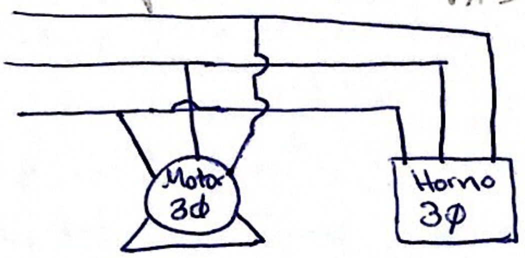
Problema # II-2017

En la figura se muestran 2 cargas trifásicas balanceadas instaladas en una industria. Las mismas son un motor de inducción 3ϕ de 25 hp; $\eta = 80\%$ $f_p = 0{,}7$. Un horno de 3 resistencias iguales conectadas en delta, con un valor por fase de $18\ \Omega$. El sistema 3ϕ de la industria está alimentado por una red $\overline{V}_A = 277\angle 30°$, 60 Hz secuencia negativa



$\overline{I}_A = 79{,}6\angle 8{,}9°\ A$

a) $\overline{S}$ de la fuente

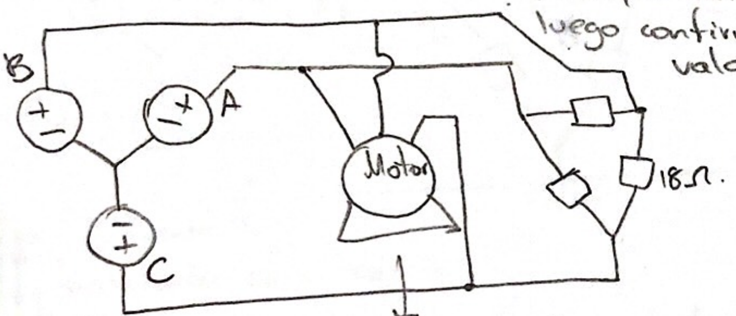
b) f_p de la fuente

c) Corregir el f_p a 0,97, conectando un banco en Δ, cuántos KVAr se necesitan?

Solución

277V es un sistema en Y

$\overline{V}_L = 480V\angle 0° = \overline{V}_{AB} \Rightarrow$ escogemos sec (-) para que inicie en 0° luego confirmamos con el valor $\overline{I}_A$ que nos dieron.



No conozco la conexión pero no importa

Horno

$$P_\phi = \frac{V_\phi^2}{R} = \frac{(480)^2}{18} = 12{,}8$$

$$P_{3\phi} = 38{,}4\ kW$$

Motor

$$25\,hp\left(\frac{746W}{1hp}\right)\cdot\frac{1}{0{,}8} = 23{,}31\,kW$$

$$f_p = 0{,}7;\quad \theta = 45{,}57°$$

$$Q = 23{,}31\tan 45{,}57° = 23{,}78\ KVAr$$

Obteniendo $\overline{S}_{fuente}$

$$\overline{S}_T = 38{,}4kW + 23{,}31kW + j\,23{,}78\,KVAr$$

$$\overline{S}_T = 61{,}71kW + j\,23{,}78\,KVAr$$

$$\overline{S}_T = 66{,}12\angle 21{,}08°\ KVA$$

$$\overline{S}_T = 3\overline{V}_\phi\cdot\overline{I}_\phi^{*} \Rightarrow \overline{I}_\phi = \left(\frac{\overline{S}}{3V_\phi}\right)^{*} = \left(\frac{66{,}12\times 1000\angle 21{,}08°}{3(277\angle 30°}\right)^{*} = \underline{79{,}6\angle 8{,}9°\ A}$$

↳ no necesité conocer la secuencia

a) $S_F = 66{,}12\ KVA$ b) $\cos 21{,}8° = f_p = 0{,}92$

c) $Q_N = 61{,}71\tan\theta\ ;\ \theta = 14{,}07°$

$$Q_N = 61{,}71\tan 14{,}07 = \underline{15{,}47\ KVAr}$$

$$Q_{3c_{req}} = Q_N - Q_V = 15{,}47 - 23{,}78 = -8{,}31\ KVAr$$

II Parcial I-2017

Una industria alimentada a 277/480V, 60 Hz, secuencia negativa, cuenta en su interior con un horno trifásico en Δ con una impedancia de 18 Ω por fase, además de 2 motores con conexión en Y (uno de 25 hp; fp=0,7; 80% de eficiencia y el otro de 10hp, fp= 0,8 y 90% de eficiencia.

