POTENCIA EN ALTERNA. EJEMPLOS RESUELTOS

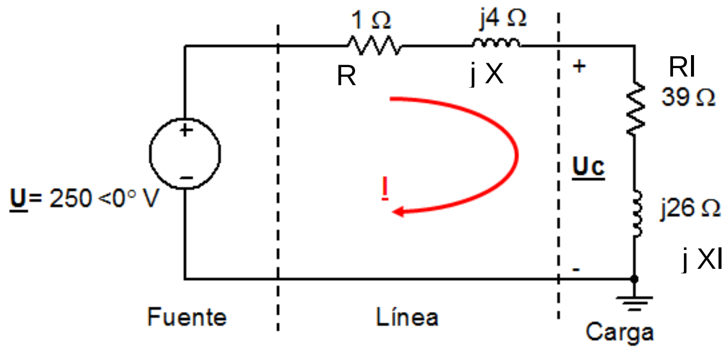
Ejemplo 1

Una carga de impedancia **ZC**= 39 Ω + j 26 Ω se conecta a través de una línea de impedancia **Zl** = 1 Ω + j 4 Ω a una fuente de tensión de 250V (eficaz). Calcular:

a) Tensión y corriente en la carga
b) Calcular potencia activa, reactiva y aparente en la carga y en la línea y potencia aparente total.
c) Verificar que la potencia aparente **S** = **U** **I*** (donde **I*** es el conjugado de la corriente **I**)

Resolución

a) Como primer paso realizamos un diagrama del circuito y luego lo resolvemos calculando la corriente y la tensión en la carga.



$$\underline{I} = \frac{250<0° \text{ V}}{(1 + j4 + 39 + j26)\ \Omega} = \frac{250<0° \text{ V}}{(40 + j30)\Omega} = 5 \text{ V}<-36.87°$$

$$\underline{Uc} = \underline{I}\ (39 + j\ 26)\Omega = (234 - j\ 13)\text{V} = 234.36 \text{ V}<-3.18°$$

b) Para calcular la potencia activa y reactiva en la carga tenemos en cuenta que:

Pc= $|\underline{I}|^2$ Rl = 5^2 A^2 39 Ω = 975 W

Qc= $|\underline{I}|^2$ Xl = 5^2 A^2 26 Ω = 650 var

La potencia aparente en la carga **Sc** se define por las componentes anteriores: **Sc**= Pc +jQc

Sc = 975 W + j 650 var = 1171.8 VA <33.7°

Del mismo modo calculamos las potencias en la línea:

Pl= $|\underline{I}|^2$ R = 5^2 A^2 1 Ω = 25 W

Ql= $|\underline{I}|^2$ Xl = 5^2 A^2 4 Ω = 100 var

Sl = 25 W + j 100 var = 103.08 VA <75.9°

En forma general la potencia aparente total **S** = ΣPi ± j ΣQi, por lo que:

S = Pc + Pl + j Qc +j Ql = 975 W +25 W +j 650 var + j 100 var = 1000 W +j 750 var

S = 1240 VA <36.87°

c) Verificamos que la potencia aparente **S** puede calcularse como: **S** = **U** **I***

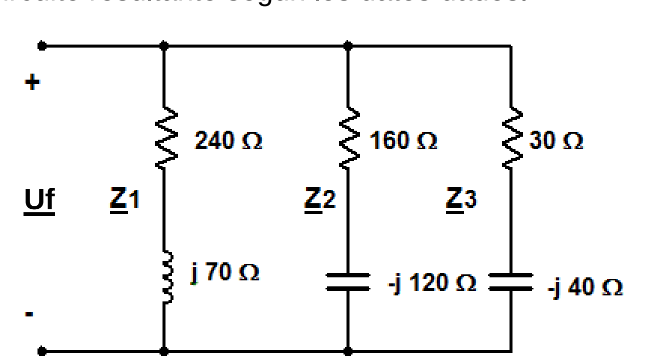
S = 250 V <0° 5 A <36.87° = 1240 VA <36.87°

Ejemplo 2

Se tiene un sistema de tres cargas conectadas en paralelo:
Carga 1: R_1 = 240 Ω en serie con X_{L1} = j 70 Ω
Carga 2: R_2 = 160 Ω en serie con X_{C2} = -j 120 Ω
Carga 1: R_3 = 30 Ω en serie con X_{C3} = -j 40 Ω

a) Dibujar el circuito.
b) Calcular el factor de potencia de cada carga y el factor de potencia visto por la fuente

Resolución
a) La figura muestra el circuito resultante según los datos dados.



