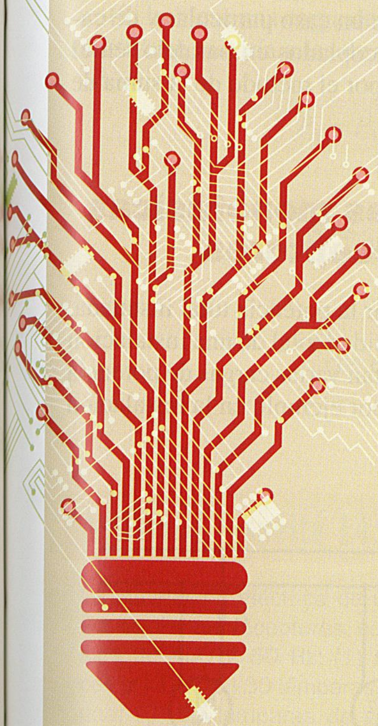

14 Resolución de circuitos paralelos y mixtos en C.A.

Contenidos

La característica fundamental en los sistemas donde conectamos los receptores en paralelo es que estos quedan sometidos a la misma tensión. Esta forma de conexión es la que se utiliza cuando se conectan varios receptores a una línea eléctrica en una instalación eléctrica.

Para el cálculo de circuitos mixtos utilizaremos el cálculo vectorial con números complejos, que, como ya veremos más adelante, consiste en tratar las impedancias, tensiones y corrientes como vectores representados por un número complejo. Por lo demás, la resolución de estos circuitos es similar a la de los ya estudiados en C.C.

Objetivos

- Resolver problemas prácticos de instalaciones eléctricas con redes monofásicas de C.A.; cálculo de protecciones, sección de conductores, etcétera.
- Calcular las magnitudes eléctricas en circuitos paralelos y mixtos de C.A.
- Interpretar los procesos que se dan en un circuito resonante.

14.1. Acoplamiento de receptores en paralelo en C.A.

La característica fundamental en los sistemas donde conectamos los receptores en paralelo es que estos quedan sometidos a la misma tensión. En la Figura 14.1 se muestra un circuito donde se ha conectado una rama R -C en paralelo con una rama R -L.

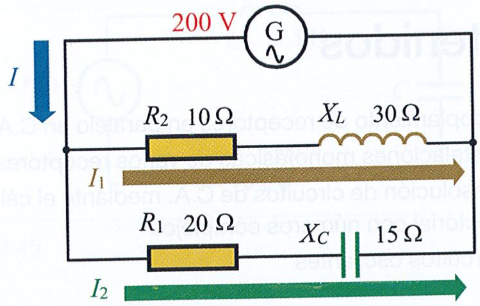

Figura 14.1. Acoplamiento de receptores en paralelo en C.A.

Para resolver este circuito, en el diagrama vectorial (Figura 14.2), se toma como referencia la tensión U en común con las dos ramas y se calculan por separado las intensidades I_1 e I_2 de cada circuito derivado. La intensidad total I que debe suministrar el generador al circuito se obtiene de la suma vectorial de ambas intensidades:

$$I_1 = U/Z_1 \qquad I_2 = U/Z_2 \qquad \vec{I} = \vec{I_1} + \vec{I_2}$$

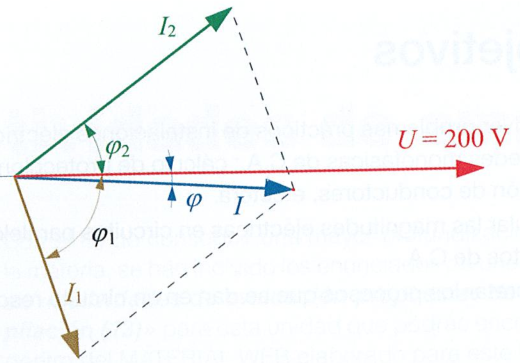

Figura 14.2. Diagrama vectorial del circuito de la Figura 14.1.

La resolución de este tipo de circuitos se complica todavía mucho más cuando se interconectan receptores en forma mixta. Por esta razón vamos a utilizar los números complejos para resolver estos ejercicios. Los números complejos, que estudiaremos en siguientes apartados, se comportan como vectores. Las operaciones básicas de suma, multiplicación y división de estos números simplifica enormemente los cálculos de este tipo de circuitos.

Seguidamente estudiaremos un caso particular y de carácter práctico de receptores acoplados en paralelo, en el que la resolución vendrá dada por el método de la suma de potencias.

14.2. Instalaciones monofásicas de varios receptores

En este caso se trata de calcular la potencia total instalada, el factor de potencia y la intensidad total de una instalación monofásica en la que se conectan varias cargas de potencia activa y FP conocidos, como por ejemplo en la instalación de la Figura 14.3.

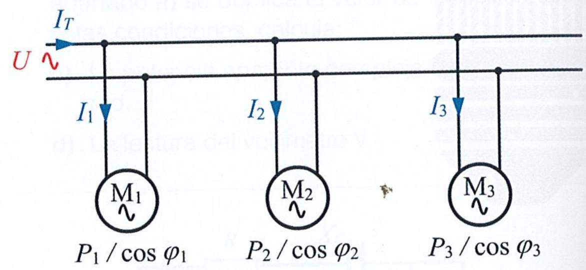

Figura 14.3. Instalaciones monofásicas de varios receptores.

El principal problema para resolver estos circuitos está en encontrar el factor de potencia total para el conjunto de los receptores. Para resolver estos circuitos basta con averiguar la potencia activa y reactiva de cada uno de los receptores. Seguidamente, se dibuja el triángulo de potencias de cada una de las cargas y se procede a la suma vectorial de las potencias, tal como se muestra en la Figura 14.4.

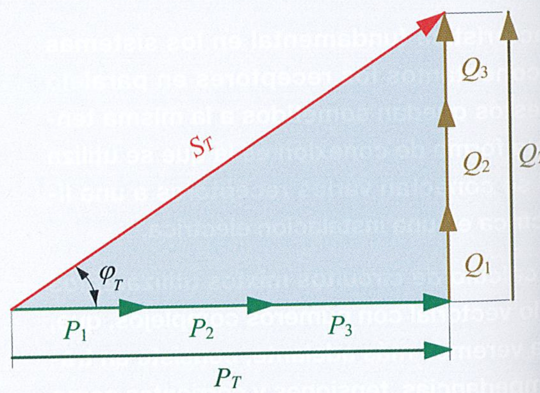

Figura 14.4. Suma vectorial de potencias.

De esta suma se obtiene el triángulo de potencias correspondiente a la potencia total, donde se cumple que:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

(Si hubiese una carga de carácter capacitivo su potencia reactiva se restaría a las de carácter inductivo.)

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T}$$

Actividad resuelta 14.1

La instalación eléctrica de una nave industrial consta de los siguientes receptores, conectados a una línea monofásica de 400 V, 50 Hz: (1) motor monofásico de 10 kW, $\cos \varphi = 0{,}7$; (2) 30 lámparas incandescentes de 60 W cada una; (3) 50 lámparas de vapor de mercurio de 200 W, $\cos \varphi = 0{,}6$ cada una (Figura 14.5).

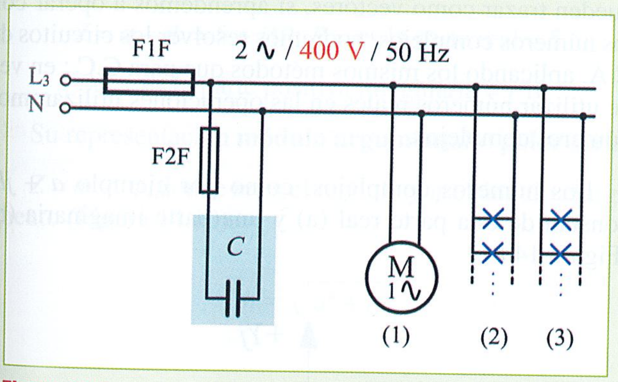

Figura 14.5.

Averigua: **a)** potencia total de la instalación y *FP*; **b)** intensidad de corriente por la línea general; **c)** sección de los conductores, teniendo en cuenta que la línea consta de dos conductores unipolares de PVC instalados bajo tubo empotrado en paredes aislantes; **d)** características de la batería de condensadores para corregir el *FP* hasta 0,95; **e)** calibre de los fusibles de la batería de condensadores; **f)** porcentaje de reducción de la intensidad de corriente por la línea principal al conectar la batería de condensadores.

