ELECTROTECNIA

Facultad de Ciencias Sociales

UNIVERSIDAD DE GRANADA
Campus de Melilla

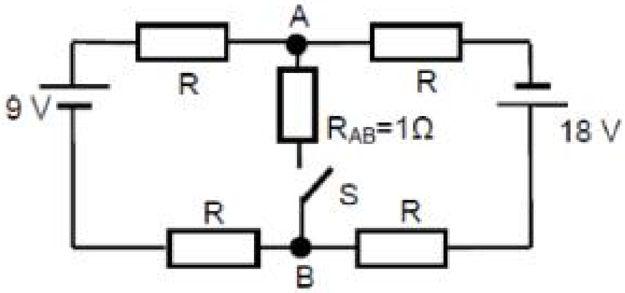
SOLUCIONARIO OPCIÓN A

EJERCICIO 1. (2,5 puntos)

En el circuito que se indica a continuación, todas las resistencias R son iguales y de valor 9 Ω. Calcule:

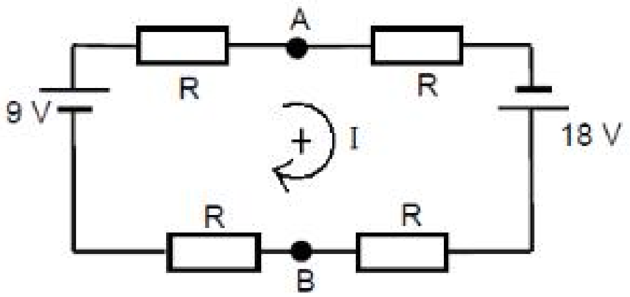
a) Las intensidades que circulan por las resistencias cuando el interruptor S está abierto y la potencia de cada generador.

b) Las intensidades que circulan por cada resistencia cuando el interruptor S está cerrado y la diferencia de potencial entre los puntos A y B.



a) Estando abierto el interruptor "S" no circulará intensidad de corriente alguna por la rama A-B, inexistente, por tanto ahora, a efectos de cálculo y aplicaremos al circuito la "Ley de Ohm Generalizada".

$I = \frac{\sum E}{\sum R}$; consideraremos como sentido positivo de la intensidad I el de las agujas del reloj y consideraremos las f.e.m. positivas, si al recorrer el circuito el primer polo encontrado es el negativo.



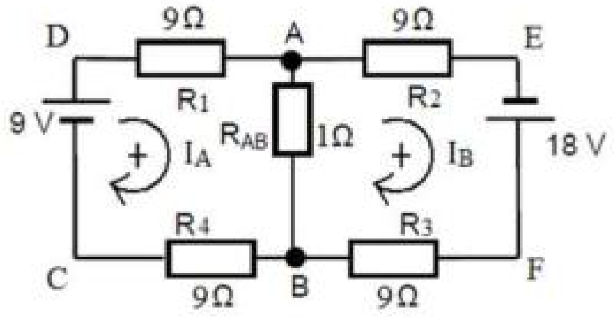
$I = \frac{9+18}{4\,.\,9} = 0{,}75\ A$, siendo ésta la intensidad que recorrerá todas las resistencias del circuito, excepto la resistencia R_{AB}, que es recorrida, como ya indicamos anteriormente, por una intensidad de valor 0 A.

En cuanto a las potencias de los generadores.

$P_{9V} = 9\ .\ 0{,}75 = 6{,}75\ W$

$P_{18V} = 18\ .\ 0{,}75 = 13{,}5\ W$

b) Estando cerrado el interruptor "S" el circuito será ahora de esta forma:



Y aplicaremos para su resolución el "Método de las Mallas".

$$\sum E = \sum I\,.\,R$$

MALLA ABCD

$9 = 18\ I_A + (I_A - I_B)\ .\ 1$

$\boxed{9 = 19\ I_A - I_B}$ (1)

<u>MALLA ABFE</u>

$$18 = 18\ I_B + (I_B - I_A)\ .\ 1$$

$$\boxed{18 = 19\ I_B - I_A}\ (2)$$

Resolviendo las ecuaciones (1) y (2) resulta:

