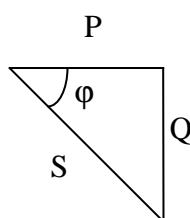


RIFASAMENTO TRIFASE

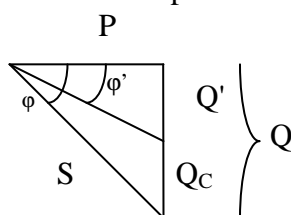
Gli enti distributori dell'energia elettrica penalizzano gli utilizzatori che assorbono potenza a basso $\cos\varphi$ (il valore minimo è $\cos\varphi = 0,9$). Nel caso dei carichi induttivi, quali ad esempio motori asincroni, lampade a scarica, etc., occorre procedere al rifasamento mediante l'inserzione in parallelo al carico, di batterie di condensatori di rifasamento. Per il rifasamento di un carico trifase si applicano le stesse considerazioni già note per i carichi monofase.

CALCOLO DELLA POTENZA REATTIVA DELLA BATTERIA DI RIFASAMENTO

Si consideri un carico equilibrato ohmico - induttivo che assorbe una potenza attiva P e una potenza reattiva Q :



volendo ridurre lo sfasamento φ del carico a un valore φ' (in modo da ridurre la potenza reattiva assorbita dalla linea al valore Q'), occorrerà fornire una potenza reattiva capacitiva Q_C :



$$Q_C = Q - Q'$$

Osservando la figura si possono scrivere le seguenti relazioni:

$$Q = P \operatorname{tg} \varphi$$

$$Q' = P \operatorname{tg} \varphi'$$

e quindi

$$Q_C = Q - Q' = P \operatorname{tg} \varphi - P \operatorname{tg} \varphi' = P (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')$$

Questa relazione è di fondamentale importanza e consente di calcolare la potenza della batteria di rifasamento da inserire in parallelo al carico.

Esempio:

Un carico trifase alimentato da una linea con $V_C = 380V$, $f = 50Hz$, assorbe una potenza $P = 5kW$ a $\cos \varphi = 0,75$; si vuole rifasare il carico a $\cos \varphi' = 0,9$. Determinare la potenza della batteria di rifasamento.

Soluzione:

A $\cos \varphi = 0,75$ (fattore di potenza del carico non rifasato) corrisponde un angolo di sfasamento $\varphi = \arccos \varphi = 41^\circ$ a cui corrisponde $\text{tg } 41^\circ = 0,88$. A $\cos \varphi' = 0,9$ (fattore di potenza del carico dopo il rifasamento) corrisponde un angolo di sfasamento $\varphi' = \arccos \varphi' = 26^\circ$ a cui corrisponde $\text{tg } 26^\circ = 0,48$. Pertanto la potenza della batteria di rifasamento da installare vale :

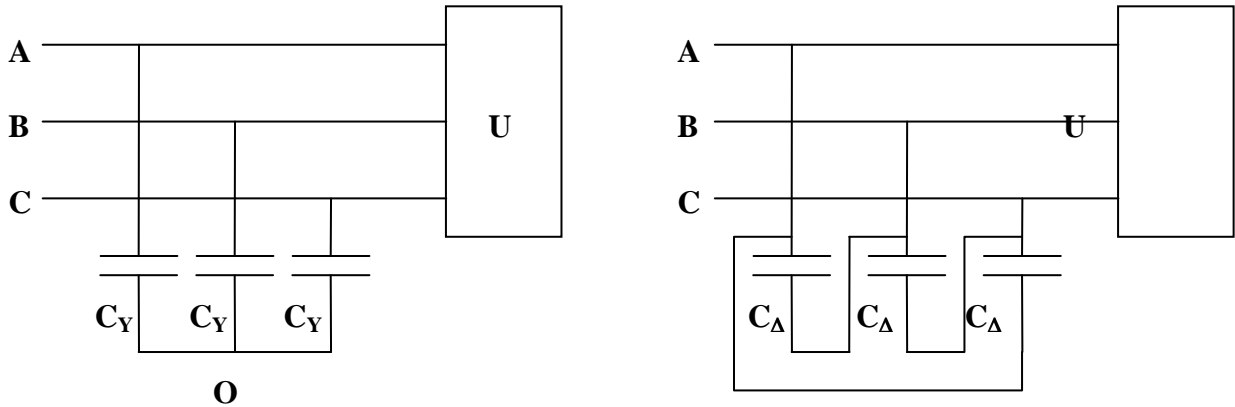
$$Q_C = P (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi') = 5000 (0,88 - 0,48) = 2000 \text{ VAR.}$$

In alternativa all'impiego delle formule matematiche viste, è possibile determinare la potenza della batteria di rifasamento da installare ricorrendo all'impiego di tabelle.