Solución:

(1) Determinamos primero la potencia reactiva del motor: Según el triángulo de potencias (Figura 14.6):

$$Q_1 = P_1 \text{ tg } \varphi_1 = 10.000 \cdot \text{tg } 45{,}57° = 10.202 \text{ VAR}$$

$$\varphi_1 = \text{arc cos } 0{,}7 = 45{,}57°$$

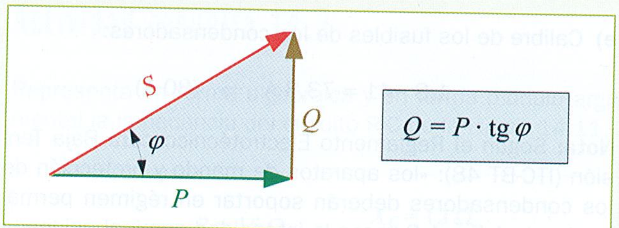

Figura 14.6.

(2) Hacemos lo mismo para las lámparas incandescentes:

$$P_2 = 30 \cdot 60 \text{ W} = 1.800 \text{ W}$$

$Q_2 = 0$ VAR (las lámparas incandescentes poseen una carga resistiva pura y no producen potencia reactiva; su factor de potencia es igual a la unidad).

(3) Las lámparas de vapor de mercurio poseen una reactancia para el arranque y sí producen potencia reactiva.

$$P_3 = 50 \cdot 200 \text{ W} = 10.000 \text{ W}$$

$$Q_3 = P_3 \text{ tg } \varphi_3 = 10.000 \cdot \text{tg } 53{,}13° = 13.333 \text{ VAR}$$

$$\varphi_3 = \text{arc cos } 0{,}6 = 53{,}13°$$

Ahora sumamos las potencias:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 10.000 + 1.800 + 10.000 = 21.800 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 10.202 + 0 + 13.333 = 23.535 \text{ VAR}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{21.800^2 + 23.535^2} = 32.080 \text{ VA}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{P_T}{S_T} = \frac{21.800}{32.080} = 0{,}68$$

$$I_T = \frac{P_T}{U \cdot \cos \varphi_T} = \frac{21.800}{400 \cdot 0{,}68} = 80 \text{ A}$$

a) Potencia instalada: 32,08 kVA; FP = 0,68.

b) Intensidad por la línea general = 80 A.

c) Sección de los conductores de la línea general: 35 mm^2 (para este cálculo solo se ha tenido en cuenta la $I_{\text{máx. adm.}}$, que según recomendaciones del REBT es de 86 A para dos conductores de PVC y de 35 mm^2 instalados bajo tubo empotrado en obra).

Calculamos ahora la batería de condensadores:

$$Q_C = P_T (\text{tg } \varphi_T - \text{tg } \varphi'_T) =$$

$$= 21.800 \cdot (\text{tg } 47{,}16° - \text{tg } 18{,}19°) = 16.346 \text{ VAR}$$

$$\varphi_T = \text{arc cos } 0{,}68 = 47{,}16°$$

$$\varphi'_T = \text{arc cos } 0{,}95 = 18{,}19°$$

$$Q_C = U_C I_C \;\Rightarrow\; I_C = \ldots = \ldots = 41 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U_C}{X_C} \;\Rightarrow\; X_C = \ldots = \ldots = 9{,}76 \;\Omega$$

$$C = \ldots = \ldots = 326 \;\mu\text{F}$$

Batería de condensadores: (16,3 kVAR, 326 µF, 400 V).

e) Calibre de los fusibles de los condensadores:

$$1{,}8 \cdot 41 = 73{,}8 \text{ A} \Rightarrow \text{(80 A)}$$

Nota: Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC-BT 48): «los aparatos de mando y protección de los condensadores deberán soportar en régimen permanente, de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal asignada del condensador, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades»; de esta forma evitaremos la fusión intempestiva de los fusibles en la conexión (al conectarse los condensadores a la red, aparece una corriente de carga muy brusca que puede fundir los fusibles).

Consulta en el REBT la Instrucción Técnica ITC-BT 48 sobre Instalaciones Interiores o Receptoras.

f) Intensidad con la batería de condensadores conectada:

$$P_T = UI'_T \cos \varphi'_T \Rightarrow I'_T = \ldots = \ldots = 57 \text{ A}$$

Porcentaje de reducción de la corriente:

$$\frac{80 - 57}{80} \cdot 100 = 28{,}8 \text{ \%}$$

Actividad propuesta 14.1

La instalación eléctrica de una cafetería consta de los siguientes receptores, conectados a una línea monofásica de 230 V, 50 Hz: (1) lavavajillas de 5 kW, cos $\varphi = 0{,}8$; (2) 20 lámparas incandescentes de 25 W cada una; (3) 100 lámparas fluorescentes de 40 W, cos = 0,6 cada una, y (4) horno monofásico con una resistencia de caldeo de 25 ohmios.

Averigua: **a)** potencia total de la instalación y *FP*; **b)** intensidad de corriente por la línea general; **c)** sección de los conductores, teniendo en cuenta que la línea consta de cable multiconductor de 2xXLPE de 30 metros de longitud instalado bajo tubo en montaje superficial y se admite una caída máxima de tensión del 1,5 % (realiza el cálculo para la intensidad antes de corregir el *FP*); **d)** características de la batería de condensadores para corregir el *FP* hasta 0,95; **e)** calibre de los fusibles de la batería de condensadores; **f)** porcentaje de reducción de la intensidad de corriente por la línea principal al conectar la batería de condensadores.

La solución a esta Actividad propuesta la puedes encontrar dentro del MATERIAL WEB elaborado para este texto.

14.3. Resolución de circuitos de C.A. mediante el cálculo vectorial con números complejos

Mediante la utilización de los números complejos podremos resolver, sin dificultad, circuitos en los que aparecen combinaciones de circuitos en serie y paralelo, como por ejemplo el circuito de la Figura 14.7.

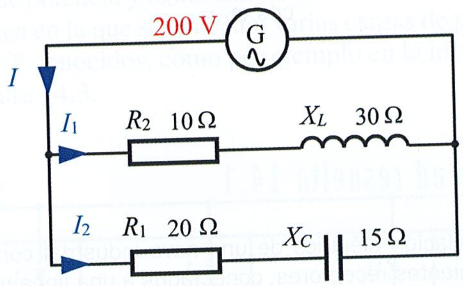

Figura 14.7.

Un número complejo puede representar un vector en un sistema cartesiano. Como todas las magnitudes en C.A. se pueden trazar como vectores, si aprendemos a operar con los números complejos, podremos resolver los circuitos de C.A. aplicando los mismos métodos que para C.C.; en vez de utilizar números reales en las operaciones utilizaremos números complejos.

Los números complejos, como por ejemplo $a + jb$, constan de una parte real (a) y una parte imaginaria (b) (Figura 14.8).

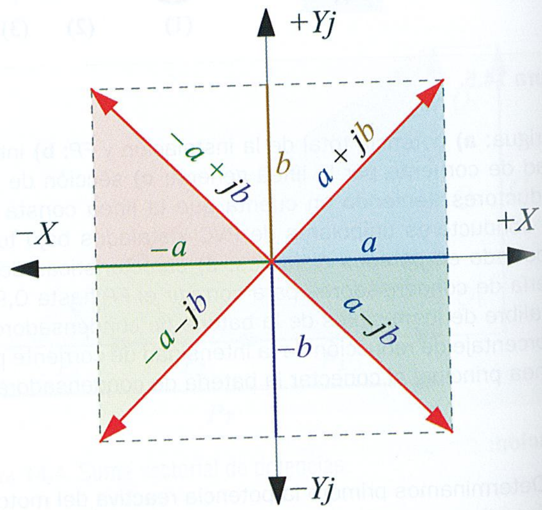

Figura 14.8. Representación vectorial de un número complejo.

Los números reales positivos se representan sobre la derecha del eje (x), y los negativos a la izquierda de este mismo eje.

Los números imaginarios positivos se representan sobre la parte superior del eje (y), y los negativos en su parte inferior.

Los números imaginarios representan a la raíz cuadrada de los números negativos: $j = \sqrt{-1}$

De esta forma tenemos que: $j \cdot j = -1$.

14.3.1. Representación de un número complejo

Sea, por ejemplo, el circuito serie R-L de la Figura 14.9, del cual se quiere determinar su impedancia en forma compleja.

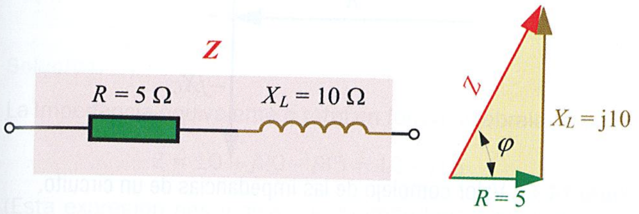

Figura 14.9.

Su representación en forma **algebraica** sería:

$$Z = a + jb = 5 + j10;\ R = \text{es la parte real} = 5$$

$$X_L = \text{es la parte positiva imaginaria} = j\,10$$

Su representación **módulo argumental** o **polar** sería:

$Z = m \angle \varphi$, donde m es el módulo y φ el ángulo o argumento (Figura 14.10).

