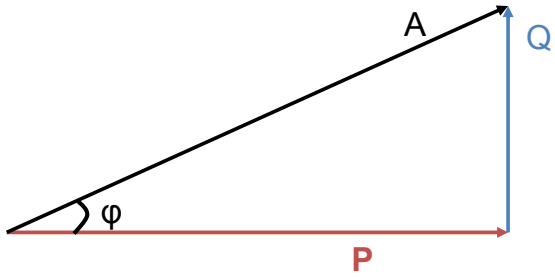


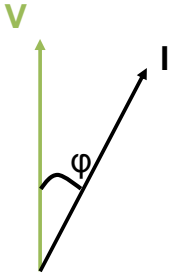
Introduzione

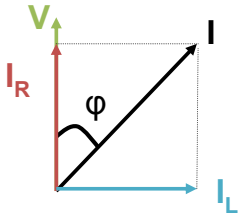


$$\frac{Er}{Ea} = \tan \varphi$$

Il ***cosφ*** è valore numerico che fornisce un'indicazione dell'induttività di un carico o di un impianto







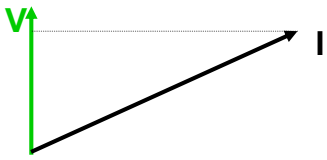
I_R= I cosφ

I_L= I sinφ

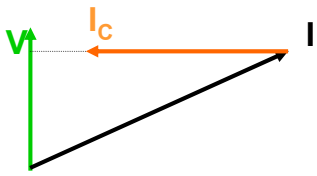
Introduzione

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

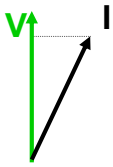
Carico molto induttivo



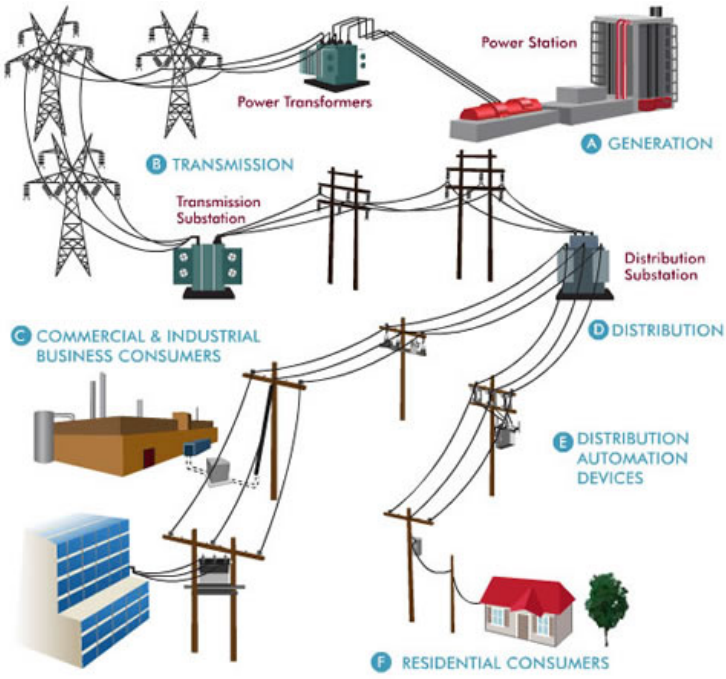
Effetto del rifasamento



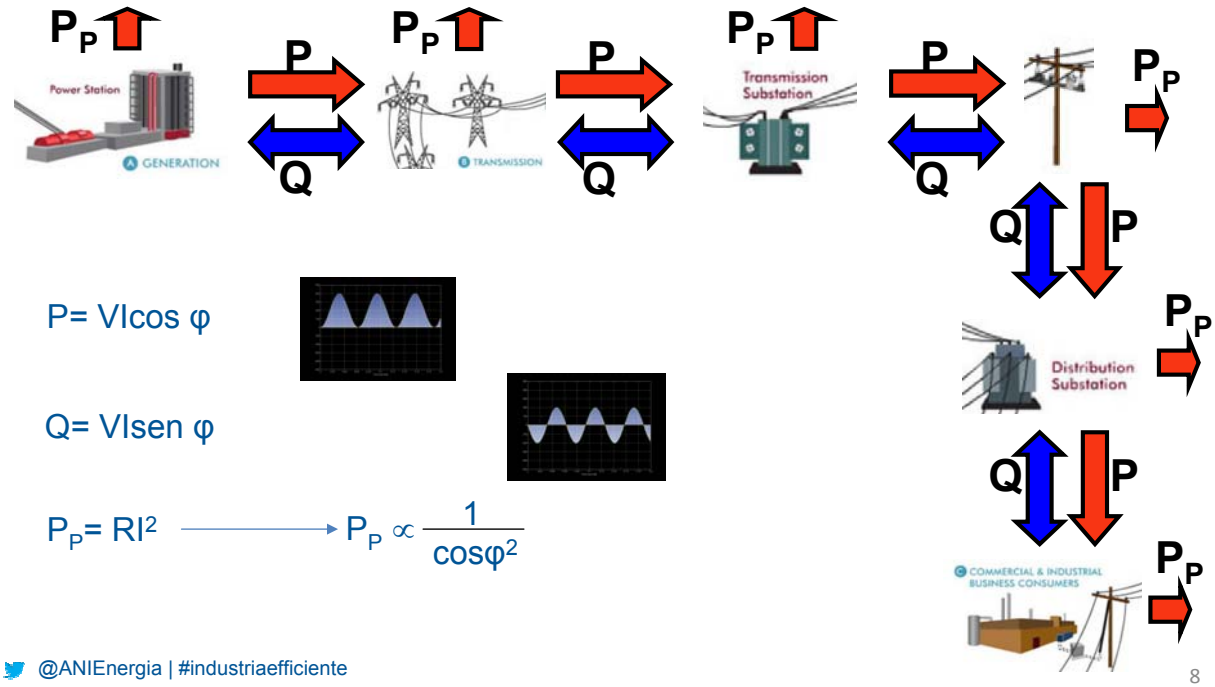