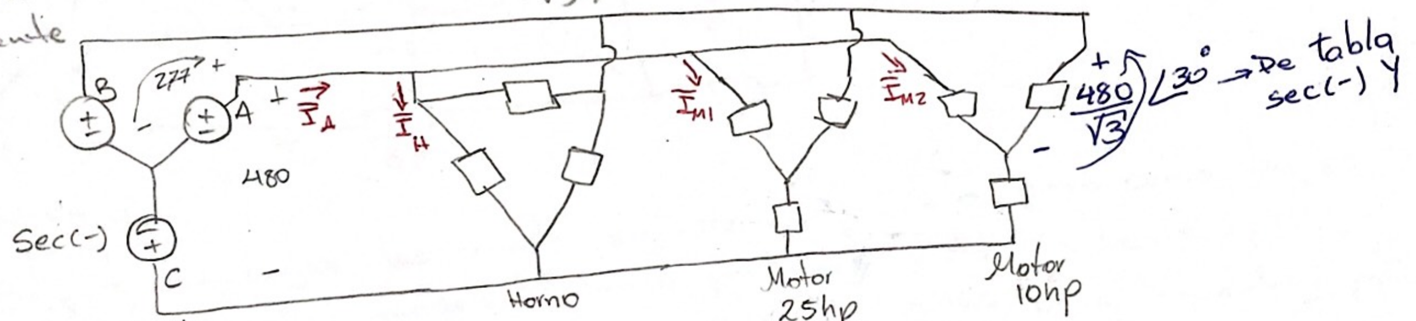
a) $\bar{I}_L$ de la acometida

b) fp de la planta, así como los KVA's de la fuente.

c) C requerido para que el fp=0,95. Nueva $\bar{I}_L$

Solución

- No tengo pérdidas, entonces todas las cargas en paralelo.
- La conexión 277/480 V = $\frac{480}{\sqrt{3}}$/480V significa conexión en Y de la fuente



a) Analizando cada carga.

Motor 1

$P_{3\phi} = 25hp\left(\frac{746W}{1hp}\right)\cdot\frac{1}{\eta} = \frac{25(746)}{0,8} =$

$P_{3\phi} = 23,31$ KW

$\cos\theta = 0,7$; $\theta = 45,6^\circ$

$Q_{3\phi} = P\cdot\tan\theta = 23,31 \tan 45,6^\circ =$

$Q_{3\phi} = 23,8$ KVAr

$\bar{S}_{M1} = 23,31 + j23,8 = 33,31\angle 45,59^\circ$ KVA

$\bar{S}_{M1} = 3\bar{V}_\phi\cdot\bar{I}_\phi^* \Rightarrow \bar{I}_\phi = \left(\frac{\bar{S}}{3\bar{V}_\phi}\right)^* \Rightarrow \bar{I}_\phi = \bar{I}_{M1}$

$\bar{I}_{M1} = \left(\frac{33,31 \times 1000\angle 45,59^\circ}{3(277\angle 30^\circ)}\right)^* = 40,08\angle -15,59^\circ$ A

x1000 KVA's

Motor 2

$P_{3\phi} = 10hp\left(\frac{746}{1hp}\right)\cdot\frac{1}{0,9} = 8,29$ KW

$\cos\theta = 0,8$. $\theta = 36,870$

$Q = 8,29\cdot\tan(36,87) = 6,22$ KVAr

$\bar{S}_{M2} = [8,29 + j6,22]$ KVA

$\bar{S}_{M2} = 10,36\angle 36,88^\circ$ KVA

$\bar{I}_{M2} = \left(\frac{10,36 \times 1000\angle 36,88^\circ}{3(277\angle 30^\circ)}\right)^*$

$\bar{I}_{M2} = 12,47\angle -6,88^\circ$ A

Horno está en Δ

$P_{1\phi} = |V_\phi|\cdot|I_\phi|\cos\theta$

$P_{1\phi} = \frac{V_\phi^2}{R} = \frac{480^2}{18\,\Omega}$ → Δ

$P_{3\phi} = (12,8\text{ KW})3 = 38,4$ KW

$|\bar{I}_\phi| = \frac{12,8 \times 1000}{480} = 26,67$ A

$\bar{I}_{\phi H} = 26,67\angle 0^\circ$

Pero como necesitamos la $\bar{I}_L$...

