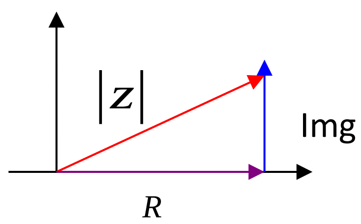
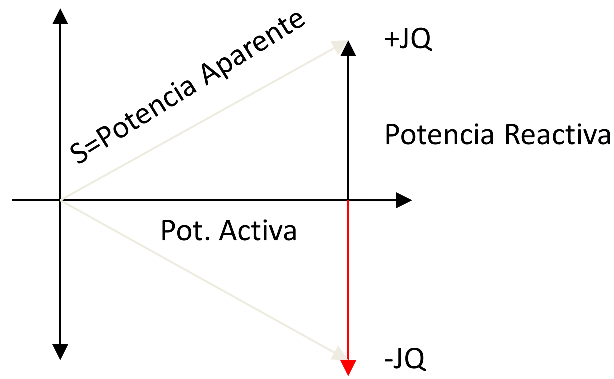
Potencia en estado estable

Triángulo de Impedancia

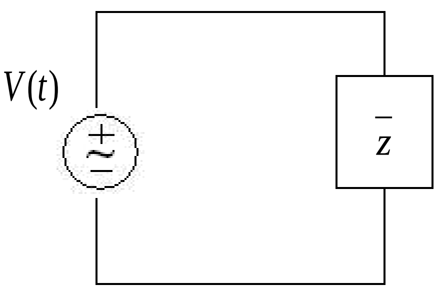


Inductancia

$0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$



Potencia Instantánea



$$V(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_V)$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$$

$$p(t) = V(t) I(t)$$

$$p(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_V)\left[I_m \cos(\omega t + \theta_i)\right]$$

$$\cos\phi_1 \cos\phi_2 = \frac{1}{2}\left[\cos(\phi_1 - \phi_2) + \cos(\phi_1 + \phi_2)\right]$$

$$p(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \left[\cos(\theta_V - \theta_i) + \cos(2\omega t + \theta_V + \theta_i)\right][W]$$

Ejemplo:

$$V(t) = 4\sqrt{2}\cos(\omega t + 60^o)[V]$$

$$\overline{z} = 2\angle 45^o [\Omega]$$

$$\overline{I} = \frac{\overline{V}}{\overline{z}}$$

$$\overline{I} = \frac{4\angle 60^o}{2\angle 45^o}$$

$$\overline{I} = 2\angle 15^o \qquad \Rightarrow \qquad i(t) = 2\sqrt{2}\cos(\omega t + 15^o)$$

$$p(t) = V(t)i(t)$$

$$p(t) = \frac{1}{2}\left(4\sqrt{2}\right)\left(2\sqrt{2}\right)\left[\cos\left(60 - 15\right) + \cos(2\omega t + 60 + 15)\right]$$

$$p(t) = 8[\cos 45^o + \cos(2\omega t + 75^o)]$$

$$p(t) = \underbrace{4\sqrt{2}}_{\text{Pot. Promedio}} + 8\cos(2\omega t + 75^o)$$

Si la expresión anterior la evaluáramos en 1 tenemos la **potencia instantánea.**

Potencia Promedio

$$P = \frac{1}{T}\int_{t}^{to} p(t)dt$$

$$P = \frac{1}{T}\int \underbrace{\frac{1}{2}V_m I_m \cos(\theta_V - \theta_i)dt}_{1} + \frac{1}{T}\int \underbrace{\frac{1}{2}V_m I_m \cos(2\omega t + \theta_V + \theta_i)dt}_{2}$$

1

Es independiente del tiempo $\Rightarrow$ $\frac{1}{2}V_m \, I_m \cos(\theta_V - \theta_i)$

2 $P = \frac{1}{2}V_m I_m \cos(2wt + \theta_V + \theta_i)[W]$ **Por ser función periódica su integral es cero**

$$\cos(-\theta) = \cos\theta$$

$$\theta_V - \theta_i > 0$$

$$\theta_V - \theta_i < 0$$

$$\Rightarrow \quad P = \frac{1}{2}V_m I_m \cos(\theta)[W]$$

Qué sucede si solo tenemos elementos reactivos?

$\theta = 90^{o} \Rightarrow$ Inductivo

$\theta = -90^{o} \Rightarrow$ Capacitivo

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos 90^{o}$$
$$P = 0[W[$$

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos -90^{o}$$
$$P = 0[W[$$

$\therefore$ La potencia no es consumida por elementos inductivos ni capacitivos.