$I_A = 0{,}525\ A$

$I_B = 0{,}975\ A$

Por tanto:

$$\boxed{\begin{array}{l} I_{R1} = I_{R4} = 0{,}525\ A \\ I_{R2} = I_{R3} = 0{,}975\ A \\ I_{RAB} = I_B - I_A = 0{,}975 - 0{,}525 = 0{,}45\ A \end{array}}$$

En cuanto a la diferencia de potencial entre los puntos A y B, V_{A-B}, será:

$V_{A-B} = -\ I_{RAB}\ .\ R_{AB}$,

siendo I_{RAB} negativa, al ser su sentido el que va del punto B al punto A del circuito.

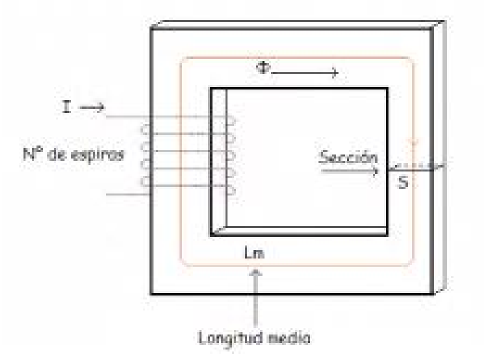
$$\boxed{V_{A-B} = -\ 0{,}45\ .\ 1 = -\ 0{,}45\ V}$$

EJERCICIO 2. (2,5 puntos)

Un electroimán cuyo núcleo tiene forma rectangular, con una longitud media de 40 cm, sección magnética útil de 10 cm^2 y permeabilidad relativa de 200, tiene en una columna lateral una bobina de 10000 espiras con una resistencia de 157 Ω. Calcule:

a) La reluctancia magnética del circuito.
b) La corriente necesaria por la bobina para crear un flujo magnético de 2 mWb.
c) La tensión de corriente continua a la que hay que conectar la bobina.
d) La inducción magnética producida por la bobina.

Dato: $\mu_0 = 4.\ \pi \cdot 10^{-7}$ T·m/A



a) $\boxed{\mathcal{R} = Lm / \mu\ .\ S}$, siendo:

$\mathcal{R}$: Reluctancia magnética del circuito (Av/wb),
Lm: Longitud media del núcleo (m).
μ : Coeficiente de permeabilidad magnética del núcleo (T.m/A).
S: Sección del núcleo (m^2).

Además, $\boxed{\mu_r = \mu / \mu_0}$, siendo:

μ_r: Coeficiente de permeabilidad magnética relativa (adimensional),
μ : Coeficiente de permeabilidad magnética del núcleo (T.m/A).
μ_0: Coeficiente de permeabilidad magnética del vacío ($4.\pi.10^{-7}$ T.m/A).

$\mu = 200\ .\ 4\ .\ \pi\ .\ 10^{-7} = 2513{,}27\ .\ 10^{-7}$ T.m/A y

$$\boxed{\mathcal{R} = 40 \,.\, 10^{-2} \,/\, 2513{,}27 \,.\, 10^{-7} .\, 10 \,.\, 10^{-4} = 15{,}92 \,.\, 10^{5} \text{ Av/wb}}$$

b)

$\boxed{E = N \,.\, I = \Phi \,.\, \mathcal{R}}$, siendo:

E = fuerza magnetomotriz (Av).
N = nº de espiras.
I = Intensidad de corriente eléctrica (A).
Φ = Flujo magnético (wb).
$\mathcal{R}$ = Reluctancia magnética (Av/wb).

