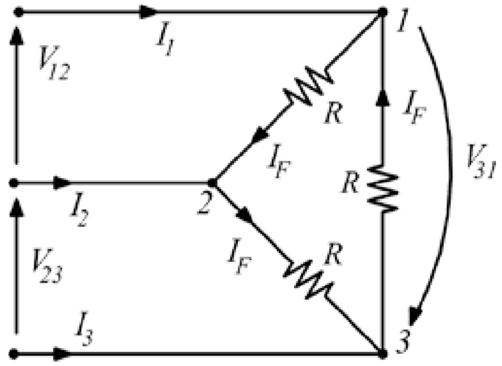
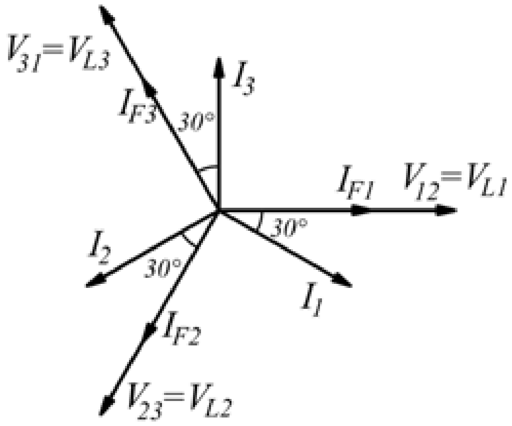
Sistemi trifase:

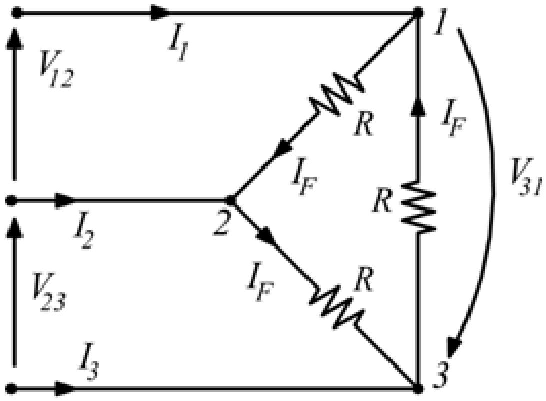
Esercizio no.1
Un carico trifase, costituito da tre resistenza collegate a triangolo di valore ciascuna 8Ω è alimentato con tensioni concatenate di valore VL=220V . Trovare le correnti di fase I_F sulle tre resistenze e la potenza P.



Esercizio no.1:soluzione

Dato che il carico è puramente resistivo, non c'è sfasamento fra correnti di fase e tensioni concatenate.





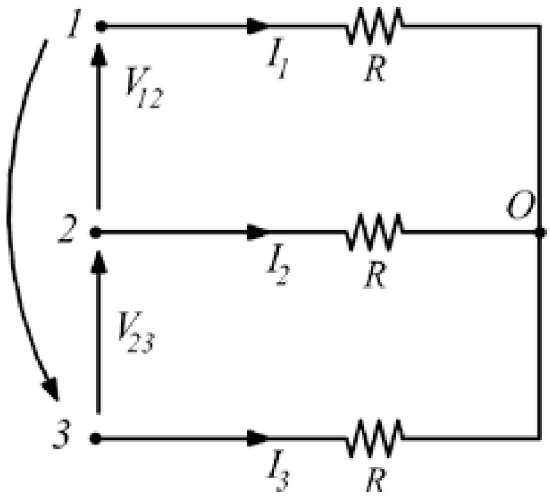
$$I_F = \frac{V_F}{R} = \frac{220}{8} = \underline{27{,}5\,A} \qquad I_L = I_F\sqrt{3} = 47{,}63\ A$$

La potenza assorbita da una singola resistenza del carico (ad es. dalla R_{12})

$$P_{12} = RI_{12}^2 = RI_F^2 \text{ quindi la potenza totale: } P = 3RI_F^2 = 3\cdot 8\cdot 27{,}5^2 = \underline{18{,}15\ kW}$$