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\varphi = \text{arc tg}\,\frac{b}{a}$$

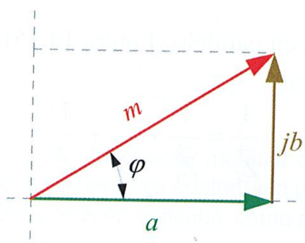

Figura 14.10. Representación de un número complejo.

En nuestro ejemplo, la impedancia Z sería:

$$m = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11{,}18\ \Omega$$

$$\varphi = \text{arc tg}\ 10 = 63{,}4^\circ$$

$$Z = 11{,}18 \angle 63{,}4^\circ$$

Actividad resuelta 14.2

Representa en forma algebraica y en forma módulo argumental la impedancia del circuito R-C de la Figura 14.11.

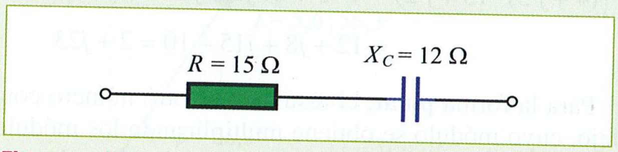

Figura 14.11.

Solución:

Primero dibujamos el triángulo de impedancias (Figura 14.12).

$$Z = 15 - j12$$

$$R = \text{parte real} = 15$$

$$X_C = \text{parte imaginaria negativa} = -j12$$

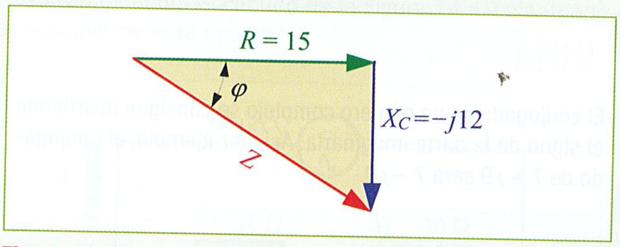

Figura 14.12.

La representación en forma polar quedaría así:

$$m = \sqrt{15^2 + 12^2} = 19{,}2\ \Omega;\ \ \varphi = \text{arc tg}\,\frac{-12}{15} = -38{,}7^\circ$$

$$Z = 19{,}2 \angle -38{,}7^\circ$$

Para transformar un número complejo de forma polar a forma algebraica operaremos de la siguiente forma:

$$Z = m \angle \varphi = m(\cos \varphi + j\,\text{sen}\,\varphi) = a + jb$$

14.3.2. Operaciones con números complejos

Antes de pasar a la resolución de circuitos eléctricos, nos será muy útil repasar las operaciones básicas con números complejos.

Suma: de la suma de dos números complejos se obtiene otro número complejo, que tiene por parte real la suma de las partes reales y por parte imaginaria la suma de las partes imaginarias. Por ejemplo:

$$(5 + j\,10) + (15 - j12) = (5 + 15) + j(10 - 12) = 20 - j2$$

La forma algebraica es la única forma práctica de sumar y restar.

Producto: para la forma **algebraica,** el resultado es otro número complejo que se obtiene utilizando las reglas habituales del álgebra junto con las reglas correspondientes de los números imaginarios. Por ejemplo:

$$(4 + j\,5) \cdot (3 + j\,2) = 4 \cdot 3 + 4 \cdot j2 + j5 \cdot 3 + j5 \cdot j2 =$$
$$= 12 + j8 + j15 - 10 = 2 + j23$$

Para la forma **polar,** el resultado es otro número complejo, cuyo módulo se obtiene multiplicando los módulos y el ángulo mediante la suma de los ángulos. Por ejemplo:

$$4 \angle 30^\circ \cdot 5 \angle 25^\circ = 4 \cdot 5 \angle (30 + 25)^\circ = 20 \angle 55^\circ$$

Cociente: para la forma **algebraica,** el resultado se obtiene multiplicando el numerador y el denominador por el conjugado del denominador; de esta forma se consigue transformar este último en un número real, para posteriormente llevar a cabo el cociente de la manera algebraica habitual.

NOTA

El conjugado de un número complejo se consigue invirtiendo el signo de la parte imaginaria. Así, por ejemplo, el conjugado de $7 + j\,9$ será $7 - j\,9$.

Al multiplicar un número complejo por su conjugado, se obtiene un número real, y su valor es la suma de los cuadrados de la parte real e imaginaria. Por ejemplo:

$$(7 + j9) \cdot (7 - j9) = 7^2 - j63 + j63 + 9^2 = 7^2 + 9^2 = 130$$

Veamos un ejemplo de cociente:

$$\frac{4 + j5}{2 + j3} = \frac{(2 - j3) \cdot (4 + j5)}{(2 - j3) \cdot (2 + j3)} = \frac{23 - j2}{2^2 + 3^2} = \frac{23 - j2}{13} =$$
$$= 1{,}77 - j0{,}15$$

Para la forma **polar,** el resultado es otro número complejo, cuyo módulo se obtiene del cociente de los módulos y el ángulo mediante la resta de los ángulos. Por ejemplo:

$$\frac{20 \angle 80^\circ}{5 \angle 60^\circ} = \frac{20}{5} \angle (80 - 60)^\circ = 4 \angle 20^\circ$$

NOTA

En la actualidad, algunas calculadoras científicas nos brindan la posibilidad de operar con números complejos de forma rápida y sencilla. Estudia las instrucciones de tu calculadora e intenta realizar operaciones con números complejos.

14.3.3. Aplicación de los números complejos a la resolución de circuitos

Como ya hemos visto en los ejemplos utilizados, la impedancia Z de un circuito se escribe como un número imaginario, que tiene por parte real el valor óhmico de la resistencia R, y por parte imaginaria el valor de la reactancia X, siendo esta positiva para las inductivas puras y negativa para las capacitivas (Figura 14.13).

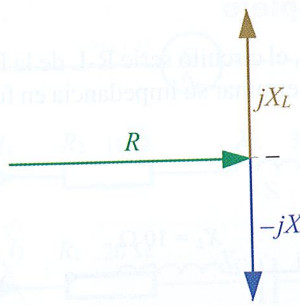

Figura 14.13. Valor complejo de las impedancias de un circuito.

Como la impedancia es una cantidad compleja, se puede expresar en forma algebraica y en forma polar:

$$Z = R + jX = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \text{arc tg } X/R$$

Los acoplamientos en serie y paralelo en C.A. se resuelven utilizando los mismos procedimientos que para C.C., teniendo en cuenta que en todas las operaciones utilizaremos números complejos.

Impedancias en serie (Figura 14.14):

$$\vec{Z}_T = \vec{Z}_1 + \vec{Z}_2 + \vec{Z}_3$$

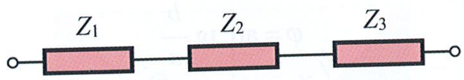

Figura 14.14.

Impedancias en paralelo (Figura 14.15):

$$\frac{1}{\vec{Z}_T} = \frac{1}{\vec{Z}_1} + \frac{1}{\vec{Z}_2} + \frac{1}{\vec{Z}_3}$$

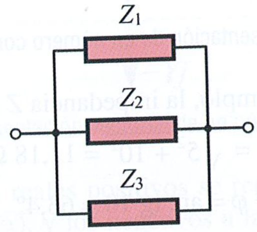

Figura 14.15.

Actividad resuelta 14.3

Del circuito serie R-L-C de la Figura 14.16, averigua la impedancia, la intensidad, el ángulo de desfase y las potencias.

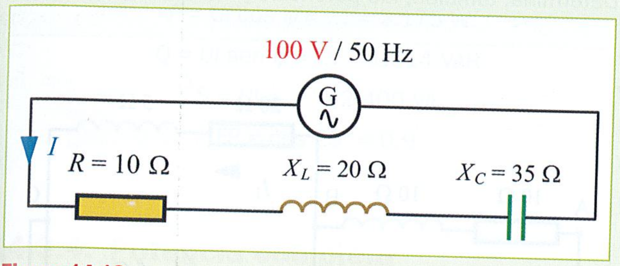

Figura 14.16.

Solución:

La impedancia equivalente o total en forma algebraica será:

$$Z = 10 + j20 - j35 = 10 - j15$$

(Esta expresión nos indica que la impedancia equivalente consta de una resistencia de 10 Ω en serie con un condensador de 15 Ω de reactancia capacitiva.)

Pasamos la impedancia a forma polar:

$$Z = \sqrt{10^2 + 15^2} \angle \text{arc tg } (-15/10) = 18 \angle -56{,}3°$$

(Esta expresión indica que el valor modular de la impedancia es de 18 Ω y que el ángulo φ es de –56,3°; Figura 14.17.)