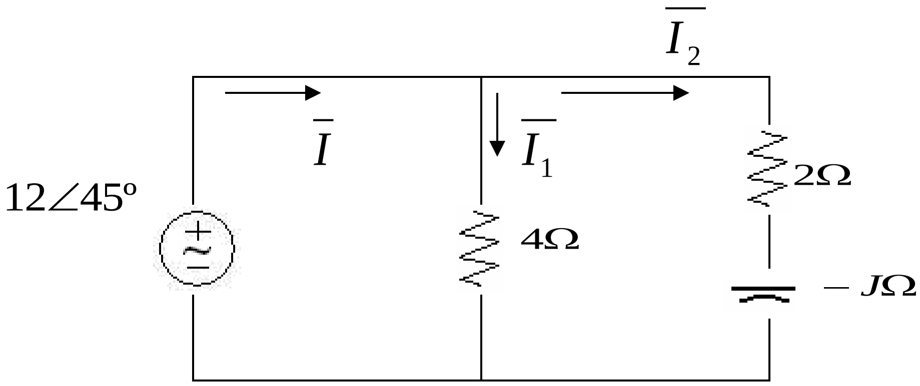
Qué sucede si solo tenemos resistencias?

$\theta = 0^{o}$

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos 0^{o}$$
$$P = \frac{1}{2} V_R I_R [W[$$

$\therefore$ La potencia es consumida solo por las resistencias.

Ejemplo



Determinar la potencia promedio total absorbida y la potencia promedio total suministrada

$$\bar{I}_1 = \frac{12\angle 45^o}{4\angle 0^o} = 3\angle 45^o$$

$$\bar{I}_2 = \frac{12\angle 45^o}{2-J} = \frac{12\angle 45^o}{2.236\angle -26.56}$$

$$\bar{I}_2 = 5.37\angle 71.57[A_{RMS}]$$

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

$$\bar{I} = 3\angle 45^o + 5.37\angle 71.57$$

$$\bar{I} = 8.16\angle 62.08[A_{RMS}]$$

Potencia Promedio Suministrada

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_V - \theta_i)$$

$$P = \frac{1}{2}(12)\sqrt{2}(8.16)\sqrt{2}\cos(45 - 62.08)$$

$$P = \underline{93.6\,[W]}$$

Potencia Promedio Absorbida

$$P_{4\Omega} = \frac{1}{2}(12)\sqrt{2}(3)\sqrt{2} \qquad P_{2\Omega} = \frac{1}{2}(2)(5.37\sqrt{2})^2$$

$$P_{4\Omega} = 36[W] \qquad P_{2\Omega} = 57.6[W]$$

$$P_{T.absorbda} = 36 + 57.6$$

$$P_{T.absorbda} = \underline{93.6[W]}$$

Potencia Activa [P]

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta) [W]$$

$$V_M = V_{RMS}\sqrt{2} \qquad I_M = I_{RMS}\sqrt{2}$$

$$P = \frac{1}{2}\left(V_{RMS}\sqrt{2}\right)\left(I_{RMS}\sqrt{2}\right)\cos\theta [W]$$

$$\underline{P = VI\cos\theta\left[Vatios\right]}$$

Solo consumen la potencia activa las resistencias es decir los elementos reales.

$$\underline{FP = Factor\_de\_Potencia = \cos\theta}$$

$$0 < FP < 1$$

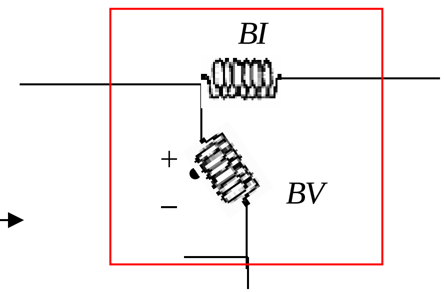
Inductivo Capacitivo Resistivo

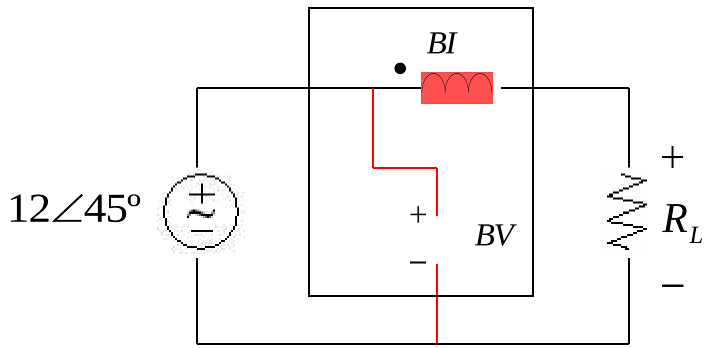
El FP nos dice que tan buena es la potencia que estamos consumiendo.

Vatimetros

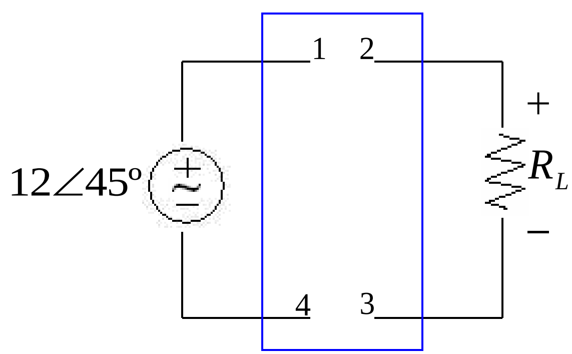
Son aquellos que MIDE **potencia activa**.