Carico rifasato



Rifasamento ed efficienza energetica



Rifasamento ed efficienza energetica

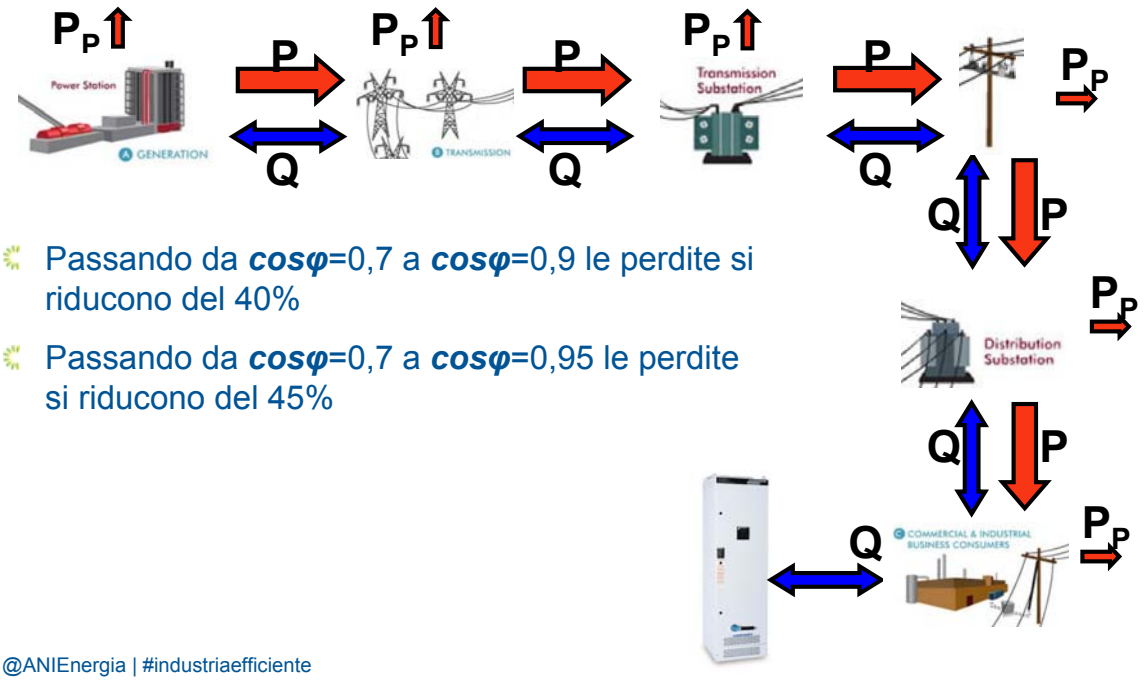


$P = VI\cos\varphi$

$Q = VI\operatorname{sen}\varphi$

$P_P = RI^2 \longrightarrow P_P \propto \dfrac{1}{\cos\varphi^2}$

Rifasamento ed efficienza energetica



- Passando da ***cosφ***=0,7 a ***cosφ***=0,9 le perdite si riducono del 40%
- Passando da ***cosφ***=0,7 a ***cosφ***=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 ***cosφ*** dell'impianto (0,67), il ***cosφ*** finale che si vuole ottenere (0,93), e la potenza installata nell'impianto (100kW), si usano le tabelle:

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	1.769	1.738	1.771	1.800
0.43		1.356	1.487	1.624	1.709	1.680	1.713	1.742
0.44		1.290	1.421	1.558	1.651	1.614	1.647	1.677
0.45		1.230	1.360	1.501	1.585	1.561	1.592	1.626
0.46		1.179	1.309	1.446	1.532	1.502	1.533	1.567
0.47		1.130	1.260	1.397	1.473	1.454	1.485	1.519
0.48		1.076	1.206	1.343	1.425	1.400	1.430	1.464
0.49		1.030	1.160	1.297	1.370	1.355	1.386	1.420
0.50		0.982	1.112	1.248	1.326	1.303	1.337	1.369
0.51		0.936	1.066	1.202	1.276	1.257	1.291	1.323
0.52		0.894	1.024	1.160	1.230	1.215	1.249	1.281
0.53		0.850	0.980	1.116	1.188	1.171	1.205	1.237
0.54		0.809	0.939	1.075	1.144	1.130	1.164	1.196
0.55		0.769	0.899	1.035	1.103	1.090	1.124	1.156
0.56		0.730	0.865	0.996	1.063	1.051	1.085	1.117
0.57		0.692	0.822	0.958	0.986	1.013	1.047	1.079
0.58		0.665	0.785	0.921	0.949	0.976	1.010	1.042
0.59		0.618	0.748	0.884	0.912	0.939	0.973	1.005
0.60		0.584	0.714	0.849	0.878	0.905	0.939	0.971
0.61		0.549	0.679	0.815	0.843	0.870	0.904	0.936
0.62		0.515	0.645	0.781	0.809	0.836	0.870	0.902
0.63		0.483	0.613	0.749	0.777	0.804	0.838	0.870
0.64		0.450	0.580	0.716	0.744	0.771	0.805	0.837
0.65		0.419	0.549	0.685	0.713	0.740	0.774	0.806
0.66		0.388	0.518	0.654	0.682	0.709	0.743	0.775
0.67		0.358	0.488	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745
0.68		0.329	0.459	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716
0.69		0.299	0.429	0.565	0.593	0.620	0.654	0.686
0.70		0.270	0.400	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657
0.71		0.242	0.372	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629
0.72		0.213	0.343	0.479	0.507	0.534	0.568	0.600
0.73		0.186	0.316	0.452	0.400	0.507	0.541	0.573

k = 0,713

Qr= P x k = 71,3kvar

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 detuned, ovvero con reattanze di blocco delle armoniche
- carichi rapidi (presse, banbury, saldatrici…): rifasamento ad inserzione elettronica ("statico")
- impianti con tensione deformata: rifasamento detuned con reattanze speciali

Criteri di scelta

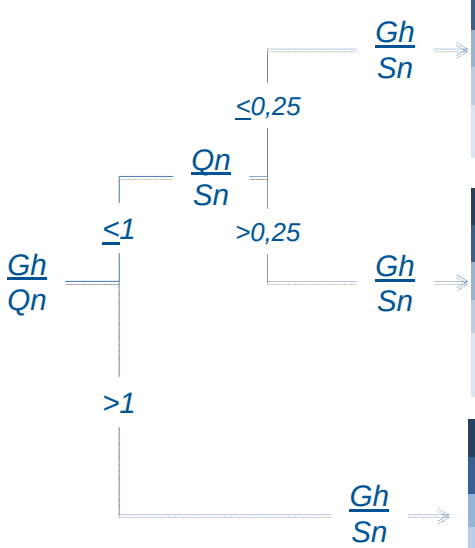
Per la scelta, i costruttori propongono tabelle semplificate

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

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

Criteri di scelta

Sn = Potenza apparente del trasformatore (kVA)
Qn = Potenza del quadro di rifasamento (kvar)
Gh = Potenza dei carichi distorcenti (kW)