Por tanto, $10000 \,.\, I = 2 \,.\, 10^{-3} \,.\, 15{,}92 \,.\, 10^{5}$ y despejando la intensidad I,

$$\boxed{I = 0{,}3184 \text{ A}}$$

c) La tensión a la que hay que conectar la bobina será:

$$\boxed{V = R \,.\, I = 157 .\, 0{,}3184 = 50 \text{ V}}$$

d) Y la inducción magnética producida:

$$\boxed{B = \Phi \,/\, S = 2 \,.\, 10^{-3} \,/\, 10 \,.\, 10^{-4} = 2 \text{ T}}$$

EJERCICIO 3. (2,5 puntos)

Un circuito RLC serie de corriente alterna presenta una impedancia $40\angle 60^\circ\ \Omega$ cuando se somete a una tensión eficaz de 80 V a la frecuencia de 50 Hz. La bobina tiene una autoinducción de 159 mH. A partir de estos datos:

a) Calcule la resistencia y las reactancias del circuito.
b) Dibuje el esquema del circuito y calcule el valor de la intensidad y las potencias del circuito.
c) Calcule el valor del condensador para mejorar el factor de potencia del circuito a 0,9 e indique como se conectaría en el circuito.

a)

$\vec{Z} = R + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) j$

$\vec{Z} = 40\underline{/60^\circ} = 40 \cdot \cos 60^\circ + 40 \cdot \text{sen}\, 60^\circ j = 20 + 34{,}64j\ \Omega$.

Por tanto, la resistencia será $R = 20\ \Omega$ y la reactancia total del circuito $X = 34{,}64\ \Omega$.

La reactancia inductiva del circuito será $X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 159 \cdot 10^{-3}$,

$X_L = 49{,}95\ \Omega$.

En cuanto a la reactancia capacitiva, siendo la reactancia total $X = X_L - X_C$,

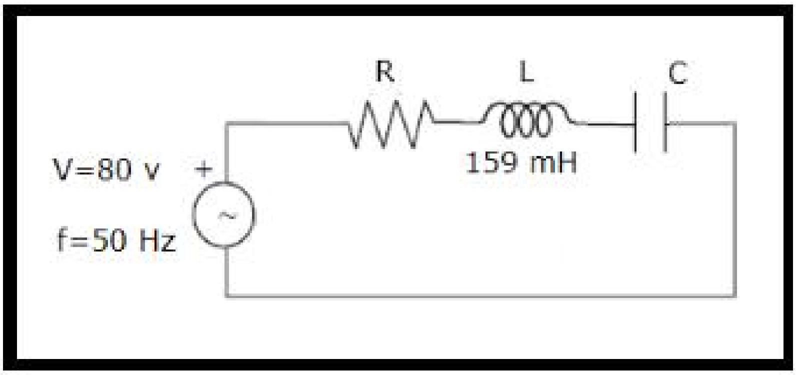
$X_C = \frac{1}{\omega C} = X_L - X = 49{,}95 - 34{,}64 = 15{,}31\ \Omega$

Expresando estos valores en forma binómica y en forma polar, resulta:

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{R} &= 20 = 20\underline{/0^\circ}\ \Omega \\ \vec{X} &= 34{,}64j = 34{,}64\underline{/90^\circ}\ \Omega \\ \vec{X}_L &= 49{,}95j = 49{,}95\underline{/90^\circ}\ \Omega \\ \vec{X}_C &= -15{,}31j = 15{,}31\underline{/-90^\circ}\ \Omega \end{aligned}}$$

b)

El esquema del circuito será el siguiente:

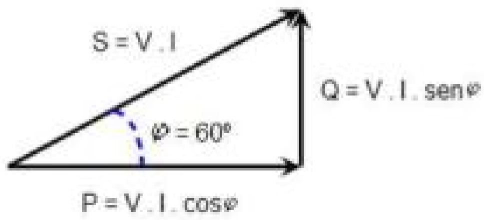


Y la intensidad:

$$I = 80 / 40 = 2\ A$$

$$\vec{I} = 2\ \underline{/0^{\circ}}\ A$$

En cuanto a las potencias del circuito (aparente, activa y reactiva) y teniendo en cuenta el triángulo de potencias, estas serán:



$S = V\,.\,I = 80\,.\,2 = 160$ VA (P. aparente)

$P = V\,.\,I\,.\cos\varphi = 80\,.\,2\,.\,0{,}5 = 80$ W (P. activa)