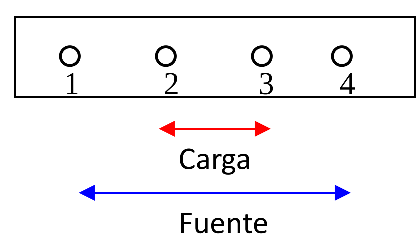
- VATÍMETROS ANALÓGICOS
  - Bobina de Voltaje
  - Bobina de Corriente





- VATÍMETROS DIGITALES





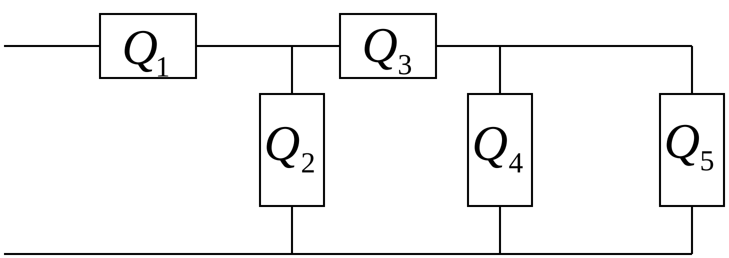
Potencia Reactiva [Q]

Unidad: **VAR**(Voltio Amperio Reactivo)

$$Q = VI sen\,\theta [VAR]$$

La potencia reactiva total es igual a la suma algebraica de las potencias reactivas de cada una de las cargas en el circuito sin importarles como estén colocadas.

Ejm:



Q_1=200VAR en atraso
Q_2=150VAR en adelanto
Q_3=80VAR en adelanto
Q_4=60VAR en adelanto
Q_5=260VAR en atraso

$$Q_{Total} = \sum Q_{Atraso} - \sum Q_{Adelanto}$$

$$Q_{Total} = 460 - 290$$

$$Q_{Total} = 170[VAR] \quad \text{en atraso}$$

Potencia Aparente [S]

Unidad: **VA**

$$S = VI^*$$

$$S = (V\angle\theta_V)(I\angle-\theta_i)$$

$$S = VI\angle\theta_V - \theta_i$$

$$S = \underbrace{VI\cos(\theta_V - \theta_i)}_{\text{Real}} + \underbrace{JVIsen(\theta_V - \theta_i)}_{\text{Imaginaria}}$$

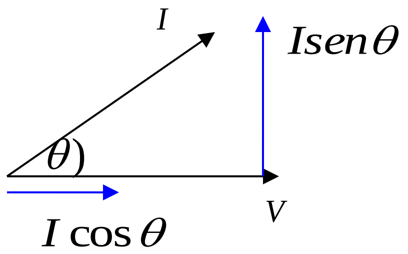
$$S = P \pm JQ[VA]$$

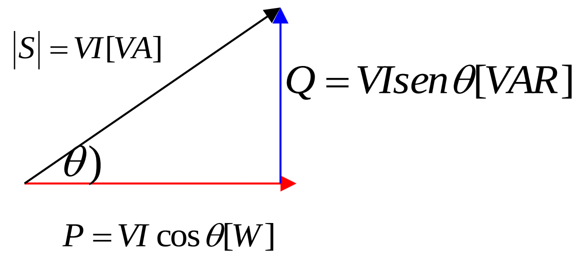
También se la llama Potencia Compleja

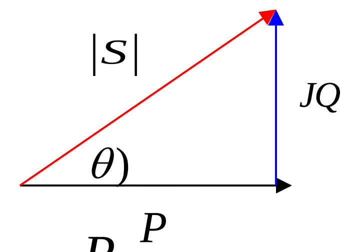
Para hallar la potencia aparente total lo hacemos de la misma manera como se halla la potencia total reactiva.

Triángulo de Potencia

- **Inductivo**







Q_{Atraso}

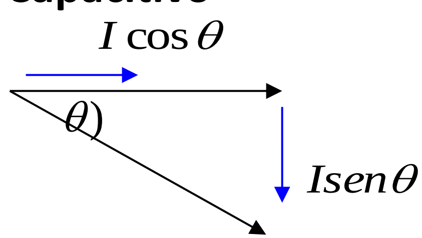
$\overline{S} = |S|\angle\theta$

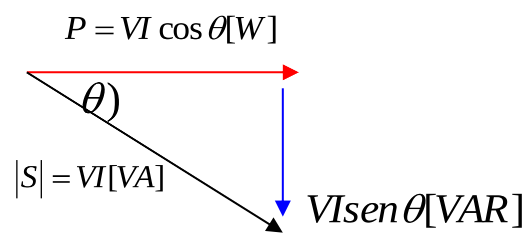
$$tg\,\theta = \frac{Q}{P}$$

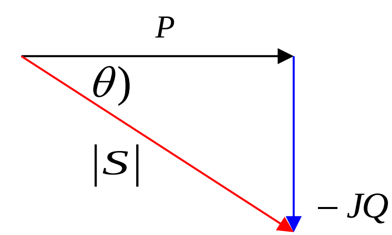
$$\cos\theta = F_p = \frac{P}{|S|}$$

F_P *en atraso y* θ *es positivo*

- **Capacitivo**







$Q_{Adelanto}$

$\overline{S} = |S|\angle-\theta$

$$tg\,\theta = \frac{Q}{P}\ ;\ \theta\ es\ negativo$$

$$\cos\theta = F_p = \frac{P}{|S|}$$

F_p *adelanto*

Resumen:

$$P = VI\cos\theta = I^2 R = \frac{|V_R|^2}{R}$$

$$Q = VIsen\theta = I^2 X = \frac{|V_X|^2}{X}$$

$$S = |V||I*| = I^2 z = \frac{V^2}{z*} = \sqrt{P^2 + Q^2} = móduloVI^*$$

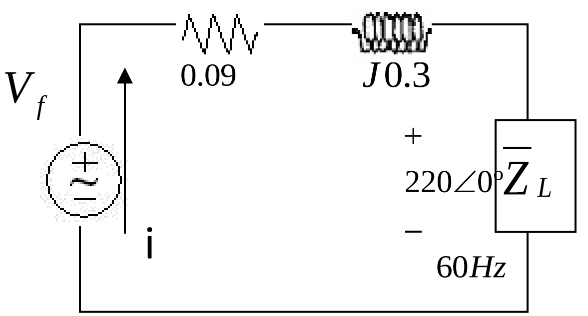
$$FP = \cos\theta = \frac{P}{|S|} = \left|\frac{R}{z}\right|$$

Si Q=0 la carga resistiva es pura, el factor de potencia es unitario y el # complejo S se encuentra en el eje real positivo.

Además la potencia compleja total entregada a cualquier número de cargas individuales es igual a la suma de las potencias complejas entregadas a cada carga individual sin hacer uso de cómo están interconectadas.

Problema:

Una carga opera a 20[KW] con un factor de potencia de 0.8 en atraso. El voltaje aplicado en la carga de 220[V_{RMS}] a 0º a una frecuencia de 60Hz. La línea que une la fuente de alimentación con la carga tiene una impedancia de línea de 0.09+J0.3 ohmios. Deseamos determinar el voltaje y el factor de potencia de la fuente de alimentación.