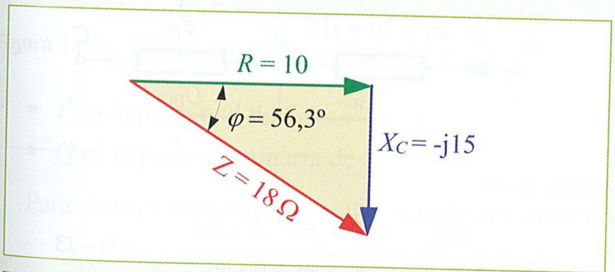

Figura 14.17.

La corriente la determinamos mediante la ley de Ohm:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{100 \angle 0°}{18 \angle -56{,}3°} = 5{,}6 \angle 56{,}3°$$

(Esta expresión indica que el valor modular de la corriente es de 5,6 A y que la corriente va adelantada un ángulo φ de 56,3° respecto de la tensión aplicada, como corresponde a un circuito capacitivo.)

Calculamos ahora la potencia del sistema aplicando las expresiones habituales:

$$P = UI \cos \varphi = 100 \cdot 5{,}6 \cdot \cos 56{,}3 = 311 \text{ W}$$

$$Q = UI \text{ sen } \varphi = 100 \cdot 5{,}6 \cdot \text{sen } 56{,}3 = 466 \text{ VAR}$$

$$S = UI = 100 \cdot 5{,}6 = 560 \text{ VA}$$

Para dibujar el diagrama vectorial bastará con representar en el sistema cartesiano los vectores U e I en su forma polar (Figura 14.18).

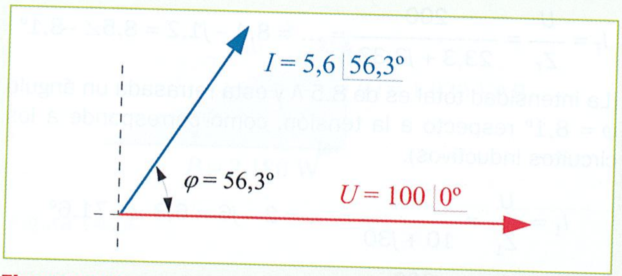

Figura 14.18.

Actividad resuelta 14.4

Resolvamos ahora el circuito de la Figura 14.19 planteado al principio de este apartado:

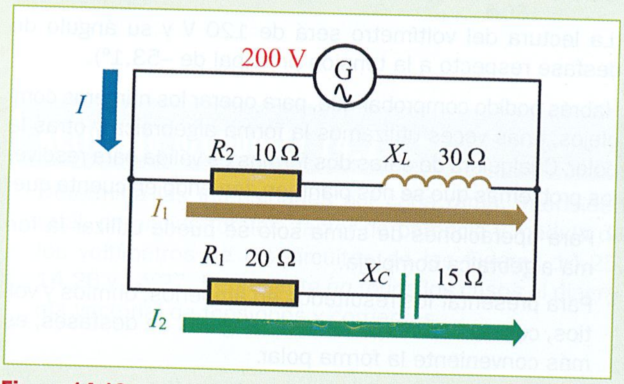

Figura 14.19.

Averigua I_T, I_1, I_2, P_T, Q_T, S_T, cos φ_T y la lectura de un voltímetro conectado en paralelo con la reactancia X_C.

Solución:

Calculamos primero la impedancia equivalente del circuito. A la impedancia resultante de cada una de las ramas la llamaremos:

$$Z_1 = R_1 + jX_L = 10 + j30$$

$$Z_2 = R_2 - jX_C = 20 - j15$$

Estas impedancias están, a su vez, conectadas en paralelo. Como son solo dos cargas podremos aplicar la expresión:

$$Z_T = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(10 + j30) \cdot (20 - j15)}{10 + j30 + 20 - j15} =$$

$$= \frac{650 + j450}{30 + j15} = \frac{(30 - j15) \cdot (650 + j450)}{30^2 + 15^2} =$$

$$= 23{,}3 + j3{,}33$$

¿De qué carácter es la impedancia, inductiva o capacitiva?

Aplicando la ley de Ohm calculamos ahora las intensidades del circuito:

$$I_T = \frac{U}{Z_T} = \frac{200}{23{,}3 + j3{,}33} = \ldots = 8{,}4 - j1{,}2 = 8{,}5\angle -8{,}1^\circ$$

(La intensidad total es de 8,5 A y está retrasada un ángulo $\varphi = 8{,}1^\circ$ respecto a la tensión, como corresponde a los circuitos inductivos).

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{200}{10 + j30} = \ldots = 2 - j6 = 6{,}3\angle -71{,}6^\circ$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{200}{20 - j15} = \ldots = 6{,}4 + j4{,}8 = 8\angle 36{,}9^\circ$$

Comprueba si se cumple la primera ley de Kirchhoff:

$$\vec{I_T} = \vec{I_1} + \vec{I_2} = \ldots$$

La lectura del voltímetro se calcula aplicando la ley de Ohm entre los extremos de la carga donde está conectado:

$$U = X_C I_2 = 15\angle -90^\circ \cdot 8\angle 36{,}9^\circ = 120\angle -53{,}1^\circ$$

(La lectura del voltímetro será de 120 V y su ángulo de desfase respecto a la tensión principal de –53,1°).

Habrás podido comprobar que, para operar los números complejos, unas veces utilizamos la forma algebraica y otras la polar. Cualquiera de estas dos formas es válida para resolver los problemas que se nos planteen, teniendo en cuenta que:

- Para operaciones de suma solo se puede utilizar la forma algebraica compleja.
- Para presentar los resultados en amperios, ohmios y voltios, con sus correspondientes ángulos de desfases, es más conveniente la forma polar.

Calculemos ahora las potencias del circuito:

$$P = UI\cos\varphi = 200 \cdot 8{,}5 \cdot \cos 8{,}1^\circ = 1.683\ \text{W}$$
$$Q = UI\,\text{sen}\,\varphi = 200 \cdot 8{,}5 \cdot \text{sen}\,8{,}1^\circ = 240\ \text{VAR}$$
$$S = UI = 200 \cdot 8{,}5 = 1.700\ \text{VA}$$
$$FP = \cos\varphi = 0{,}99$$

Por último, situamos cada una de las magnitudes en el diagrama vectorial, fijándonos para ello en la forma polar de aquellas (Figura 14.20).

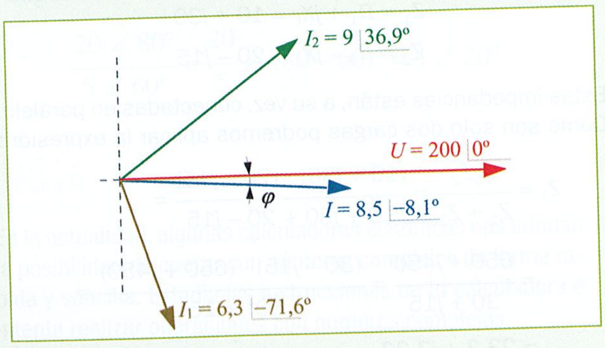

Figura 14.20.

Actividad resuelta 14.5

Averigua la impedancia equivalente y las corrientes I_T, I_1 e I_2 que aparecerán en el circuito mixto de la Figura 14.21. Determina, también, las potencias y el *FP* del conjunto.

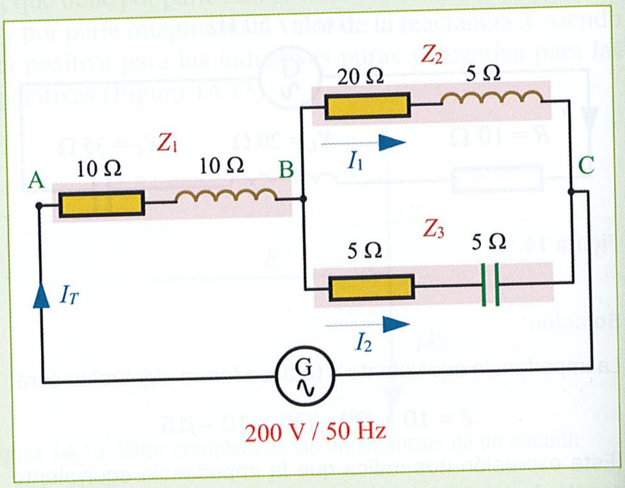

Figura 14.21.

Solución:

Primero determinamos la impedancia equivalente de las ramas que están en paralelo entre los extremos (B-C) (Figura 14.22).