$\bar{I}_H = \bar{I}_{\phi H}\sqrt{3}\angle 30^\circ$

$\bar{I}_H = 46,19\angle 30^\circ$

$\bar{I}_A = \bar{I}_H + \bar{I}_{M1} + \bar{I}_{M2} = 40,08\angle -15,59^\circ + 12,47\angle -6,88 + 46,19\angle 30^\circ = 91,63\angle 6,79^\circ$ A

Otra forma...

$\bar{S}_T = \bar{S}_{M1} + \bar{S}_{M2} + \bar{S}_H = 70\text{KW} + j39,02\text{ KVAr} = 76,16\angle 23,2^\circ$ → Puedo sumar todas las potencias y calcular la I's que entrega la fuente

$\bar{I}_{\phi T} = \left(\frac{\bar{S}_T}{3\cdot\bar{V}_\phi}\right)^* = \left(\frac{76,16\angle 23,2^\circ}{3\cdot 277\angle 30^\circ}\right)^* = 91,6\angle 6,8^\circ$ A

↳ en una estrella $\bar{I}_\phi = \bar{I}_L$

b) $fp \Rightarrow \cos 23{,}2^\circ = \boxed{0{,}92}$

$$|\bar{S}|_{\text{Fuente}} = |\bar{S}|_{\text{Total}} = 76{,}16 \text{ kVA}$$

c) C_{req} para $\cos\theta = 0{,}95$

$$\theta = 18{,}2 \; ; \; Q_N = 70\tan(18{,}2^\circ) = 23{,}01 \text{ kVAr}$$

$$Q_{req} = Q_N - Q_V = 23{,}01 - 30{,}02 = -7{,}01 \text{ kVAr}$$

Se escoge  Porque es más barato y requiere menor C

$$Q_{3\phi C} = \frac{-3|\bar{V}_L|^2}{Z_C} = \frac{-3(480)^2}{Z_C} = -7{,}01$$

$$Z_C = j98{,}6\ \Omega \qquad X_C = \frac{1}{377C} \Rightarrow C = \frac{1}{377(98{,}6)} = 26{,}9\ \mu F$$

I Parcial I-2019

La fuente está en delta y secuencia positivo, $\bar{V}_{AB} = 208\angle 30°$; 60Hz

La impedancia de línea ($Z_\ell = 1+j\,\Omega$)

Tiene: - 1 motor de delta de 15 hp, 208V, $\eta = 90\%$; $fp = 0{,}75$ $\bar{Z}_\Delta = 6{,}7 + jX_M\ \Omega$.

- 1 horno es estrella, 120V, 60Hz y una impedancia $\bar{Z}_Y = 10\,\Omega$.

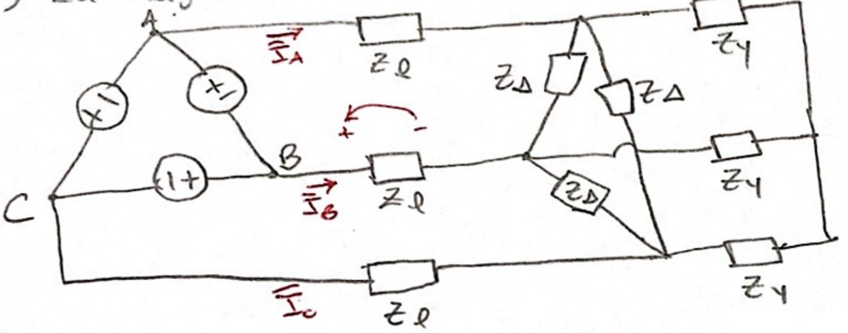
a) $\bar{I}_A, \bar{I}_B$ e $\bar{I}_C$ de la fuente

b) S y fp de la fuente.