Esercizio no.2

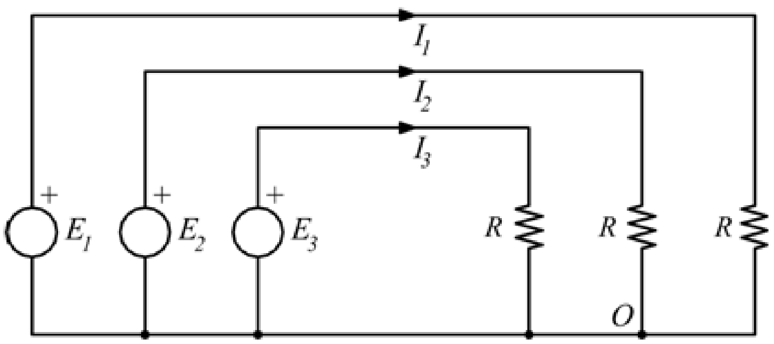
Un carico trifase, costituito da tre resistenza collegate a stella di valore ciascuna 4Ω viene alimentato da un sistema trifase simmetrico con tensioni concatenate di valore VL=380V. Si vogliono conoscere le correnti di linea I_L e la potenza complessiva assorbita dal carico, disegna anche il diagramma vettoriale con le tensioni di fase, le tensioni concatenate e le correnti di linea .



Esercizio no.2:soluzione

Essendo il carico equilibrato, vale la relazione:

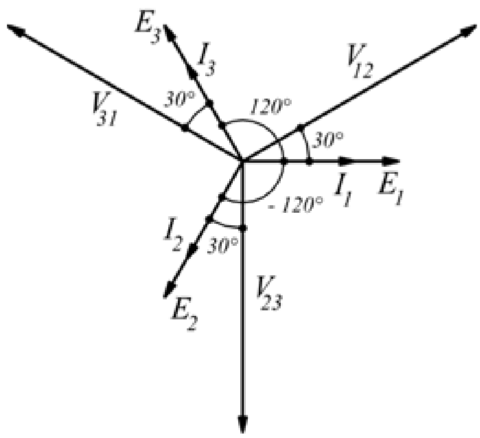
$$V_L = V_F\sqrt{3} \quad => \quad V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V = E$$



Abbiamo, dunque trovato le tre tensioni :

$$V_F = E = E_1 = E_2 = E_3$$

Se il carico è equilibrato la corrente sul neutro è nulla, le correnti di linea sono:



$$I_L = \frac{E}{R} = \frac{220}{4} = \underline{55\ A}$$

le I_L saranno in fase con le rispettive V_F=E

Le tensioni concatenate sono in anticipo di 30° rispetto alle tensioni di fase

Per ciascun carico vale la $P_j = RI_{Lj}^2$

Dato che i carichi sono 3 la potenza totale:

$$P = 3RI_L^2 = 3 \cdot 4 \cdot 55^2 = 36{,}3\ kW$$

Oppure potevamo dire, che per questo sistema la potenza è espressa da

$$P = 3EI_L \cos\phi = 3V_F I_L \cos\phi = 3\frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos\phi$$

dove il ϕ è l'angolo che c'è fra le tensioni di fase ($E=V_F$)e le correnti di linea (I_L); ma nel caso di carichi puramente resistivi tale angolo è pari a zero:

$$P = 3EI_L = 3V_F I_L = 3\frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L = \sqrt{3}V_L I_L = \sqrt{3} \cdot 360 \cdot 55 = \underline{36{,}3\ kW}$$

Esercizio no.3

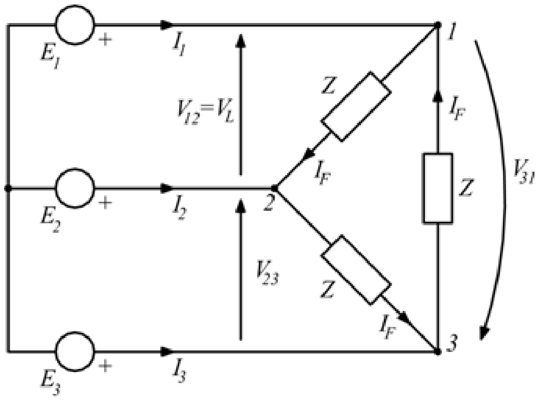
Un sistema di tensioni trifase simmetrico con tensioni concatenate VL=260V alimenta un carico equilibrato, costituito da tre impedenze uguali di tipo ohmico-induttivo, con R=4 Ω e X=3Ω collegate a triangolo. Calcola:

A] Le correnti di linea.

B] La potenza attiva e reattiva totale assorbita dal carico.