$P = 20kW$
$Fp = 0.8 - Atraso$

$$F_p = \frac{P}{|S|}$$

$$|S| = \frac{20kW}{0.8}$$

$$|S| = 25[kVA]$$

$$\cos\theta = Fp$$

$$\theta = \cos^{-1} 0.8$$

$$\theta = 36.87^{o}$$

$$S = 25\angle 36.87^{o}[kVA]$$

$$S = 20 + J15[kVA]$$

$$S = 20 + J15[kVA]$$

$$S = VI^*$$

$$I^* = \frac{25*10^3\angle 36.87^{o}}{220\angle 0^{o}}$$

$$I^* = 113.64\angle 36.87^{o}[A_{RMS}]$$

$$V_f = (0.09 + J0.3)(113.64\angle -36.87^{o}) + 220\angle 0^{o}$$

$$\boxed{V_f = 249.53\angle 4.86[V_{RMS}]}$$

b) $\theta = \theta_{vf} - \theta_I$

$$\theta = 4.86 - (-36.87)$$

$$\theta = 41.73^{o}$$

$$Fp = \cos 41.73^{o}$$

$$\boxed{Fp = 0.75 \quad \text{en atraso}}$$

2da forma de resolver

$$S_f = S_{Línea} + S_{Carga}$$

$$S_{Línea} = I^2 z = (113.64)^2 (0.09 + J0.3)$$

$$S_{Línea} = 4044.79\angle 73.301^{o} [VA]$$

$$S_{Carga} = 25000\angle 36.87^{o} [VA]$$

$$S_{fuente} = 25000\angle 36.87^{o} + 4044.79\angle 73.301^{o}$$

$$S_{fuente} = 28356.25\angle 41.73^{o} [VA]$$

$$S_f = |V_f||I*|$$

$$|V_f| = \frac{|S_f|}{|I*|} = \frac{28356.25}{113.64} = 249.53 [V_{RMS}]$$

$$\theta = \theta_{Vf} - \theta_I$$

$$41.73^{o} = \theta_{Vf} - \theta_I$$

$$\theta_{Vf} = 41.73^{o} + (-36.87^{o})$$

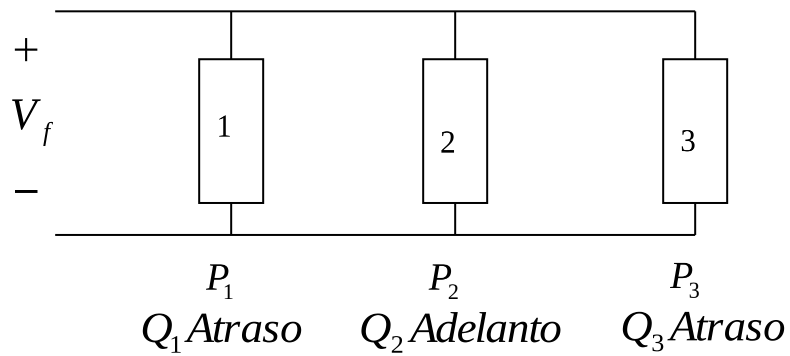
$$\theta_{Vf} = 4.86^{o}$$

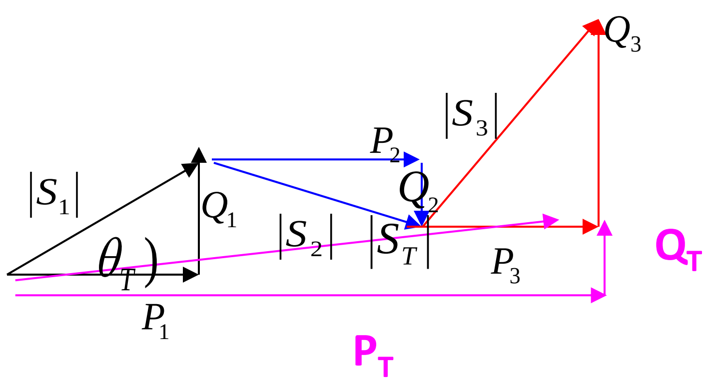
$$V_f = 249.53\angle 4.86 [V_{RMS}]$$

$$Fp = \cos 41.73^{o}$$

$$Fp = 0.75$$ en atraso

Dibujar el triángulo de Potencia Total





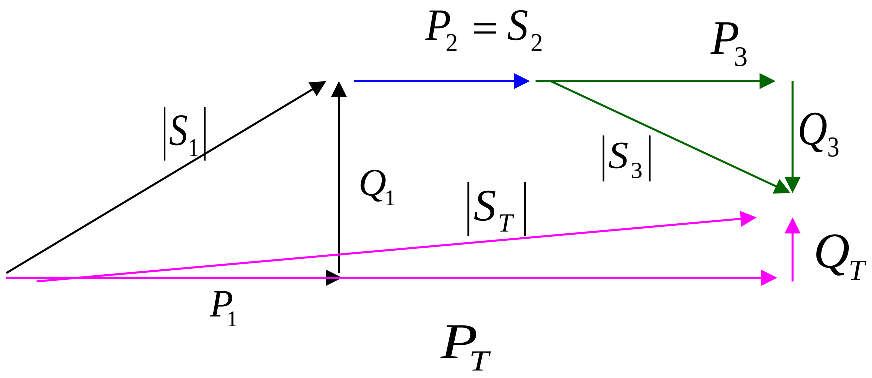
$P_T = P_1 + P_2 + P_3$

$Q_T = (Q_1 + Q_3) - Q_2$

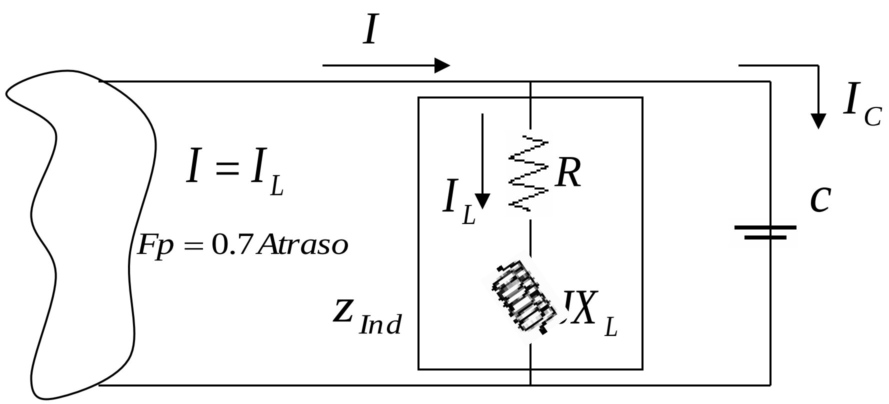
Ejercicio:

Dibujar el triángulo de Potencia Total.

- **Carga 1 es predominantemente Inductiva.**
- **Carga 2 es resistiva pura**
- **Carga 3 es predominantemente capacitiva**



Mejoramiento del Factor de potencia



I´corriente con la presencia del capacitor

$$I' = I_L + I_C$$

$$I' < I$$

$$\begin{array}{l} S_{ANT} = P_{ANT} + JQ_{ANT} \\ + \\ S_{COND} = 0 + JQ_{COND} \\ \hline \end{array}$$

$$S_{Nueva} = S_{Ant} + S_{Cond}$$

$$S_{Nueva} = P_{Ant} + J\underbrace{(Q_{Ant} + Q_{Cond}^{\;?})}_{Q_{Nueva}}$$

Como dato: mejorar el FP a 0.95 en atraso

$$\theta_{Nuevo} = \cos^{-1}(0.95)$$

$$\theta_{Nuevo} = 18.19^{\circ}$$

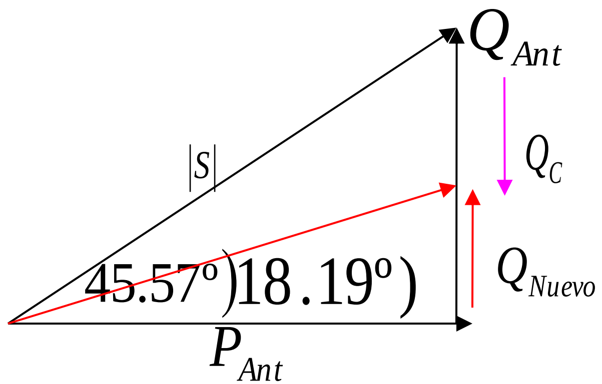
$$tg\theta_{Nuevo} = \frac{Q_{Nuevo}}{P_{Anterior}}$$