c) $\bar{V}ab$ de la carga en delta

d) KVAr del banco de capacitores en delta para corregir el fp de la fuente a 0,98 en atraso

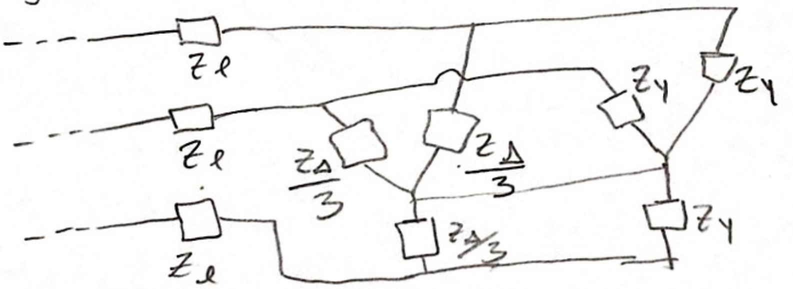
e) La magnitud la la corriente de fase en el motor



Solución

a) Ver que las cargas las conecto siempre en paralelo, pero como tengo una línea o cable modelado como pérdidas está en serie y me provoca una caída que me obliga a hacer mallas para encontrar las I's

Dibujando las cargas en estrella



$Z_{eq} = \frac{Z_\Delta}{3} \parallel Z_Y \Rightarrow$ puedo hacerlo porque es balanceado

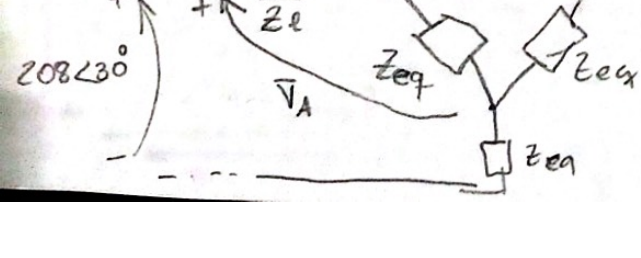
$\theta = 41{,}4$

- $\bar{Z}_\Delta = 6{,}7 + jX_M$; $X_M = ? \Rightarrow$ puedo usar el $fp = 0{,}75$

$X_M = R\cdot\tan\theta = 6{,}7\tan(41{,}4°) = 5{,}91\,\Omega$. $\bar{Z}_\Delta = 6{,}7 + j5{,}91\,\Omega$.

- $$Z_{eq} = \frac{\left(\frac{6{,}7 + j5{,}91}{3}\right)(10\,\Omega)}{\frac{6{,}7}{3} + 10 + \frac{j5{,}91}{3}} = 2{,}4\angle 32{,}27°\,\Omega = 2{,}03 + j1{,}28\,\Omega.$$

*)



Revisando en tabla $\bar{V}_A = \frac{208}{\sqrt{3}}\angle 30° - 30° = 120\angle 0°$

$$\bar{I}_A = \frac{\bar{V}_A}{\bar{Z}_\ell + \bar{Z}_{eq}} = \frac{120\angle 0°}{1 + j + 2{,}03 + j1{,}28} = 31{,}64\angle -36{,}96°\ A$$

$\bar{I}_B = 31{,}64\angle -156{,}96°\ A$

$\bar{I}_C = 31{,}64\angle -276{,}96°\ A$

Desfase de -120° según sec(+)

b) S y fp.

Puedo calcularlo usando la fórmula $\bar{S}_{3\phi} = 3\bar{V}_\phi \cdot \bar{I}_\phi^{*}$