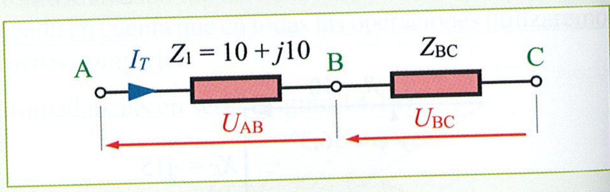

Figura 14.22.

$$Z_{BC} = \frac{Z_2 Z_3}{Z_2 + Z_3} = \frac{(20 + j5)\cdot(5 - j5)}{20 + j5 + 5 - j5} = \ldots = 5 - j3$$

$$Z_T = Z_1 + Z_{BC} = 10 + j10 + 5 - j3 = 15 + j7$$

$$I_T = \frac{U}{Z_T} = \frac{200}{15 + j7} = \ldots = 10{,}9 - j5{,}1 = 12\angle -25^\circ$$

Para poder calcular las intensidades I_1 e I_2, necesitaremos conocer primero la tensión U_{BC}, que está aplicada a cada una de las cargas Z_2 y Z_3.

$$U_{BC} = Z_{BC} I_T = (5 - j3)\cdot(10{,}9 - j5{,}1) = 39{,}2 - j58{,}2$$

$$I_1 = \frac{U_{BC}}{Z_2} = \frac{39{,}2 - j58{,}2}{20 + j5} = \ldots = 1{,}2 - j3{,}2 = 3{,}4\angle -69{,}2^\circ$$

$$I_2 = \frac{U_{BC}}{Z_3} = \frac{39{,}2 - j58{,}2}{5 - j5} = \ldots = 9{,}7 - j1{,}9 = 9{,}9\angle -11{,}1^\circ$$

Dibuja tú mismo el diagrama vectorial con todas las magnitudes que se han calculado. Para calcular las potencias tendremos en cuenta el ángulo φ de desfase entre U e I_T, que en nuestro caso es de –25°. Esto nos indica que la carga del circuito es inductiva.

$$P = UI \cos \varphi = \ldots = 2.175 \text{ W}$$

$$Q = UI \text{ sen } \varphi = \ldots = 1.014 \text{ VAR}$$

$$S = UI = \ldots = 2.400 \text{ VA}$$

$$\text{FP} = \cos 25° = 0{,}9$$

14.3.4. Potencia compleja

La potencia de un circuito también se puede calcular y expresar en forma compleja. En la Figura 14.23 se ha representado el triángulo de potencias en forma compleja.

El triángulo de potencias nos indica que la potencia aparente compleja se expresa de la siguiente forma:

$$S = P + jQ$$

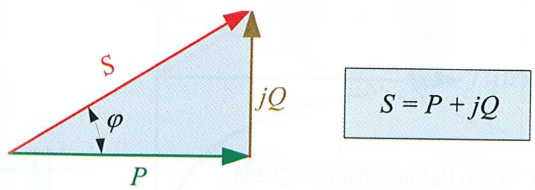

Figura 14.23. Triángulo de potencias en forma compleja.

- P es la parte real de S.
- Q es la parte imaginaria de S.

Para obtener la potencia se aplica la siguiente expresión:

$$\vec{S} = \vec{U} + \vec{I}\,*$$

donde I^* es el conjugado de I.

Actividad resuelta 14.6

Averigua la potencia compleja de la Actividad resuelta 14.5.

Solución:

$$S_T = UI_T^* = 200 \cdot (10{,}9 + j5{,}1) = 2.180 + j1.020$$

Expresión de la potencia que nos indica que (Figura 14.24):

$$P_T = 2.180 \text{ W} \qquad Q_T = 1.020 \text{ VAR}$$

$$S_T = \sqrt{2.180^2 + 1.020^2} = 2.406 \text{ VA}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{2.180}{2.406} = 0{,}9$$

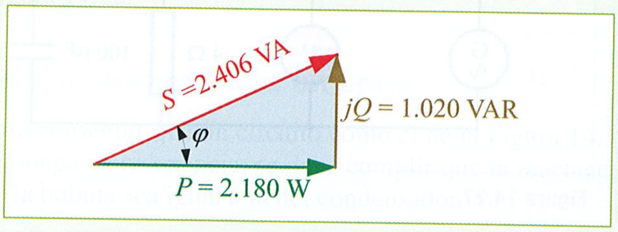

Figura 14.24.

¿Cuál será la potencia compleja en la carga Z_2 de este mismo circuito?

Dado que esta carga es recorrida por la corriente I_1 y está sometida a la tensión U_{BC}, su potencia compleja es:

$$S_2 = U_{BC}I_1^* = (39{,}2 - j58{,}2)(1{,}2 + j3{,}2) = 233{,}3 + j55{,}6$$

$$P_2 = 233{,}3 \text{ W} \qquad Q_2 = 55{,}6 \text{ VAR}$$

$$S_2 = \sqrt{233{,}3^2 + 55{,}6^2} = 603 \text{ VA}, \cos \varphi_2 = \frac{233{,}3}{603} = 0{,}39$$

Actividad propuesta 14.2

Determina las intensidades por cada rama, intensidad total, potencias totales, factor de potencia y medida de los voltímetros de los circuitos de las Figuras 14.25, 14.26 y 14.27. Representa en todos los casos el diagrama vectorial de tensiones y corrientes.

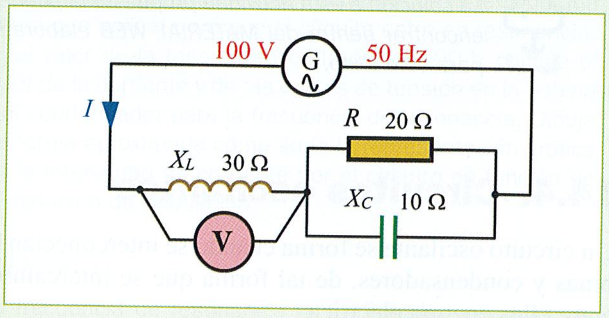

Figura 14.25.

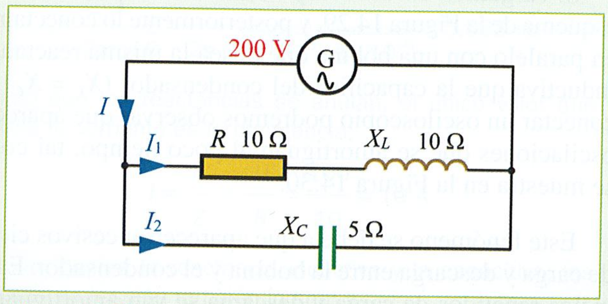

Figura 14.26.

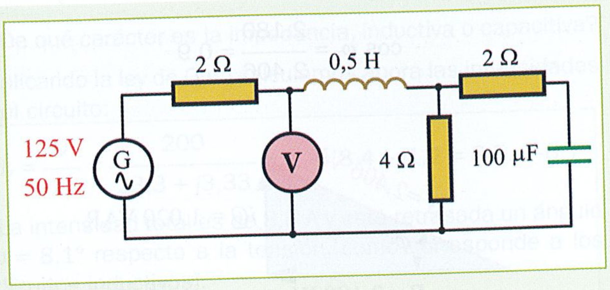

Figura 14.27.

Actividad propuesta 14.3

En el circuito de la Figura 14.28 el voltímetro conectado a la bobina indica un valor eficaz de 300 V.

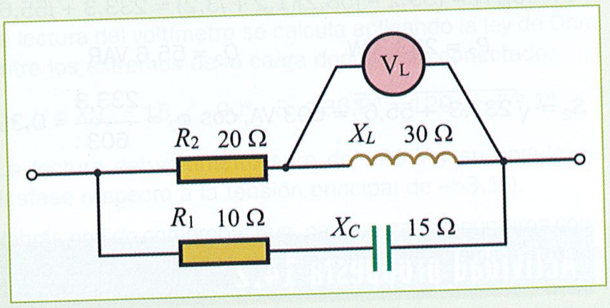

Figura 14.28.

Calcula el valor de la intensidad y tensión aplicada al conjunto del circuito, así como la tensión a la que queda sometido el condensador.

La solución a esta Actividad propuesta la puedes encontrar dentro del MATERIAL WEB elaborado para este texto.

14.4. Circuitos oscilantes

Un circuito oscilante se forma cuando se interconectan bobinas y condensadores, de tal forma que se intercambien entre ellos energía eléctrica.

Si cargamos un condensador, tal como se indica en el esquema de la Figura 14.29, y posteriormente lo conectamos en paralelo con una bobina que posea la misma reactancia inductiva que la capacitiva del condensador ($X_L = X_C$), al conectar un osciloscopio podremos observar que aparecen oscilaciones que se amortiguan al poco tiempo, tal como se muestra en la Figura 14.30.

Este fenómeno se debe a que aparecen sucesivos ciclos de carga y descarga entre la bobina y el condensador. Estos ciclos repetidos de carga y descarga se van amortiguando por la presencia de la resistencia óhmica del circuito (conductores, bobina, etc.), que hace que la energía se vaya transformando en calor en cada uno de los ciclos.