Z1 = 240 Ω +j 70 Ω = 250 Ω <16.86°

Z2 = 160 Ω - j 120 Ω = 200 Ω <- 36.87°

Z3 = 30 Ω -j 40 Ω = 50 Ω <- 53.13°

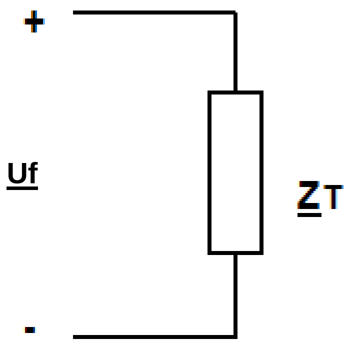
a) Para cada carga el factor de potencia está dado por FP = **P**/**S** = cosφ donde φ se corresponde con el ángulo de la impedancia solamente si las tensiones y corrientes son senoidales.

Para **Z1**: FP = cos16.86° = 0.96 (Al ser una carga inductiva suele indicarse que el FP es en atraso ya que la corriente está atrasada respecto de la tensión, tomando la tensión como referencia)

Para **Z2**: FP = cos(-36.87°) = 0.8 (Al ser una carga capacitiva suele indicarse que el FP es en adelanto ya que la corriente está adelantada respecto de la tensión, tomando la tensión como referencia)

Para **Z3**: FP = cos (- 53.13°) = 0.6 (en adelanto)

b) Para calcular el factor de potencia visto por la fuente podemos calcular la impedancia equivalente de todo el circuito.



$$\underline{Z}T = \frac{1}{\underline{Y}T}$$

$$\underline{Y}T = \underline{Y}1 + \underline{Y}2 + \underline{Y}3$$

Y1 = $4x10^{-3}$ S <-16.26°

Y2 = $5x10^{-3}$ S <36.87°

Y3 = $2x10^{-2}$ S <53.13°

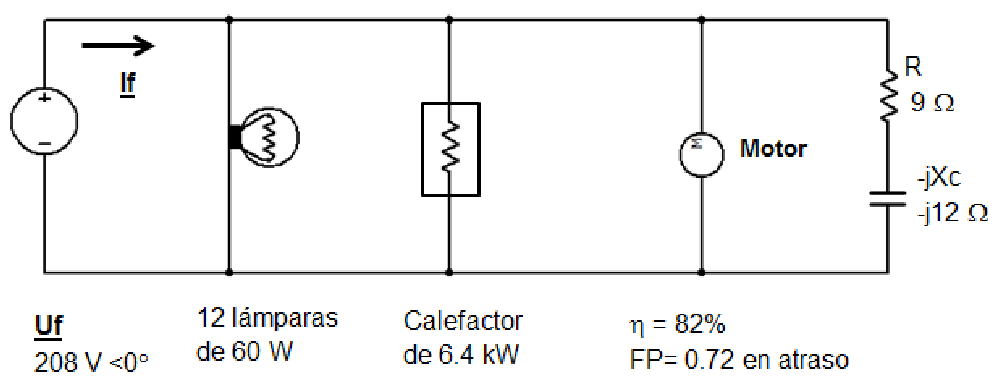
YT = 18.84 +j 17.88 mS

ZT = 37.44 Ω <- 42°

FPT = cos (- 42°) = 0.743 (en adelanto)

Ejemplo 3

Un sistema industrial está compuesto por el siguiente circuito:



Calcular el triángulo de potencia de cada carga, el factor de potencia total y la corriente **If** entregada por la fuente **Uf**.