$$\underline{Q_{Nuevo} = P_{Anterior}(tg\theta_{Nuevo})}$$

$$FP_{Anterior} = 0.7$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.7)$$

$$\theta = 45.57^{\circ}$$



$$Q_{Nuevo} = Q_{Anterior} + Q_C$$

$$Q_C = Q_{Nuevo} - Q_{Anterior}$$

$$Por\_lo\_general:$$

$$Q_C = Negativo \quad |Q_{Ant}| > |Q_{Nuevo}|$$

$$\underline{Q_C = \_\#\_[VAR]\, en\ Adelanto}$$

$$Q_C = \frac{V_{X_C}{}^2}{X_C}$$

$$X_C = \frac{|V_{X_C}{}^2|}{Q_C}[\Omega]$$

$$X_C = \frac{1}{\omega c}$$

$$c = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

$$\underline{c = \_\#\_[F]}$$

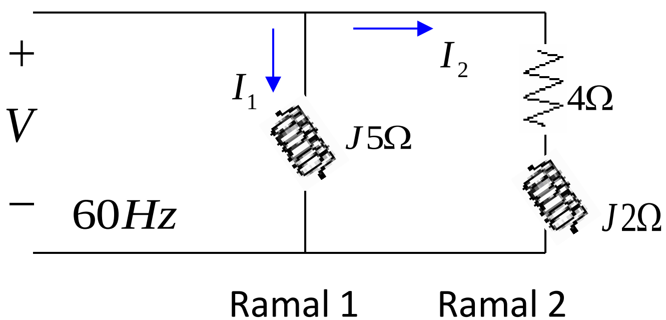
Problema:

La Potencia Reactiva consumida por el ramal 1 es d 8kVAR en atraso.

Determinar:

a) El triángulo de Potencia Total

b) La capacitancia necesaria para mejorar el factor de potencia a 0.9 en atraso.



$$|Q| = \frac{|V|^2}{5}$$

$$|V| = \sqrt{5*8000}$$

$$|V| = 200[V_{RMS}]$$

$$V = 200\angle 0^{o}[V_{RMS}]$$

$$I_1 = \frac{200\angle 0^{o}}{5\angle 90^{o}} = 40\angle -90^{o}$$

$$I_2 = \frac{200\angle 0^{o}}{4+J2} = 44.74\angle -26.57^{o}[A_{RMS}]$$

$$P_{4\Omega} = |I_2|^2(4) = (44.74)^2(4) = 8000[W]$$

$$Q_{J2\Omega} = (44.74)^2(2) = 4000[VAR]Atraso$$

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = P_2$$

$$P_T = 8000[W]$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_T = 8000 + 4000$$

$$Q_T = 12000[VAR]Atraso$$

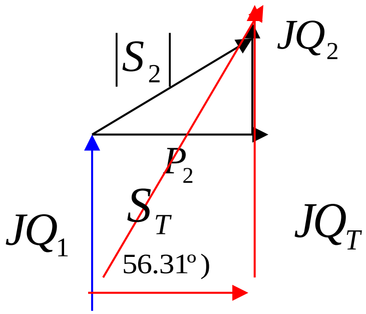
$$S_T = P_T + JQ_T$$

$$S_T = 8000 + J12000[VA]$$

$$S_T = 14422\angle 56.31[VA]$$

$$Fp = \cos 56.31$$

$$Fp = 0.55 Atraso$$



$$JQ_T = Q_1 + Q_2$$

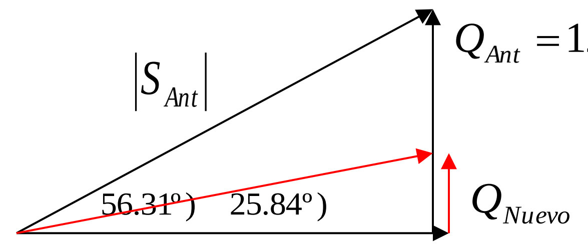
$$P_T = P_2$$

b)

$$FP_{Nuevo} = 0.9\,Atraso$$

$$\theta_{Nuevo} = \cos^{-1} 0.9$$

$$\theta_{Nuevo} = 25.84^{o}$$



$$Q_{Ant} = 12000[VAR]$$

$$P_T = 8000[W]$$

$$Q_{Nuevo} = 8000\,tg\,25.84^{o}$$

$$Q_{Nuevo} = 3874.24[VAR]\,Atraso$$

$$Q_{Nuevo} = Q_{Ant} + Q_C$$

$$Q_C = 3874.24 - 12000$$

$$Q_C = 8125.76[VAR]\,Adelanto$$

$$8125.76 = \frac{V_{Xc}{}^{2}}{Xc}$$

$$Xc = \frac{200^2}{8125.76}$$

$$Xc = 4.92\Omega$$

$$4.92 = \frac{1}{2\pi(60)c}$$

$$c = 538.86[\mu F]$$

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Tercera Evaluación Análisis de Redes Eléctricas I
I Termino 2007-2008