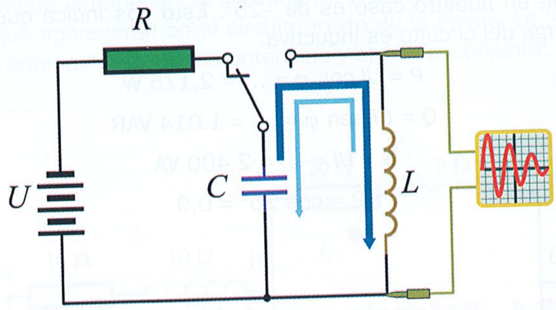

Figura 14.29. Comprobación experimental de un circuito oscilante.

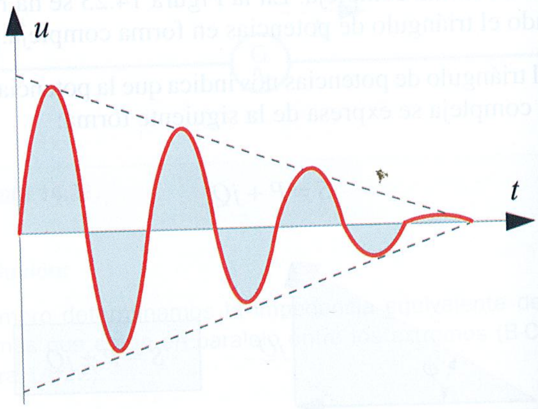

Figura 14.30. Oscilación amortiguada.

14.4.1. Resonancia

El intercambio constante de energía entre una bobina y un condensador en un circuito oscilante se produce a una determinada frecuencia, conocida por el nombre de frecuencia de resonancia.

Se alcanza la resonancia cuando el valor de la reactancia inductiva es igual al de la reactancia capacitiva:

$$X_L = X_C$$

O lo que es lo mismo:

$$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

de donde:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

f_r = Frecuencia de resonancia (Hz).

L = Inductancia (H).

C = Capacidad (F).

Para evitar que las oscilaciones no desaparezcan es necesario alimentar al circuito con una tensión alterna que posea la misma frecuencia que el circuito resonante.

Existen dos posibilidades de conseguir un circuito resonante: en serie o paralelo.

14.4.2. Variación de la impedancia con la frecuencia. Representación gráfica

En la Figura 14.31 se ha representado la variación de la reactancia inductiva de una bobina en función de la frecuencia. Observa cómo la reactancia tiende a aumentar con la frecuencia. En la misma figura se ha representado también la variación de la reactancia capacitiva de un condensador con la frecuencia, dando como resultado una disminución de la reactancia al aumentar la frecuencia.

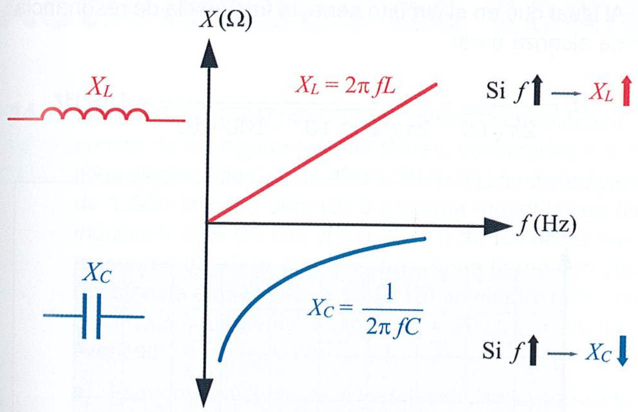

Figura 14.31. Variación de la reactancia inductiva y capacitiva con la frecuencia.

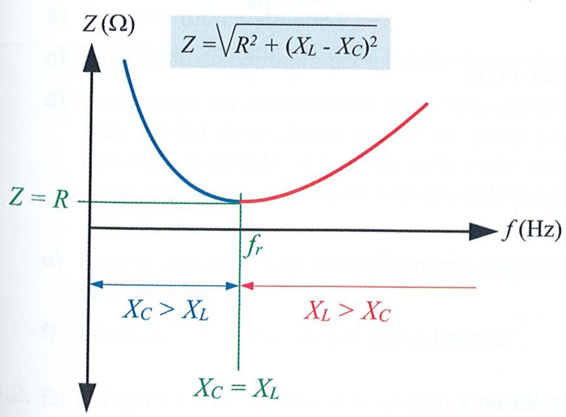

Figura 14.32. Variación de la impedancia con la frecuencia en un circuito R-L-C.

En el caso de que dispongamos de un circuito serie R-L-C, al ir aumentando paulatinamente la frecuencia aplicada, el circuito irá reduciendo su impedancia hasta la frecuencia de resonancia f_r. En este punto, las reactancias inductivas y capacitivas se hacen iguales, y la impedancia del circuito se hace totalmente resistiva, tal como se muestra en la Figura 14.32.

14.4.3. Resonancia en serie

Para conseguir que un circuito como el de la Figura 14.33 se ponga en resonancia, se debe cumplir que la reactancia de la bobina sea igual a la del condensador.

Cuando un circuito en serie entra en resonancia la corriente se hace muy elevada, ya que al anularse las reactancias el único elemento que limita la corriente es la resistencia del circuito. Además se cumple que las caídas de tensión en la bobina y el condensador son iguales.

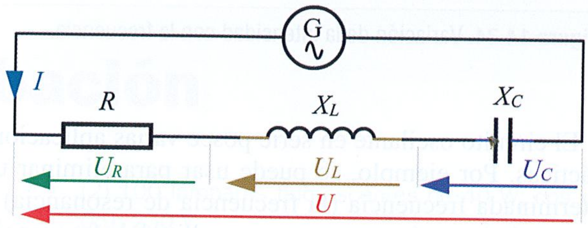

Figura 14.33. Circuito resonante en serie.

Actividad resuelta 14.7

El circuito serie de la Figura 14.33 está formado por una resistencia de 10 Ω, una bobina de 1 mH y un condensador de 1 µF. Averigua cuál será la frecuencia de la tensión que habrá que aplicar para que el circuito entre en resonancia. Si el valor de la tensión aplicada es de 100 V, calcula el valor de la corriente y de las caídas de tensión en la bobina y el condensador para la frecuencia de resonancia. Dibuja de forma aproximada cómo sería la representación gráfica de la intensidad de corriente por el circuito en función de la variación de frecuencia.

Solución:

La frecuencia de resonancia la calculamos con la expresión ya conocida:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1\cdot 10^{-3}\cdot 1\cdot 10^{-6}}} = 5.033 \text{ Hz}$$

Dado que las reactancias se anulan, el único valor que limita la corriente es la resistencia:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A}$$

Al ser iguales la reactancia inductiva y la capacitiva, las caídas de tensión también lo son:

$U_C = U_L = X_L\, I = 2\pi f L I = 2 \cdot \pi \cdot 5.033 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 316\text{ V}$

En la Figura 14.34 se ha representado la variación de la corriente con la frecuencia. Observa cómo la corriente se hace máxima (10 A) para la frecuencia de resonancia (5.033 Hz).

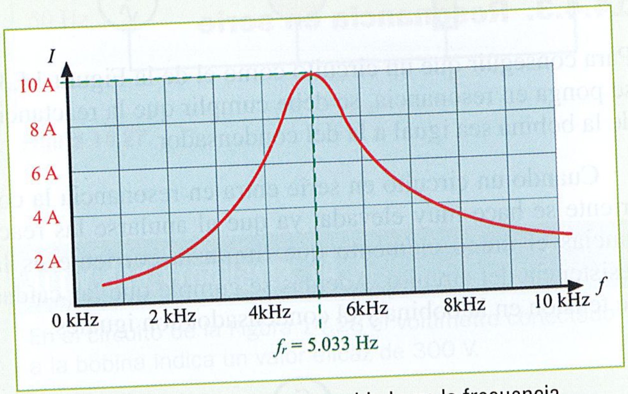

Figura 14.34. Variación de la intensidad con la frecuencia.

El circuito oscilante en serie posee varias aplicaciones prácticas. Por ejemplo, se puede usar para eliminar una determinada frecuencia (la frecuencia de resonancia) en una señal que esté compuesta por multitud de frecuencias. Para ello lo que se hace es poner un circuito oscilante en paralelo con la señal, de tal forma que cortocircuita aquella señal que posea la frecuencia de resonancia.

14.4.4. Resonancia en paralelo

Para conseguir que un circuito como el de la Figura 14.35 oscile en paralelo, se ha de conseguir que las reactancias del condensador y de la bobina sean iguales.

En el caso de que la resistencia óhmica de la bobina sea prácticamente nula, la intensidad total absorbida por el conjunto es también prácticamente nula y el circuito se comporta como si estuviese abierto, es decir, con una impedancia infinita.