Fattore di potenza esistente $\cos\varphi'$	Potenza in kVAR dei condensatori necessaria, per ogni kW di potenza attiva, per ottenere un fattore di potenza $\cos\varphi''$ pari a:				
	0.8	0.85	0.9	0.95	1
0.4	1.54	1.67	1.81	1.96	2.29
0.42	1.41	1.54	1.68	1.83	2.16
0.44	1.29	1.42	1.56	1.71	2.04
0.46	1.18	1.31	1.45	1.6	1.93
0.48	1.08	1.21	1.34	1.5	1.83
0.5	0.98	1.11	1.25	1.4	1.73
0.52	0.89	1.02	1.16	1.31	1.64
0.54	0.81	0.94	1.08	1.23	1.56
0.56	0.73	0.86	1	1.15	1.48
0.58	0.66	0.78	0.92	1.08	1.41
0.6	0.58	0.71	0.85	1	1.33
0.62	0.52	0.65	0.78	0.94	1.27
0.64	0.45	0.58	0.72	0.87	1.2
0.66	0.39	0.52	0.66	0.81	1.14
0.68	0.33	0.46	0.59	0.75	1.08
0.7	0.27	0.4	0.54	0.69	1.02
0.72	0.21	0.34	0.48	0.64	0.96
0.74	0.16	0.29	0.43	0.58	0.91
0.76	0.11	0.24	0.37	0.53	0.86
0.78	0.05	0.18	0.32	0.47	0.8
0.8	—	0.13	0.27	0.42	0.75
0.82	—	0.08	0.21	0.37	0.7
0.84	—	0.03	0.16	0.32	0.65
0.86	—	—	0.11	0.26	0.59
0.88	—	—	0.06	0.21	0.54
0.9	—	—	—	0.15	0.48

Il rifasamento viene effettuato collegando in parallelo al carico da rifasare una batteria di rifasamento, schematizzabile mediante tre condensatori identici, ognuno di capacità C e reattanza:

$$X_C = 1 / \omega C = 1 / 2 \pi f C$$



Se i condensatori sono connessi a stella (quindi ogni condensatore è sottoposto alla tensione di fase V_f), la potenza reattiva assorbita dalla batteria sarà pari al triplo della potenza assorbita da ciascun condensatore e quindi:

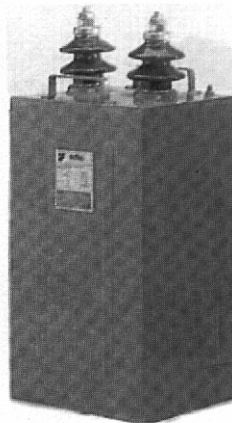
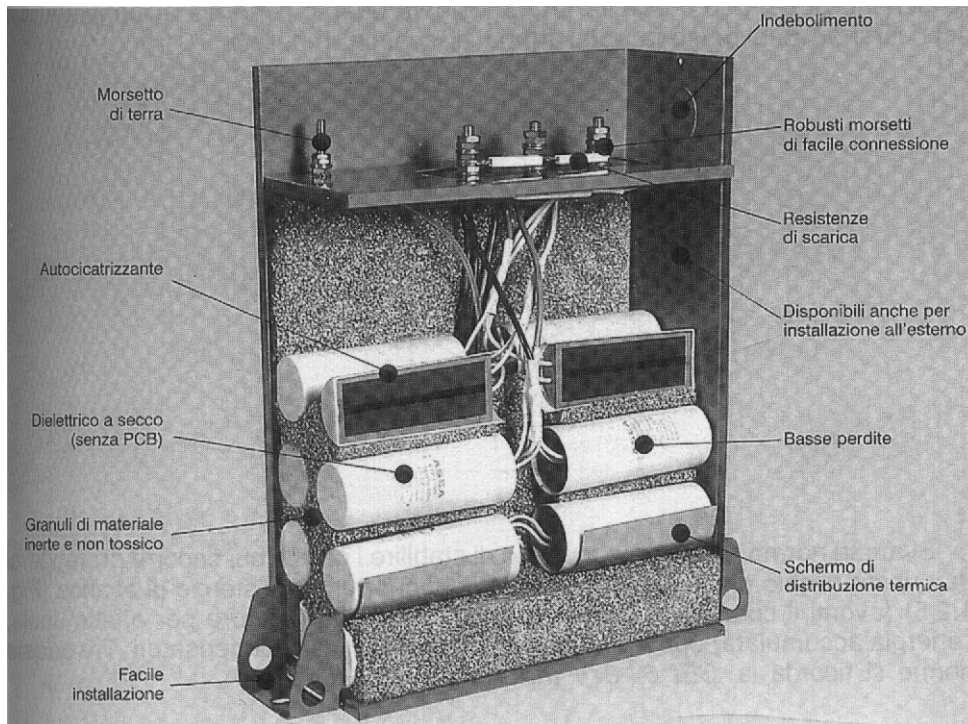
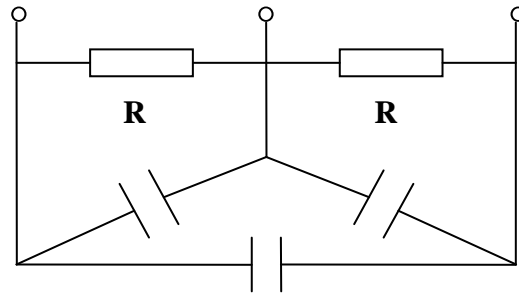
$$Q_C = 3 \frac{V_f^2}{X_C} = 3 \omega C_Y V_f^2 = 3 \omega C_Y \frac{V^2}{3} = \omega C_Y V^2 \rightarrow C_Y = \frac{Q_C}{\omega V^2}$$

Se i condensatori sono connessi a triangolo (quindi ogni condensatore è sottoposto alla tensione concatenata V), vale la seguente relazione:

$$Q_C = 3 \frac{V^2}{X_C} = 3 \omega C_\Delta V^2 \rightarrow C_\Delta = \frac{Q_C}{3\omega V^2}$$

Da quanto esposto si nota che la capacità C di ciascuno dei condensatori connessi a triangolo è pari a un terzo della capacità dei condensatori a stella, i quali però sono sollecitati da una tensione radice di tre volte minore. A parità di capacità i condensatori connessi a triangolo assorbono una potenza reattiva tripla rispetto agli stessi condensatori connessi a stella, con evidente vantaggio economico. Per tale motivo, negli impianti a bassa tensione è utilizzata la connessione a triangolo dei condensatori nelle batterie di rifasamento trifase; negli impianti di alta tensione, invece, vengono impiegati condensatori connessi a stella, per poter impiegare condensatori con tensione nominale più bassa. I condensatori sono dispositivi **“critici”** in un impianto elettrico in quanto estremamente sensibili a variazioni delle grandezze nominali di alimentazione (tensione, frequenza, armoniche). In conseguenza di queste alterazioni delle caratteristiche di alimentazione, si possono verificare danni gravi ai condensatori stessi, all'impianto elettrico e anche all'ambiente circostante (scoppi, incendi, etc.). A tale proposito si ricorda la norma **CEI 33 - 5** che fissa le caratteristiche costruttive e regola la sicurezza. Inoltre, come è noto dall'elettrostatica, i condensatori sono in grado di accumulare energia; per questo motivo, un condensatore, anche staccato dalla rete di alimentazione, può costituire un pericolo, in quanto l'energia accumulata può scaricarsi su una persona sotto forma di carica impulsiva. Le norme CEI inoltre si preoccupano di stabilire i casi in cui occorre proteggersi da questo rischio mediante l'inserimento di opportune resistenze di scarica (con il compito di

dissipare, trasformandola in calore per effetto Joule, l'energia accumulata) oppure rendendo inaccessibili tali condensatori (CEI 64 - 8 / 4).



Esempio:

Nel caso dell'esempio precedente si determini il valore di ognuna delle capacità della batteria, impiegando un collegamento a triangolo.

Soluzione:

Ogni condensatore avrà capacità:

$$C = Qc / 2 \pi f 3 V^2 = 2000 / (2 \times 3,14 \times 50 \times 3 \times 380^2) = 0.0000146 F = 14,6 \mu F$$