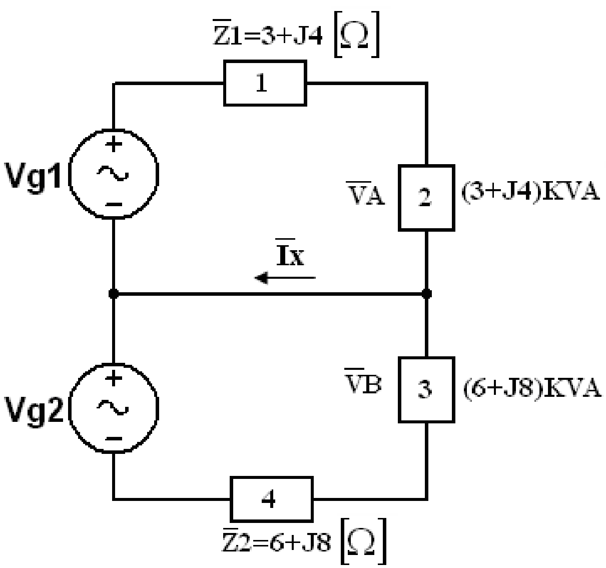
EJERCICIO 1

Para el siguiente circuito asumiendo que $\overline{VA} = \overline{VB} = 1000\angle 0^{\circ}\ Vrms$ y con una frecuencia de 60 HZ:

a) Hallar los valores fasoriales de las fuentes $\overline{Vg1}$ y $\overline{Vg2}$ con su respectivo factor de potencia, indicando si están en atraso o adelanto……………………………………..18 pts.

b) El valor fasorial de $\overline{Ix}$ ………………………………………………………………………… 5pts

c) Hallar el valor de los capacitores colocados en paralelo a cada fuente ($\overline{Vg1}$ y $\overline{Vg2}$) para mejorar el factor de potencia a la unidad, mostrando los triángulos de potencia suministrado por cada una de las fuentes antes y después de conectar los capacitores ……………………………………………………………...10pts