Consideraciones previas

Para solucionar un sistema de varios elementos circuitales conectados en n ramas se pueden tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ *Se determina la potencia activa* ***P*** *y la potencia reactiva* ***Q*** *de cada rama*
- ✓ *La potencia activa total* ***PT*** *del sistema será la suma de la contribución de las potencias activas de cada rama*
- ✓ *La potencia reactiva total* ***QT*** *del sistema será la suma algebraica de la contribución de las potencias reactivas de cada rama*
- ✓ *El valor de la potencia aparente total* ***ST*** *se calcula como:* $ST = \sqrt{PT^2 + QT^2}$
- ✓ *El factor de potencia total FP=* ***PT/ST***

Resolución

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores comenzamos a resolver el problema calculando la distribución de potencias en cada carga en forma independiente y luego calculamos el total.

Carga 1: 12 lámparas de 60 W, sólo habrá potencia activa

P1 = 12 x 60 W = 720 W, **Q1** = 0 , **S1** = 720 VA

Carga 2: calefactor de 6400 W, sólo habrá potencia activa

P2 = 6400 W , **Q2** = 0 , S2 = 6400 VA

Carga 3: motor de 5 HP (carga inductiva)

1 HP = 746 W por lo que la potencia de salida del motor será **Po** = 5 x 746W= 3730 W

El rendimiento η = 0.82 = **Po/P3** (**P3** es la potencia consumida)

P3 = Po/η = 3730/0.82 = 4548.78 W

De los datos del motor se sabe que FP3 = **P3**/**S3** = 0.72 podemos calcular **S3**= **P3**/FP3

S3 = 6317.75 VA

$\mathbf{Q3} = \sqrt{\mathbf{S3}^2 - \mathbf{P3}^2} = \mathbf{S3}.\,FP3 = 4384.71$ var (en adelanto por ser carga inductiva)

Carga 4: impedancia **Z4**= 9 Ω – j 12 Ω. Sobre **Z4** la tensión es la de la fuente **Uf** = 208 V <0° por lo que el valor de la intensidad de la corriente (**Uf** e **I4** son valores eficaces) resulta:

$\mathbf{I4} = {}^{\mathbf{Uf}}/_{\mathbf{Z4}} = 13.87$ A

$\mathbf{P4} = \mathbf{I4}^2 R = (13.87\ A)^2\ 9\ \Omega = 1731.39$ W

$\mathbf{Q4} = \mathbf{I4}^2\ Xc = (13.87\ A)^2\ 12\ \Omega = 2308.52$ var

$\mathbf{S4} = \sqrt{\mathbf{P4}^2 + \mathbf{Q4}^2} = 2885.65$ VA

La potencia activa total **PT** es la suma de las potencias activas asociadas con cada rama:

PT = **P1** + **P2** + **P3** + **P4** = 720 W +6400 W + 4548.78 W + 1731.39 W = 13400.17 W

La potencia reactiva total **QT** será la suma algebraica de la contribución de cada rama. Las cargas 1 y 2 son cargas resistivas por lo que **Q1** = **Q2** = 0, la carga 3 es inductiva y la carga 4 capacitiva

QT = **Q1** + **Q2** + **Q3** + **Q4** = 0 + 0 + 4384.71 var – 2308.52 var = 2076.19 var

El sistema se comporta en forma inductiva. La potencia aparente total será:

$\mathbf{ST} = \sqrt{\mathbf{PT}^2 + \mathbf{QT}^2} = 13560.06$ VA

FPT = **PT**/**ST** = 0.988 (en adelanto ya que el sistema se comporta en conjunto como inductivo)

$\varphi_T = \cos^{-1} 0.988 \cong 8.9°$ por lo que ST = 13560.06 VA <8.9 °

ST = Uf . If* = 208 V <0° **If*** = 13560.06 VA <8.9 °, resultando: **If***= 65.19A <8.9 °

La corriente entregada por la fuente será **If** = 65.19A <- 8.9 °. Verificamos que como el sistema es inductivo la corriente atrasa respecto de la tensión.

Ejemplo 4

Se tiene un motor de 5 HP, FP = 0.6 (atraso), η= 92% conectado a una red de 220 V, 50 Hz.