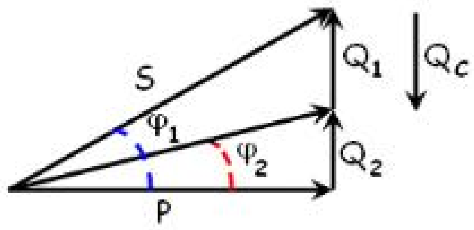
$Q = 80\,.\,2\,.\,\text{sen}\,\varphi = 80\,.\,2\,.\,0{,}866 = 138{,}56$ VAr (P. reactiva)

c) La capacidad del condensador necesario vendrá determinada por la ecuación:

$$C = \frac{P \, . \, (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)}{\omega \, . \, V^2}$$

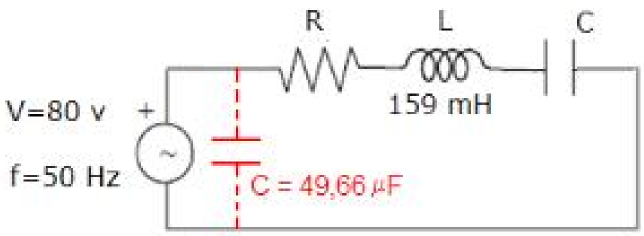
Siendo $\varphi_1 = 60^\circ$ el ángulo correspondiente al factor de potencia antes de conectar el condensador $\longrightarrow$ $\cos \varphi_1 = 0{,}5$,

y $\varphi_2 = 25{,}84^\circ$ el ángulo correspondiente al factor de potencia mejorado, una vez conectado el condensador $\longrightarrow$ $\cos \varphi_2 = 0{,}9$.



$$\boxed{C = \frac{80 \, . \, \left(1{,}732 - 0{,}484\right)}{2 \, . \, \pi \, . \, 50 \, . \, 80^2} = 49{,}66 \ \mu F}$$

Además, el condensador lo conectaremos en paralelo con la carga del circuito.



EJERCICIO 4. (2,5 puntos)

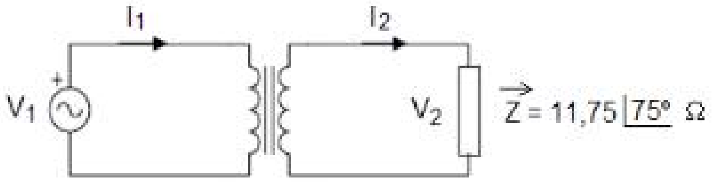
Un transformador monofásico ideal suministra energía eléctrica a una impedancia de 11,5∠75° Ω, a la tensión de 23 V y 50 Hz. Calcule:

a) La tensión de alimentación del transformador si su relación de transformación es 10.

b) Las intensidades que circulan por cada devanado del transformador.

c) Las potencias activa, reactiva y aparente de la impedancia.

a)



Siendo la relación de transformación: $r_T = \frac{V_1}{V_2}$, la tensión de alimentación del transformador V_1 será:

$$\boxed{V_1 = r_T \,.\, V_2 = 10 \,.\, 23 = 230\ V}$$

b)

En cuanto a las intensidades que circulan por los devanados 1° (I_1) y 2° (I_2) del transformador:

$$\boxed{I_2 = \frac{V_2}{Z} = \frac{23}{11{,}5} = 2\ A}$$

siendo además la relación de transformación $r_T = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$,

$$\boxed{I_1 = \frac{I_2}{r_T} = \frac{2}{10} = 0{,}2\ A}$$

c)

Por último, las potencias aparente (S), activa (P) y reactiva (Q) de la impedancia serán:

$$S = V_2 \,.\, I_2 = 23\,.\,2 = 46\,VA$$

$$P = V_2 \,.\, I_2 \,.\, \cos 75º = 23\,.\,2\,.\,0{,}26 = 11{,}96\,W$$

$$Q = V_2 \,.\, I_2 \,.\, \text{sen}\, 75º = 23\,.\,2\,.\,0{,}97 = 44{,}62\,VAr$$