C] Ripeti i due precedenti calcoli col carico collegato a stella

Esercizio no.3:soluzione



Il contesto è quello descritto in figura; Le correnti di fase essendo il sistema simmetrico sono immediatamente computabili:

$$I_F = \frac{V_L}{Z} \quad \text{con}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\ \Omega$$

avremo:

$$I_F = \frac{V_L}{Z} = \frac{260}{5} = 52\ A$$

Le correnti di linea $I_1=I_2=I_3=I_L$ sono date dalla relazione: $I_L = I_F\sqrt{3} = 90\ A$

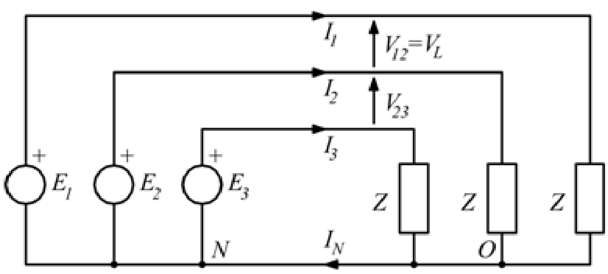
per un collegamento a triangolo la potenza attiva vale $P = 3V_L I_F \cos\phi$ con:

$$\phi = atg\left(\frac{X}{R}\right) = atg\left(\frac{3}{4}\right) = 36{,}87° \qquad \text{quindi sarà:}$$

$$P = 3V_L I_F \cos\phi = 3 \cdot 260 \cdot 52 \cos 36{,}87° = 32.448\ W$$

$$Q = 3V_L I_F \sin\phi = 3 \cdot 260 \cdot 52 \sin 36{,}87° = 24.336\ VAR$$

Qualora il carico fosse collegato a stella avremmo:



Le correnti di linea $I_1=I_2=I_3=I_L$ sono:

$$I_L = \frac{E}{Z} = \frac{V_F}{Z}$$

ma

$$V_L = V_F\sqrt{3} \quad \Rightarrow \quad V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_L = \frac{E}{Z} = \frac{V_F}{Z} = \frac{V_L}{Z\sqrt{3}} = \frac{260}{5\sqrt{3}} = 30\,A$$

$$P = 3EI_L \cos\phi = 3V_F I_L \cos\phi = 3\frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos\phi = \sqrt{3}V_L I_L \cos\phi$$

ϕ come nel caso precedente è: $\phi = atg\left(\frac{X}{R}\right) = atg\left(\frac{3}{4}\right) = 36{,}87°$

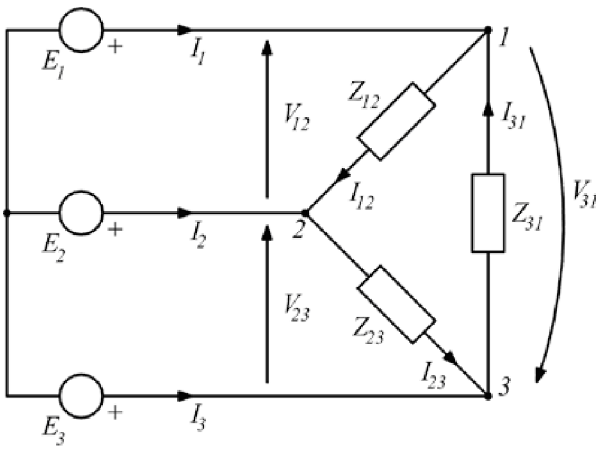
che implica cos ϕ =0,8 e sin ϕ =0,6

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\phi = \sqrt{3} \cdot 260 \cdot 30 \cdot 0{,}8 = 10.808\ W$$

$$Q = \sqrt{3}V_L I_L \sin\phi = \sqrt{3} \cdot 260 \cdot 30 \cdot 0{,}6 = 8.106\ VAR$$

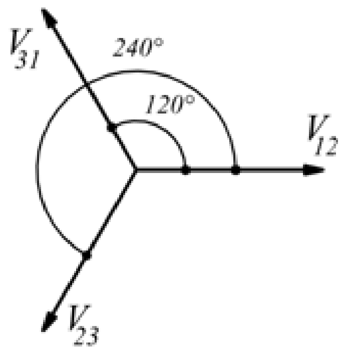
Esercizio no.6

Un carico squilibrato a triangolo, viene alimentato con delle tensioni concatenate a VL=400V. Calcolare le correnti nelle linee e nelle fasi.