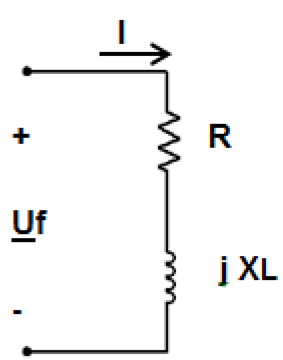
a) Determinar las componentes del triángulo de potencias del motor

b) Calcular el valor del capacitor C que debe colocarse al sistema de tal forma que el factor de potencia total sea unitario

c) Calcular el cambio en los niveles de intensidad de la corriente entre los sistemas compensado y no compensado

Resolución

a) El motor puede ser representado por un modelo eléctrico equivalente formado por un resistor y un inductor en serie.



Po = 5 x 746 W = 3760 W

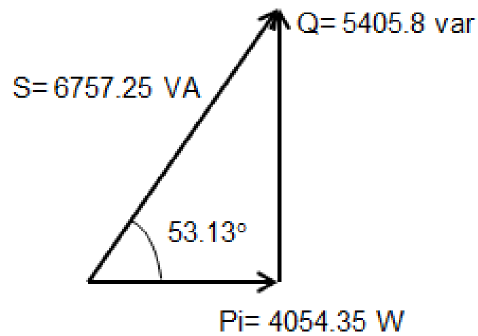
η = 0.92 = **Po/P** (**P** es la potencia consumida)

P= **Po**/η = 3730/0.92 = 4054.35 W

FP = 0.6, $\varphi = 53.13°$

S= **P**/FP = 6757.25 VA

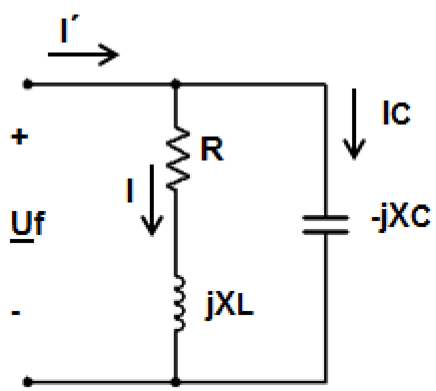
$\mathbf{Q} = \sqrt{\mathbf{S}^2 - \mathbf{P}^2} = 5405.8$ var (en adelanto por ser carga inductiva)



S = **Uf** . **I*** = **Uf** . **I** ya que solo consideramos la intensidad de la corriente por lo que trabajamos con los módulos.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{Uf}} = \frac{6757.25 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 30.71 \text{ A}$$

b) Como se observa en el triángulo de potencias dibujado para que el factor de potencia unitario el ángulo φ debe ser nulo y para ello deberá anularse la potencia reactiva Q. Entonces se deberá modificar el sistema tal que se agrega un capacitor C que contrarreste a la potencia Q. El capacitor se coloca en paralelo con la carga como se ve en el circuito de la figura. De esta forma la tensión sobre el capacitor será <u>**Uf**</u> y se modifica la distribución de corrientes.



Para calcular el valor del capacitor tenemos en cuenta que para lograr el FP=1 Qind= Qcap

$$\mathbf{Qcap} = \frac{\mathbf{Uf}^2}{\text{Xc}}$$

$$\text{XC} = \frac{220^2 \text{ V}^2}{5408.8 \text{ var}} = 8.95\ \Omega$$

$$\text{C} = \frac{1}{2\ \pi\ 50 \text{ Hz } 8.95\Omega} = 3.55\text{x}10^{-4} \text{ F}$$

$$\text{C} = 355.6\ \mu\text{F}$$

c) Al ser el factor de potencia unitario se cumplirá que **S´**= **P** = 4054.35 VA = **Uf . I´**
(Tener en cuenta que en la expresión anterior trabajamos con los módulos)

$$\text{I´} = \frac{\mathbf{S´}}{\mathbf{Uf}} = \frac{4054.35 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 18.42 \text{ A} < 30.71 \text{ A}$$

De esta forma verificamos la disminución en la intensidad de la corriente al compensar el sistema.