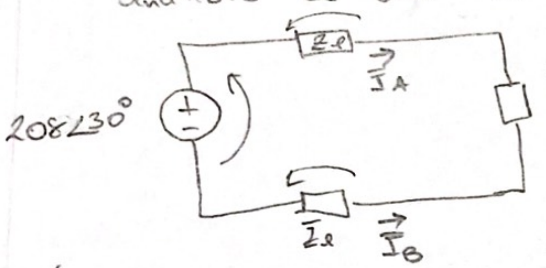
Cuidado!!! si uso $|\bar{S}|_{3\phi} = \sqrt{3}|\bar{V}_L||\bar{I}_L|$ nótese que sólo sirve para potencia aparente No para compleja

$$\bar{S}_{3\phi} = 3\bar{V}_\phi \cdot \bar{I}_\phi = 3(120)(31{,}64\angle 36{,}96^\circ) = \underline{11{,}39\angle 36{,}96^\circ \text{ KVA}}$$

$$f_p \Rightarrow \cos 36{,}96^\circ = 0{,}8$$

c) $\bar{V}ab$ de la carga en Δ

Análisis de una fase,



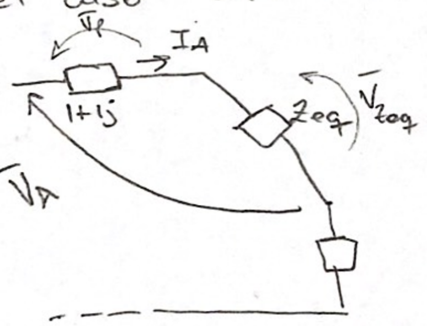
$$208\angle 30^\circ - Z_\ell \bar{I}_A + Z_\ell \cdot \bar{I}_B = \bar{V}_{AB}$$

$$208\angle 30^\circ - (1+j)(31{,}64\angle -36{,}96^\circ) + (1+j)(31{,}64\angle -156{,}96^\circ) =$$

$$\underline{\bar{V}_{AB} = 131{,}71\angle 25{,}28^\circ \text{ V}}$$

Otra forma:

o del caso anterior (*)



$$\bar{V}_A = \bar{V}_\ell + \bar{V}_{Zeq} = \underbrace{(1+j)(31{,}64\angle -36{,}96^\circ)}_{44{,}74\angle 8{,}04^\circ} + \bar{V}_{Zeq}$$

$$120\angle 0^\circ - 44{,}74\angle 8{,}04^\circ = \bar{V}_{Zeq}$$

$$\bar{V}_{Zeq} = 75{,}96\angle -4{,}7^\circ \text{ V} = \bar{V}_\phi$$

Transformandolo en $\bar{V}_{AB}$ en la carga Δ

$$\bar{V}_{AB} = \sqrt{3} \cdot 75{,}96\,\angle -4{,}7^\circ + 30^\circ = \underline{131{,}71\angle 25{,}3^\circ \text{ V}}$$

d) $\bar{S}_T = 11{,}39\angle 36{,}96^\circ = 9{,}10 + j\,6{,}85$ KVA

$\cos\theta = 0{,}98$; $\theta = 11{,}48^\circ$

Calculamos el $Q_N = P \cdot \tan\theta = 9{,}10 \tan 11{,}48^\circ = 1{,}85$ KVAr

Ahora el Q_c del capacitor

$$Q_c = Q_N - Q_v = 1{,}85 - 6{,}85 = -5 \text{ KVAr}$$

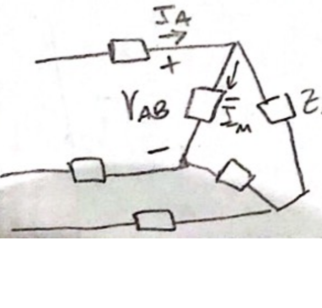
Fórmula para calcular X_c en un banco de capacitores en Δ

$$Q_{3\phi c} = \frac{-3|\bar{V}_L|^2}{Z_c} = \frac{3(208)^2}{Z_c} = -5 \text{ KVAr} \Rightarrow \frac{3(208)^2}{5000} = j25{,}96\,\Omega$$

$$Z_c = \frac{j}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{(377)(25{,}96)} = 102{,}18\,\mu F$$

Los bancos de capacitores 3ϕ's se conectan en Δ debido a que se utiliza un C + pequeño y es más barato

e)



$$\bar{I}_M = \frac{\bar{V}_{AB}}{Z_M} = \frac{131{,}71\angle 25{,}28^\circ}{6{,}7 + j5{,}91\,\Omega} =$$

$$\bar{I}_M = 14{,}74\angle -16{,}13^\circ \text{ A}$$