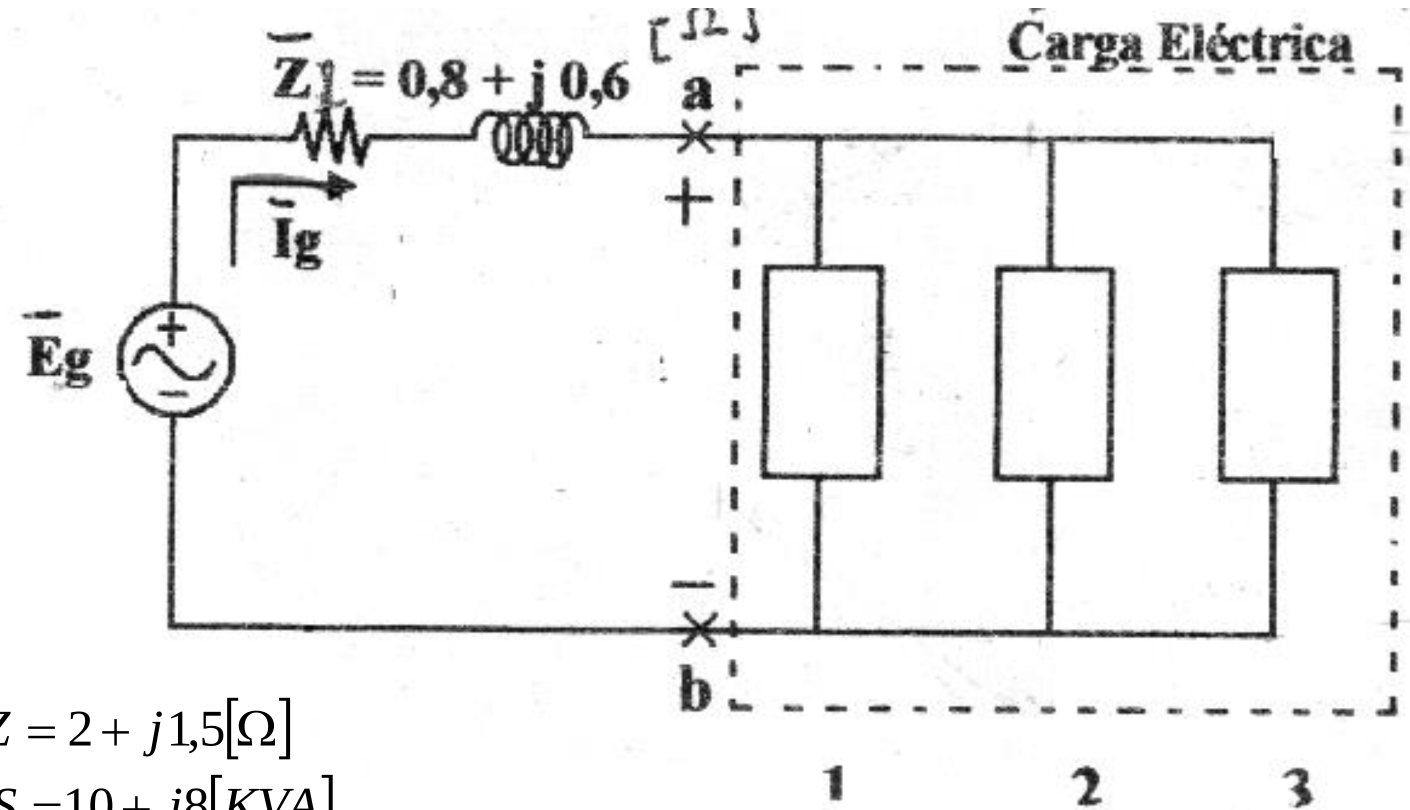


EJERCICIO 2.- (III termino 2006.-tema 3)

En el siguiente circuito

- Halle Eg e Ig.
- Calcule los KVAR de capacitores que deben conectarse en paralelo en los terminales “a-b” para mejorar el Factor de Potencia a 0,9 en atraso.
- Calcular la nueva Ig con los capacitores entre a y b

EJERCICIO 2.- (III termino 2006.-tema 3)



$C\arg a1: Z = 2 + j1{,}5[\Omega]$

$C\arg a2: S = 10 + j8[KVA]$

$C\arg a3: P = 15[KW]; Fp = 0{,}6\, en\, atraso$

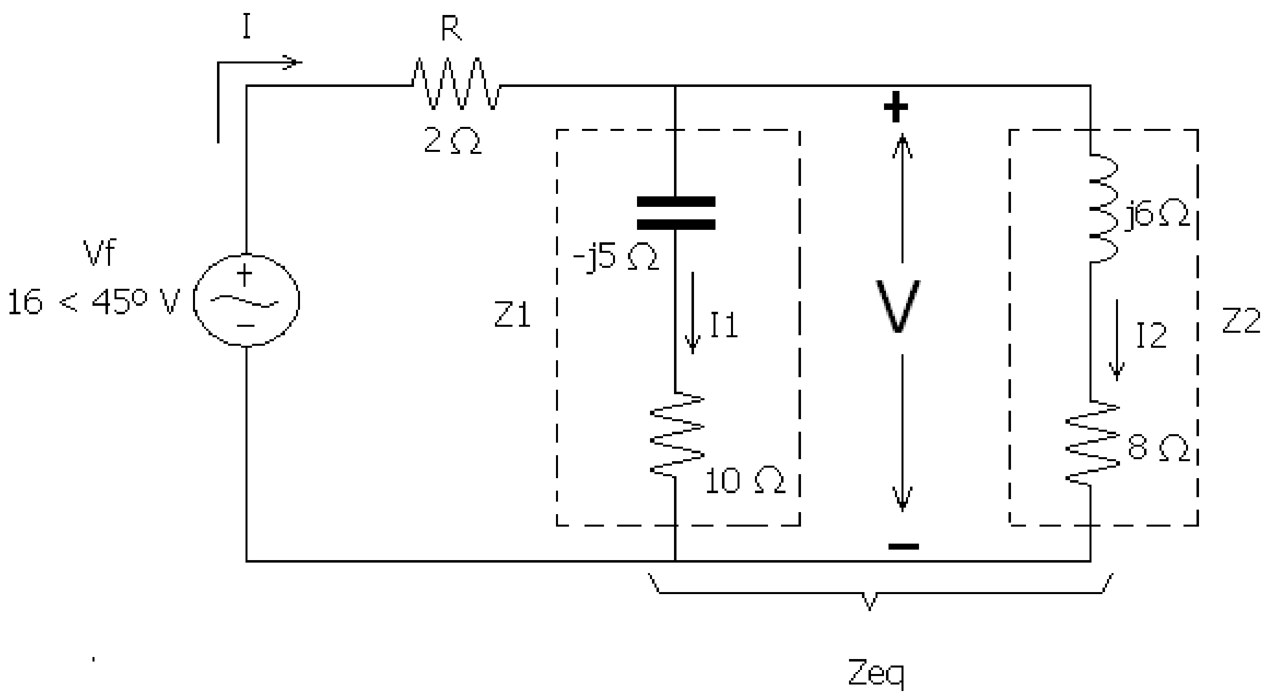
$Nota: Elvab = 240\angle 0^{\circ}[RMS]\, es\, cons\tan te$

EJERCICIO 3.- (II termino 2006.-tema 1)

Para el siguiente circuito calcular:

a) El factor de potencia y las potencias activas, reactivas y aparentes de la fuente

b) Dibujar el triangulo de potencia para cada una de las cargas en la cual deberá indicarse la potencia activa, reactiva y la aparente total.



EJERCICIO 4.- (I termino 2012.-tema 1)

En el siguiente sistema se tiene que:

Carga 1: 3 K_w F_p= 0,8 en atraso

Carga 2: Z= 15 + j 10 Ω

Carga 3: 3764 vatios

Calcular:

- El factor de potencia de la carga 3 necesario para que la fuente de 660 V_{rms} funcione con un factor de potencia de 0,9 en atraso.
- La corriente de la fuente