- ≤ 0,05 | Condensatori standard | Quadri serie B15 | THD(I) sulla rete max = 15%
- ≤ 0,10 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B35 | THD(I) sulla rete max = 20%
- ≤ 0,20 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B50 | THD(I) sulla rete max = 25%
- ≤ 0,25 | Condensatori rinforzati | Quadri serie DMP | THD(I) sulla rete max = 35%
- > 0,25 | Condensatori rinforzati | Induttanza di sbarramento | Quadri serie AAR/100 | THD(I) sulla rete max = 100%

- ≤ 0,10 | Condensatori standard | Quadri serie B15 | THD(I) sulla rete max = 15%
- ≤ 0,15 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B35 | THD(I) sulla rete max = 20%
- ≤ 0,30 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B50 | THD(I) sulla rete max = 25%
- ≤ 0,40 | Condensatori rinforzati | Quadri serie DMP | THD(I) sulla rete max = 35%
- ≤ 0,075 | Condensatori rinforzati | Induttanza di sbarramento | Quadri serie AAR/100 | THD(I) sulla rete max = 100%

- ≤ 0,075 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B35 | THD(I) sulla rete max = 20%
- ≤ 0,15 | Condensatori rinforzati | Quadri serie B50 | THD(I) sulla rete max = 25%
- ≤ 0,20 | Condensatori rinforzati | Quadri serie DMP | THD(I) sulla rete max = 35%
- > 0,20 | Condensatori rinforzati | Induttanza di sbarramento | Quadri serie AAR/100 | THD(I) sulla rete max = 100%

Rifasamento con FV-SsP

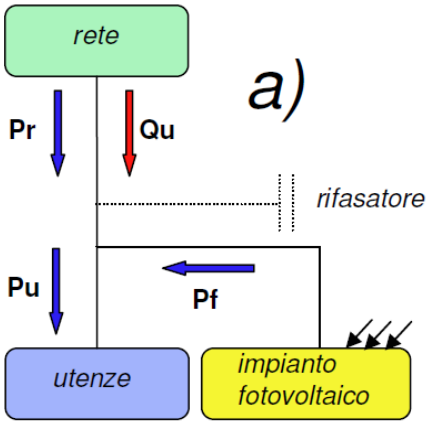
In un impianto industriale, l'aggiunta di un FV-SsP porta importanti variazioni nei flussi delle potenze viste al punto di consegna, con conseguente impatto sul rifasamento.

Le principali problematiche sono:

1.aumento della distorsione armonica dovuta alla presenza di inverter del sistema FV

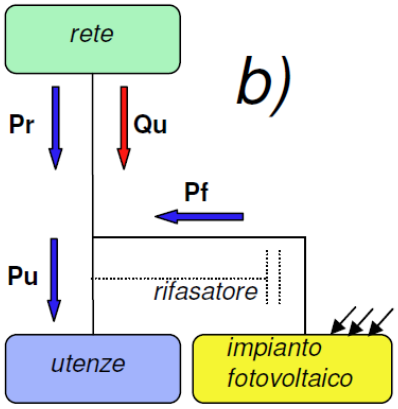
2.diminuzione del ***cosφ*** al punto di consegna dovuto alla diminuzione della potenza attiva erogata (perché fornita dal FV), mantenendo costante la potenza reattiva (non fornita dal FV)

Rifasamento con FV-SsP



A - Se viene aggiunto un impianto fotovoltaico in grado di fornire una potenza attiva Pf, la potenza attiva assorbita dalla rete (Pr) è data dalla differenza tra la potenza richiesta dalle utenze (Pu) in un determinato istante e la contestuale potenza fornita dal fotovoltaico (Pf) e consumata dall'impianto.
Se l'inverter funziona a ***cosφ*** unitario, la potenza reattiva Qu continua ad essere fornita integralmente dalla rete:
il ***cosφ*** medio globale dell'impianto risulta essere inferiore a quello dello stesso impianto ante fotovoltaico

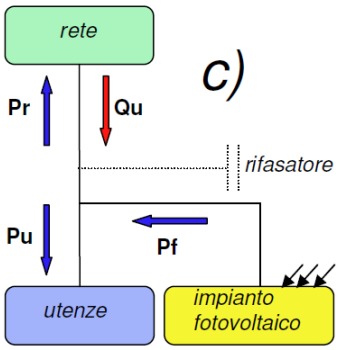
Rifasamento con FV-SsP



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 ***cosφ*** dell'impianto.

Per avere con certezza il ***cosφ*** 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 ***cosφ*** target del rifasatore dovrà essere impostato a 1.

Rifasamento con FV-SsP



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

@ANIEnergia | #industriaefficiente

www.anienergia.it

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