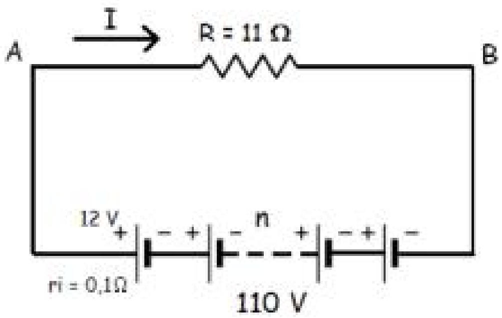
SOLUCIONARIO OPCIÓN B

EJERCICIO 1. (2,5 puntos)

Se dispone de baterías de 12 V y resistencia interna 0,1 Ω.

a) ¿Cuántas de las anteriores baterías hay que conectar en serie para conseguir una tensión de 110 V en una resistencia de carga de 11 Ω?

b) Calcule la potencia en la resistencia de carga y la potencia cedida por cada una de las baterías.



a) Suponiendo que hubiese que conectar "n" baterías en serie, la batería equivalente tendría una f.e.m. total y una resitencia interna total igual a:

$E_T = \sum E = n \,.\, 12$ V

$r_{iT} = \sum r_i = n \,.\, 0{,}1\ \Omega$

Además, siendo I la intensidad eléctrica que recorre todo el circuito,

$E_T = I \,.\, r_{iT} + I \,.\, R = I \,.\, r_{iT} + V_{A\text{-}B}$,

siendo $V_{A\text{-}B}$ la diferencia de potencial entre los puntos A y B (110 V).

Por tanto, $E_T = I \,.\, r_{iT} + 110$, o lo que es lo mismo

$n \,.\, 12 = I \,.\, n \,.\, 0{,}1 + 110$ (1) ,

y la intensidad I es: $I = V_{A\text{-}B} / R = 110 / 11 = 10$ A

Sustituyendo, por último en (1), la intensidad I por su valor, resulta:

$n \,.\, 12 = 10 \,.\, n \,.\, 0{,}1 + 110$, de donde n resulta ser igual a:

$$\boxed{n = 10 \text{ baterías}}$$

d) En cuanto a la potencia en la resistencia de carga:

$$\boxed{P_R = I \,.\, V_{A\text{-}B} = 10 \,.\, 110 = 1100 \text{ W}}$$

Y la potencia cedida por cada batería (P_u),

$P_u = V_{a\text{-}b} \,.\, I$, siendo $V_{a\text{-}b}$ la tensión en bornes de cada batería, de valor

$V_{a\text{-}b} = E - r_i \,.\, I = 12 - 0{,}1 \,.\, 10 = 11 \text{ V}$; por tanto:

$$\boxed{P_u = 11 \,.\, 10 = 110 \text{ W}}$$

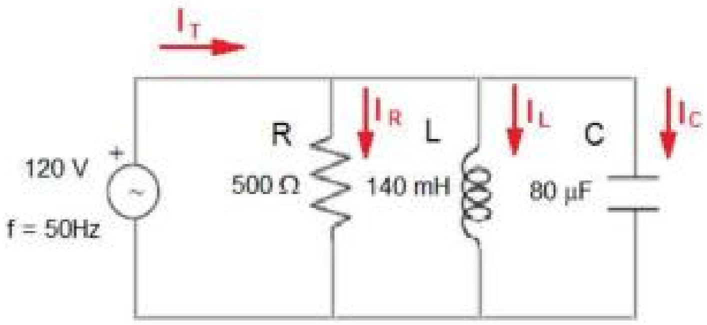
EJERCICIO 2. (2,5 puntos)

A una red de corriente alterna de 120 V, 50 Hz, se conectan en paralelo los siguientes receptores: una bobina de 140 mH, una resistencia de 500 Ω y un condensador de 80 μF.

a) Calcule la intensidad en cada uno de los receptores y la intensidad total.

b) Calcule el factor de potencia, las potencias activa, reactiva y aparente del conjunto de receptores.

c) Dibuje el diagrama fasorial de las intensidades.



a)

Comenzamos calculando la conductancia del circuito, así como las susceptancias inductiva y capacitiva.