Z_{12}=(20+j20) Ω
Z_{23}=(20-j10) Ω
Z_{31}=(20+j10) Ω

Esercizio no.6:soluzione



Per comodità ci riferiamo alle tensioni concatenate e disponiamo la V_{12} sull'asse reale.

$$Z_{12} = 20 + j20 = 28{,}3\angle 45°$$
$$Z_{23} = 20 - j10 = 22{,}3\angle -26°$$
$$Z_{31} = 20 + j10 = 22{,}3\angle 26°$$

Queste sono le correnti di fase.

$$\bar{I}_{12} = \frac{\bar{V}_{12}}{\bar{Z}_{12}} = \frac{400\angle 0°}{28{,}3\angle 45°} = 14{,}13\angle -45° = \underline{10 - j10}\ A$$

$$\bar{I}_{23} = \frac{\bar{V}_{23}}{\bar{Z}_{23}} = \frac{400\angle 240°}{22{,}3\angle -26°} = 18\angle 266° = \underline{-1{,}25 - j18}\ A$$

$$\bar{I}_{23} = \frac{\bar{V}_{23}}{\bar{Z}_{23}} = \frac{400\angle 120°}{22{,}3\angle 26°} = 18\angle 94° = \underline{-1{,}25 + j18}\ A$$

Le correnti di linea si ottengono così:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{12} - \bar{I}_{31} = 10 - j10 + 1{,}25 - j18 = 11{,}25 - j28 = \underline{30\angle -68°}\ A$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{23} - \bar{I}_{12} = -1{,}25 - j18 - 10 + j10 = -11{,}25 - j8 = \underline{13{,}8\angle 215°}\ A$$

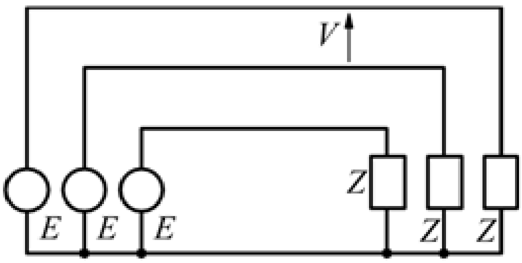
$$\bar{I}_3 = \bar{I}_{31} - \bar{I}_{23} = -1{,}25 + j18 + 1{,}25 + j18 = j36 = \underline{36\angle 90°}\ A$$

Esercizio no.4

Un sistema simmetrico trifase con valore della tensione concatenata V=380V, alimenta un carico equilibrato collegato a stella.
Questo assorbe complessivamente una potenza attiva PT=18kW ed una potenza complessiva reattiva QT=12kVAR.
Trovare il valore della resistenza e della reattanza su ciascuna fase del carico.

Esercizio no.12:soluzione

Anche in questo caso dobbiamo usare la $V = \sqrt{3}E$



$$E = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{380}{3} = 220\ V$$

Su ogni singola fase si ha:

$$P = \frac{P_T}{3} = \frac{18}{3} = 6\ kW = 6000\ W$$

$Q = \frac{Q_T}{3} = \frac{12}{3} = 4\ kVAR = 4000\ VAR$ essendo $S = EI$ la potenza apparente o anche:

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{6^2 + 4^2} = 7{,}211\ \text{kVA}$ avremo: $I = \frac{S}{E} = \frac{7211}{220} 32{,}7\ \text{A}$

dato che $P = RI^2$ => $R = \frac{P}{I^2} = \frac{6000}{32{,}7^2} = \underline{5{,}58\ \Omega}$ poi si ha:

$Q = XI^2$ => $X = \frac{Q}{I^2} = \frac{4000}{32{,}7^2} = \underline{3{,}72\ \Omega}$

Parte 1° - Elettrotecnica Generale

Leggi Fondamentali

Definizione	Espressione	Unità di Misura
Legge di Ohm	$R = \frac{V}{I}$	*ohm* - Ω
Potenza su carico resistivo. Anche indicata con Pj per indicare che si tratta di perdite per effetto Joule	**P = R I** ^{2}	*watt – W*
Potenza in Corrente Continua	**P = V I**	*watt - W*

Riporto in Temperatura

Per riportare il valore di una resistenza presa a 20°C ad una temperatura “θ” :

$$R_\theta = R_{20} \frac{234{,}5 + \theta}{234{,}5 + 20}$$

Ad esempio per riportare il valore di una resistenza su un motore presa a 20°C e riportata alla temperatura di lavoro 70°C.