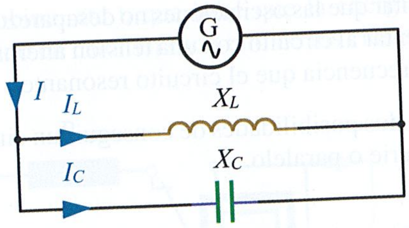

Figura 14.35. Circuito resonante en paralelo.

Actividad resuelta 14.8

Determina la frecuencia de resonancia de un circuito paralelo como el de la Figura 14.35 si está compuesto por una bobina de 10 mH de inductancia y un condensador de 100 µF.

Solución:

Al igual que en el circuito serie, la frecuencia de resonancia se alcanza para:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}} = 159\text{ Hz}$$

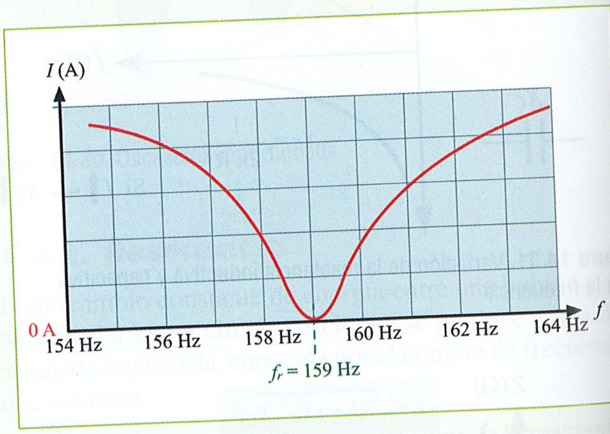

Figura 14.36.

Comprobación práctica en el laboratorio

14.1. Comprobación experimental de un circuito oscilante. Consigue los elementos necesarios para realizar el montaje de la Figura 14.29 y comprueba experimentalmente el efecto de oscilación amortiguada que aparece al aplicar un condensador cargado a una bobina.

14.2. Circuito resonante. Se trata de que consigas poner en resonancia a un circuito serie. Para ello conecta en serie una resistencia, una bobina y un condensador a un generador de señales. Mide la tensión que aparece en la bobina y el condensador, así como la corriente y frecuencia aplicada. Comienza el ensayo aplicando una frecuencia muy baja, aumentando dicha frecuencia muy poco a poco hasta conseguir que las tensiones que aparecen en la bobina y el condensador sean iguales. Una vez conseguido, anota la frecuencia de resonancia a la que se ha conseguido. Observa cómo en todo el proceso la corriente por el circuito ha alcanzado su valor máximo para la frecuencia de resonancia. En previsión de que las tensiones alcanzadas sean elevadas, conviene tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes o daños en los aparatos de medida.

Actividades de comprobación

14.1. La instalación eléctrica de un taller electromecánico consta de los siguientes receptores, conectados a una línea eléctrica de C.A. de 230 V, 50 Hz: (1) 5 calefactores de 1.500 W cada uno; (2) 3 motores monofásicos de inducción de 5 CV, $\cos \varphi = 0{,}75$; (3) 60 lámparas fluorescentes de 40 W, $\cos \varphi = 0{,}6$; (4) un horno con una resistencia equivalente a 15 Ω; (5) un electroimán con un circuito equivalente R-L igual a $R = 20\ \Omega$, $L = 500$ mH. Averigua:

- **a)** Esquema eléctrico de la instalación, incluyendo interruptores automáticos para la protección de la línea general y de cada uno de los circuitos, así como una batería automática para la corrección del factor de potencia.
- **b)** Potencia total instalada y *FP*.
- **c)** Intensidad de corriente por los diferentes circuitos.
- **d)** Sección de los conductores de la línea general, si esta consta de un cable bipolar de cobre aislado con PVC, instalado al aire, de 125 m de longitud y con una caída de tensión máxima admisible del 3 %.
- **e)** Batería automática de condensadores para corregir el *FP* a 0,98.
- **f)** Intensidad de corriente por dicha batería.

14.2. En la Figura 14.37 se muestra el esquema eléctrico, en representación unifilar, de una línea monofásica que alimenta a 230 V, 50 Hz, a la instalación interior de un pequeño taller de reparaciones.

Seguidamente se indican las características de los receptores (1), (2), (3) y (4):

- (1) 7 lámparas incandescentes de 100 W; 230 V.
- (2) 100 lámparas fluorescentes de 40 W; $\cos \varphi = 0{,}9$; 230 V.
- (3) Horno eléctrico con una resistencia equivalente de 50 Ω.
- (4) Motor monofásico de 3.025 W; $\cos \varphi = 0{,}7$; 230 V.

Averigua:

- **a)** P_T, S_T, $\cos \varphi_T$, I_T.
- **b)** Intensidad por los fusibles F1F, F2F, F3F, F4F y F5F.
- **c)** Sección de la línea general si esta consta de un cable multiconductor de 2xPVC de 125 m de longitud instalado bajo tubo en montaje superficial y la caída máxima que se admite es del 2 %.
- **d)** Características de la batería de condensadores que habrá que conectar al principio de línea general para corregir el *FP* a 0,99.
- **e)** ¿Qué sección sería suficiente para la línea general una vez conectada la batería de condensadores?

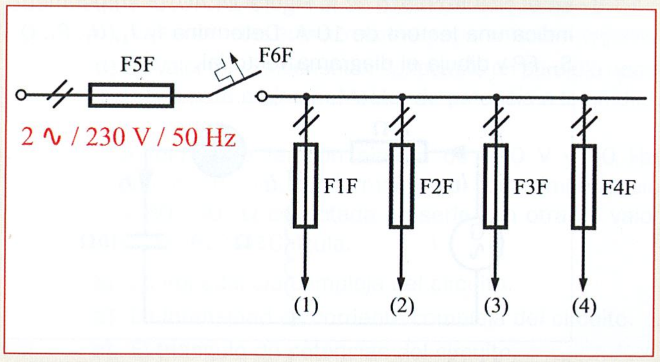

Figura 14.37.

14.3. La impedancia equivalente de un circuito es $Z = 50\angle 45°$. Expresa el resultado en forma algebraica e indica los valores de la resistencia y de la reactancia.

14.4. Se conecta a una red de 400 V, 50 Hz, una resistencia óhmica de 200 Ω en paralelo con una bobina de 140 Ω de resistencia y 1,96 H de coeficiente de autoinducción. Averigua las intensidades del circuito. Dibuja el diagrama vectorial.

14.5. Se conecta a una red de C.A. de 120 V, 50 Hz, un circuito compuesto por tres receptores en paralelo de las siguientes características: un condensador de 66,3 μF, una resistencia de 400 Ω y una bobina de 159 mH. Averigua la corriente total y por cada una de las cargas, las potencias totales y dibuja el diagrama vectorial.

14.6. Averigua la impedancia equivalente del circuito de la Figura 14.38, así como los valores de I_T, I_1, I_2, I_3, P_T, Q_T, S_T, FP. Dibuja el diagrama vectorial.

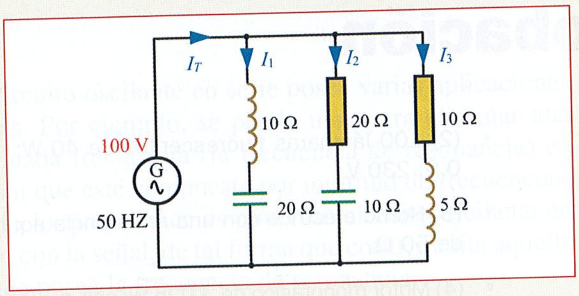

Figura 14.38.

14.7. Del circuito mixto mostrado en la Figura 14.39, averigua la lectura de A y de V, así como P_T, Q_T, S_T y dibuja el diagrama vectorial.

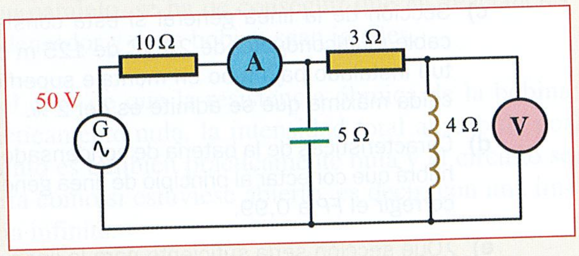

Figura 14.39.

14.8. En el circuito mixto de la Figura 14.40, el amperímetro indica una lectura de 10 A. Determina I_T, I_1, U_T, P_T, Q_T, S_T, FP y dibuja el diagrama vectorial.