La conductancia del circuito será:

$$\vec{G} = \frac{1}{\vec{R}} = \frac{1}{500} = 0{,}002\underline{/0^{\circ}}\ \text{S.}$$

La susceptancia inductiva será:

$$\overrightarrow{B_L} = -\frac{1}{\omega\,.\,L}j = -\frac{1}{2\,.\,\pi\,.\,50\,.\,140\,.\,10^{-3}} = -0{,}0227j = 0{,}0227\underline{/-90^{\circ}}\ \ \text{S.}$$

Y la capacitiva:

$$\overrightarrow{B_C} = \omega\,.\,C\ j = 2\,.\,\pi\,.\,50\,.\,80\,.\,10^{-6}\,j = 0{,}0251j = 0{,}0251\ /\underline{90^{\circ}}\ \text{S.}$$

En cuanto a las intensidades en cada uno de los receptores $\vec{I_R}$, $\vec{I_L}$, $\vec{I_C}$ y la intensidad total $\vec{I_T}$, serán:

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{I_G} &= \vec{V}.\vec{G} = 120\ \underline{/0^{\text{o}}}\ .\ 0{,}002\ \underline{/0^{\text{o}}} = 0{,}24\ \underline{/0^{\text{o}}}\ \text{A} \\ \vec{I_L} &= \vec{V}\,.\vec{B_L} = 120\ \underline{/\ 0^{\text{o}}}\ .\ 0{,}0227\ \underline{/-90^{\text{o}}} = 2{,}72\ \underline{/-90^{\text{o}}}\ A \\ \vec{I_C} &= \vec{V}\,.\vec{B_C} = 120\ \underline{/0^{\text{o}}}\ .\ 0{,}0251\ \underline{/90^{\text{o}}} = 3\ \underline{/90^{\text{o}}}\ A \end{aligned}}$$

Siendo además, $\vec{Y} = G + \left(\omega.C - \frac{1}{\omega.L}\right)j = 0{,}002 + (0{,}0251 - 0{,}0227)j =$

$0{,}002 + 0{,}0024\,j = 0{,}0031\ \underline{/50{,}19^{\text{o}}}\ S.$

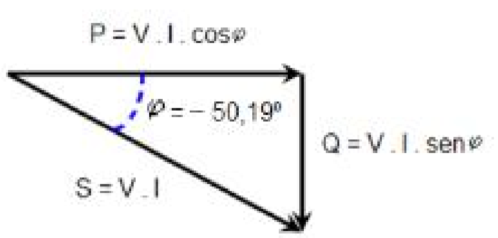
$$\boxed{\vec{I_T} = \vec{V}\,.\vec{Y} = 120\ \underline{/\ 0^{\text{o}}}\ .\ 0{,}0031\ \underline{/50{,}19^{\text{o}}} = 0{,}372\ \underline{/50{,}19^{\text{o}}}\ A}$$

b)

En relación al factor de potencia, siendo el ángulo correspondiente al triángulo de admitancias $\Longrightarrow$ Ψ = 50,19° (formado por la admitancia $\vec{Y}$ y la conductancia $\vec{G}$), el ángulo correspondiente al triángulo de impedancias será $\Longrightarrow$ φ = -50,19° (formado por la impedancia $\vec{Z}$ y la resistencia $\vec{R}$) y en consecuencia el factor de potencia será:

$$\boxed{\cos \varphi = 0{,}64}$$

Las potencias aparente, activa y reactiva serán:



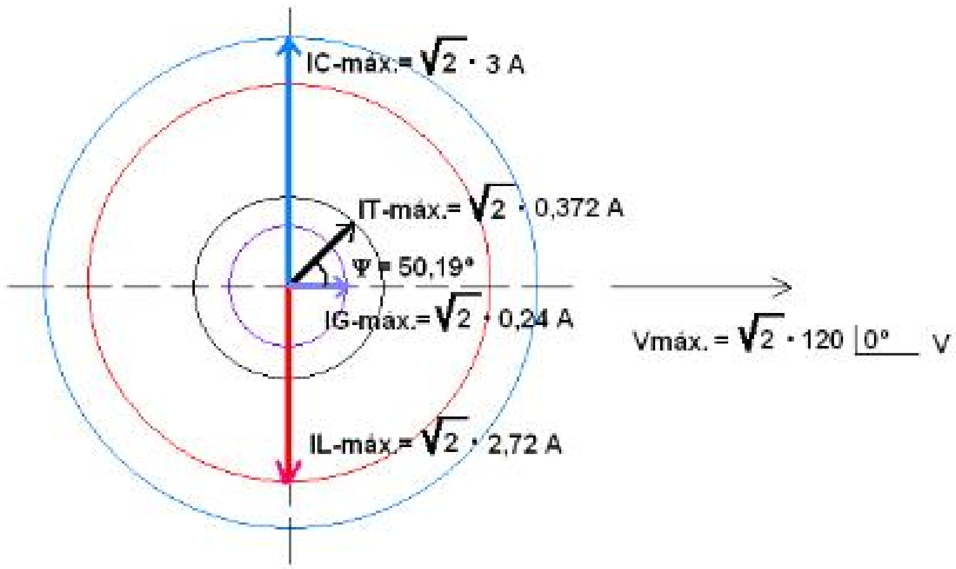
$$S = V \, . \, I = 120 \, . \, 0{,}372 = 44{,}64 \text{ VA}$$

$$P = V \, . \, I \, . \cos\varphi = 120 \, . \, 0{,}372 . \, 0{,}64 = 28{,}569 \text{W}$$

$$Q = V \, . \, I \, . \operatorname{sen}\varphi = 120 \, . \, 0{,}372 \, . \, (-0{,}768) = -34{,}284 \text{ VAr}$$

c)

En cuanto al diagrama fasorial de las intensidades, éste será:

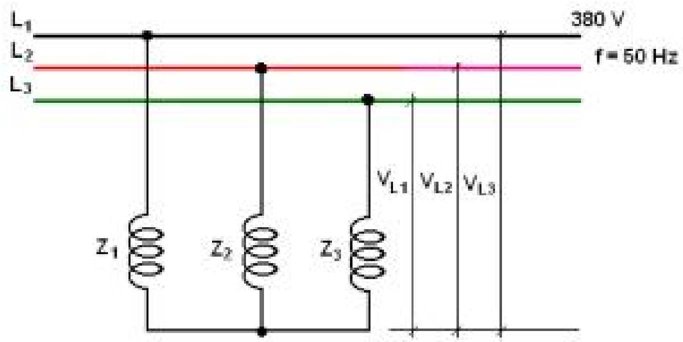


EJERCICIO 3. (2,5 puntos)

Se conectan en estrella tres bobinas iguales a una red trifásica de 380 V, 50 Hz. Cada una de ellas posee una resistencia óhmica de 15 Ω en serie con una reactancia inductiva de 40 Ω. Calcule:

a) La corriente de línea y el factor de potencia.
b) Las potencias activa, reactiva y aparente de la carga trifásica.

a)



Siendo las tensiones de línea o compuestas $V_{L1\text{-}L2} = V_{L2\text{-}L3} = V_{L1\text{-}L3}$ = 380 V, las tensiones simples o de fase en valor modular serán:

$$V_{L1} = V_{L2} = V_{L3} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219{,}39 \text{ V}$$

Por otra parte, las impedancias de cada bobina serán también:

$$\vec{Z} = \overrightarrow{Z_1} = \overrightarrow{Z_2} = \overrightarrow{Z_3} = 15 + 40j = 42{,}72\ \underline{/69{,}44^{\circ}}\ \Omega$$

Teniendo en cuenta que en la conexión en estrella las intensidades de línea son iguales a las de fase, siendo además este sistema trifásico equilibrado, tendremos que:

$$\underbrace{I_{L1\text{-}L2} = I_{L2\text{-}L3} = I_{L1\text{-}L3}}_{\text{INTENSIDADES DE LINEA}} = \underbrace{I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}}_{\text{INTENSIDADES DE FASE}}$$

Por tanto, el valor modular de la intensidad de línea será:

$$\boxed{I_{L1-L2} = I_{L1} = \frac{\mathrm{V_{L1}}}{\mathrm{Z}} = \frac{219{,}39}{42{,}72} = 5{,}14\ \mathrm{A}}$$