Parte 2° - Corrente Alternata

Espressione di una f.e.m. sinusoidale

Valore all’istante “t”	$v\,(t) = \sqrt{2}\ V_{max}\ \mathrm{sen}\,(\omega t)$
Valore Efficace di una tensione (quello che si misura con gli strumenti tradizionali)	$V = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$

ANGOLO di SFASAMENTO

Per convenzione l’angolo di sfasamento tra tensione (di alimentazione) e corrente (assorbita dal carico) è calcolato nel modo che segue :

$$\varphi = \Phi_V - \Phi_I$$

angolo φ	Tipo di carico
tra 0 e 90°	Induttivo (RL)
tra 0 e –90°	Capacitivo (RC)

TRIANGOLO delle POTENZE

Definizione	***Espressione***	***U. M.***
Potenza Apparente	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	*VA*
Potenza Attiva	P = S cos φ	*W*
Potenza Reattiva	Q = S sen φ Q = P tan φ	*var*
Tangente	$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$	-
Angolo	$\varphi = \text{arctang}\ \frac{Q}{P}$	*gradi*

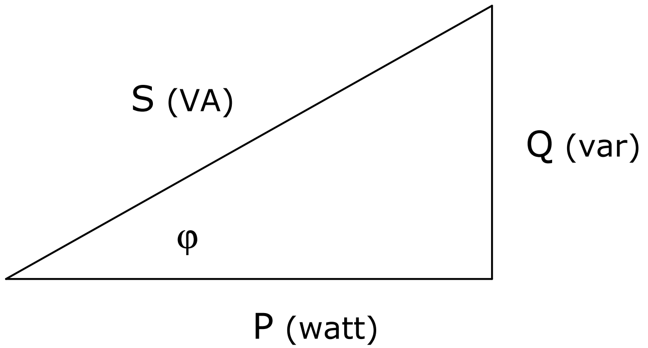


Figura : il Triangolo delle potenze (monofase & trifase)

LEGGE di Ohm – Circuiti Trifasi

Descrizione	***Espressione***	***U.m.***
Potenza Apparente	$\mathbf{S} = 3\,Z\,I^2$	VA
Potenza Attiva	$\mathbf{P} = 3\,R\,I^2$	W
Potenza Reattiva	$\mathbf{Q} = 3\,X\,I^2$	var
Angolo di sfasamento	$\varphi = \text{arctang}\ \frac{X}{R}$	

POTENZA - Circuiti MONOFASE

Definizione	***Espressione***	***U. M.***
Potenza Apparente	$\boldsymbol{S} = V\,I$	*VA*
Potenza Attiva	$\boldsymbol{P} = V\,I\cos\varphi$	*W*
Potenza Reattiva	$\boldsymbol{Q} = V\,I\,sen\,\varphi$	*var*

POTENZA - Circuiti TRIFASI

Definizione	*Espressione*	*U. M.*
Potenza Apparente	$\mathbf{S} = \sqrt{3}\ \mathbf{V\ I}$	*VA*
Potenza Attiva	$\mathbf{P} = \sqrt{3}\ \mathrm{V\ I} \cos\varphi$	*W*
Potenza Reattiva	$\mathbf{Q} = \sqrt{3}\ \mathrm{V\ I\ sen}\ \varphi$	*var*
Corrente	$I = \dfrac{P}{\sqrt{3} V \cos\varphi}$	*A*
Fattore di potenza (f.p.)	$\cos\varphi = \dfrac{P}{\sqrt{3} V I}$	-
Angolo (dal fattore di potenza)	$\varphi = \arccos(\text{f.p.})$	*gradi*

RIFASAMENTO

Definizione	*Espressione*	*U. M.*
Angolo di sfasamento ammesso per impianti rifasati	$\varphi \leq 25°$	
Fattore di potenza ammesso per impianti rifasati	$\cos\varphi \geq 0{,}9$	
Potenza Reattiva massima ammessa per impianti rifasati	$Q_{max} = P \tan 25°$	*var*
Potenza Rifasante	$Qc = Q - Q_{max}$	*var*
Reattanza capacitiva di rifasamento (Trifase)	$\mathbf{Xc} = 3\ \dfrac{V^2}{Qc}$	*ohm*
Condensatore di rifasamento	$\mathbf{C} = \dfrac{1}{2\pi f Xc}$	*F*
Corrente sul condensatore	$\mathbf{I} = \dfrac{Qc}{\sqrt{3} V}$	*A*