Y las tres intensidades de línea complejas, tomando como origen de fases

$\overrightarrow{V_{L1}} = V_{L1}\ \underline{/0º}$ V y en secuencia positiva directa, serán:

$$\overrightarrow{I_{L1}} = \frac{\overrightarrow{V_{L1}}}{\overrightarrow{Z_{L1}}} = \frac{219{,}39\ \underline{/0º}}{42{,}72\ \underline{/69{,}44º}} = 5{,}14\ \underline{/-69{,}44º}\ A$$

$$\overrightarrow{I_{L2}} = \frac{\overrightarrow{V_{L2}}}{\overrightarrow{Z_{L2}}} = \frac{219{,}39\ \underline{/-120º}}{42{,}72\ \underline{/69{,}44º}} = 5{,}14\ \underline{/-189{,}44º}\ A$$

$$\overrightarrow{I_{L3}} = \frac{\overrightarrow{V_{L3}}}{\overrightarrow{Z_{L3}}} = \frac{219{,}39\ \underline{/-240º}}{42{,}72\ \underline{/69{,}44º}} = 5{,}14\ \underline{/-309{,}44º}\ A$$

El factor de potencia será: $\boxed{\cos\varphi = \cos 69{,}44° = 0{,}35}$

b)

En cuanto a las potencias APARENTE (S), ACTIVA (P) y REACTIVA (Q), éstas serán:

$$S = \sqrt{3}\ .\ V_{L1-L2}\ .\ I_{L1-L2} = \sqrt{3}\ .\ 380\ .\ 5{,}14 = 3383\ VA$$

$$P = \sqrt{3}\ .\ V_{L1-L2}\ .\ I_{L1-L2}\ .\cos\varphi = \sqrt{3}\ .\ 380\ .\ 5{,}14\ .\ 0{,}35 = 1184\ W$$

$$Q = \sqrt{3}\ .\ V_{L1-L2}\ .\ I_{L1-L2}\ .\operatorname{sen}\varphi = \sqrt{3}\ .\ 380\ .\ 5{,}14\ .\ 0{,}936 = 3166{,}48\ VAr$$

EJERCICIO 4. (2,5 puntos)

Se dispone de un amperímetro de escala 10 A cuya resistencia interna es de 0,2 Ω. Se desea ampliar la escala de dicho aparato hasta 100 A.

a) Calcule el valor de la resistencia shunt a conectar.

b) Realice el esquema eléctrico de conexión de dicho shunt.

c) Calcule la potencia que disipará la resistencia shunt.

a)

Las ecuaciones a aplicar para calcular la resistencia del shunt son:

$\boxed{I = I_A + I_S}$ (1)

$\boxed{I_A \cdot r_i = I_S \cdot R_S}$ (2), siendo:

I: La intensidad máxima a medir (A).
I_A: La intensidad a fondo de escala del amperímetro (A).
I_S: La intensidad que circulará por la resistencia del shunt (A).
r_i: La resistencia interna del amperímetro (Ω).
R_S: La resistencia del shunt (Ω).

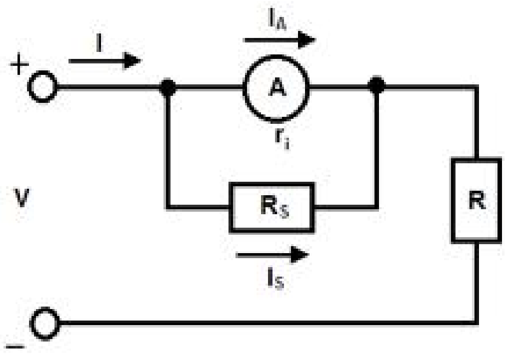
Aplicando (1), $100 = 10 + I_S$, $I_S = 90$ A

Aplicando (2), $10 \cdot 0{,}2 = 90 \cdot R_S$,

$$\boxed{R_s = 0{,}0222\ \Omega}$$

b)

El esquema eléctrico de conexión será:



c)

En cuanto a la potencia disipada por el shunt:

$$\boxed{P_S = R_S \cdot I_S^2 = 0{,}0222 \cdot 90^2 = 179{,}82\ W}$$