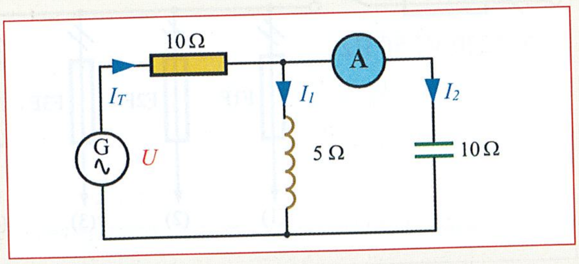

Figura 14.40.

14.9. La bobina de un electroimán posee un coeficiente de autoinducción de 0,4 henrios y una resistencia óhmica de 100 ohmios. Calcula la intensidad, factor de potencia y potencias al aplicar una C.A. senoidal de $\upsilon = 311$ sen $314t$. Dibuja los diagramas vectoriales.

14.10. Se conectan en paralelo las bobinas de dos contactores a una red monofásica de C.A. de 230 V, 50 Hz. Si las características de las bobinas son: bobina número 1 (R = 80 Ω, L = 0,8 H), bobina número 2 (R = 120 Ω, L = 0,6 H), averigua las corrientes por cada bobina, FP de cada una y total, potencia activa de cada una y total.

14.11. Se conecta en serie, con la resistencia de un calefactor de 160 Ω, un condensador de 35 μF a una red de C.A. de 230 V, 50 Hz. Averigua la tensión a la que quedará sometido el calefactor. ¿Qué frecuencia habrá que aplicar al conjunto para conseguir que el calefactor trabaje a 110 V sin modificar el valor de la tensión aplicado al conjunto?

14.12. Se conectan en serie las bobinas de dos electroválvulas a 230 V, 50 Hz, de las siguientes características: bobina número 1 (R = 20 Ω; 0,8 H), bobina número 2 (28 Ω; 0,6 H). Calcula la corriente por las mismas, la tensión aplicada a cada bobina, el factor de potencia del conjunto, las potencias del conjunto y la capacidad del condensador que habrá que conectar en paralelo para conseguir corregir el FP del conjunto a 0,95.

14.13. La bobina de un contactor de 110 V posee una resistencia de 60 Ω y un coeficiente de autoinducción de 0,2 H. ¿Cuál será el valor de la resistencia óhmica que habrá que conectar en serie para poder conectar dicha bobina a una red de 230 V, 50 Hz, sin que se vea afectado su funcionamiento?

14.14. A una bobina de 200 Ω de resistencia y 0,8 H de coeficiente de autoinducción se le conecta en paralelo un condensador de 2 μF. Calcula las intensidades del circuito al conectar el conjunto a 230 V, 50 Hz.

14.15. Calcula la sección de una línea monofásica de 100 m que alimenta a dos motores de las siguientes características: motor número 1 (5 kW; 230 V; cos φ = 0,6), motor número 2 (7 kW; 230 V; cos φ = 0,65). La caída de tensión máxima que se admite es del 5 %. La línea consta de un cable bipolar aislado con PVC instalado bajo tubo empotrado en pared aislante. Posteriormente, a la instalación de la línea se conecta una batería de condensadores al final de ella con la idea de elevar el factor de potencia de la instalación hasta 0,95. ¿Cuál sería ahora la sección recomendable para los conductores de línea?

14.16. Averigua la frecuencia de resonancia de un circuito serie formado por un condensador de 20 μF, una bobina de 80 mH y una resistencia de 2 Ω. ¿Qué valor tendrán las caídas de tensión en la bobina y el condensador si se aplica al conjunto una tensión de 100 V?

14.17. Se desea conseguir que un circuito paralelo entre en resonancia a una tensión alterna de 50 Hz, para lo que se dispone de una bobina de 1 H. ¿Qué capacidad deberá poseer el condensador?

Actividades de evaluación resueltas

A continuación se dan los enunciados de una serie de actividades de evaluación. Estas actividades las podrás encontrar resueltas accediendo al MATERIAL WEB creado para este texto.

14.1. Las intensidades en corriente alterna en los elementos de un circuito R-L-C paralelo son 4, 6 y 9 A (valores eficaces), respectivamente. Dibuja el diagrama vectorial de intensidades y calcula el valor eficaz de la intensidad total del circuito, tomando como origen de fases la intensidad en la resistencia.

14.2. El circuito serie R-L-C de la Figura 14.41 está en resonancia. La pulsación de la fuente ideal de tensión es 1.000 rad/s y su valor eficaz 100 V. Se sabe, además, que, a la pulsación de resonancia, $I = 5$ A (valor eficaz) y $U_C = 20.000$ V (valor eficaz). Halla:

a) La tensión compleja U_R.

b) La tensión compleja U_L.

c) Valores de R, L y C.

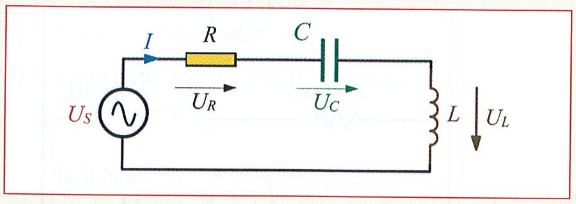

Figura 14.41.

Nota: Indica las tensiones complejas U_R y U_L, tomando como origen de fases la intensidad I.

14.3. En el circuito paralelo de la Figura 14.42, calcula:

a) Impedancia total compleja del circuito.

b) Corrientes I_1, I_2 e I.

c) Potencia activa, reactiva y aparente suministrada por el generador al circuito.

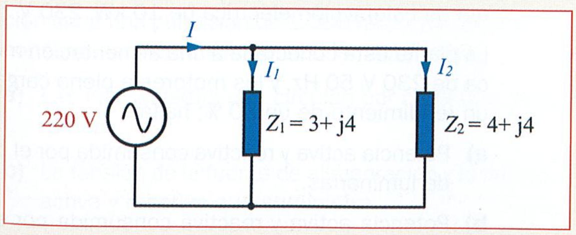

Figura 14.42.

14.4. En un circuito formado por el paralelo de una impedancia $Z_1 = 800 + j400\ \Omega$, un condensador $C = 1\ \mu$F y una fuente de tensión de 400 V a 50 Hz, determina:

a) Intensidad compleja en cada rama.

b) Intensidad total compleja.

c) Factor de potencia total.

d) Potencia activa total.

14.5. El circuito paralelo R-L-C de la Figura 14.43 se encuentra alimentado por una red de 220 V y 50 Hz, halla:

a) Intensidad de corriente que indica el amperímetro.

b) Potencia activa consumida por el circuito.

c) Modificando el valor del condensador variable, determina la capacidad para la que el cos φ que presenta el circuito es igual a 1.

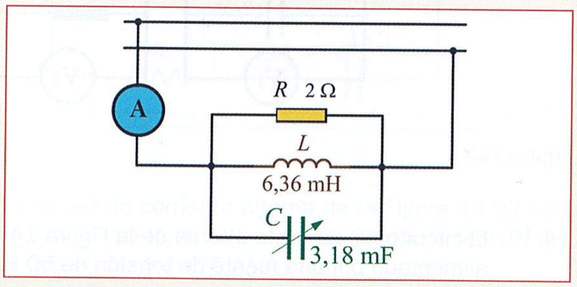

Figura 14.43.

14.6. Un generador de corriente alterna de 230 V y 50 Hz, alimenta un circuito formado por una impedancia $z_1 = 40\angle 30°\ \Omega$ conectada en serie con una resistencia óhmica de 60 Ω. Calcula:

a) La impedancia compleja total del circuito.

b) La intensidad de corriente compleja del circuito.

c) Las potencias activa, reactiva y aparente del conjunto.

d) El valor del condensador conectado en paralelo necesario para mejorar el factor de potencia a la unidad.

14.7. Una fuente de tensión alterna de 230 V y 50 Hz, alimenta un circuito formado por una impedancia $z_1 = 80\angle 30°\ \Omega$ conectada en serie con otra de valor $z_2 = 20\angle 60°\ \Omega$. Calcula:

a) La impedancia compleja del circuito.

b) La intensidad de corriente compleja del circuito.

c) El triángulo de potencias del circuito.

d) La caída de tensión en cada una de las impedancias.

14.8. Un circuito R-L-C en serie con $R = 20\ \Omega$, $L = 40$ mH, $C = 250\ \mu$F se conecta a una fuente de tensión alterna de frecuencia 50 Hz. Al conectar un voltímetro al generador se obtiene una medida de 240 V. Calcula:

a) La impedancia compleja y máxima que circula por el circuito.

b) La intensidad eficaz y máxima que circula por el circuito.

c) La frecuencia de resonancia.

d) Dibuja el triángulo de potencias.

14.9. En el circuito de corriente alterna de la Figura 14.44 de terminales A-C, que forma parte de un circuito más amplio, la impedancia compleja Z_1 absorbe una potencia activa igual a 27 W. Tomando U_{AB} como origen de fases, determina:

a) Tensión indicada por el voltímetro V_1.

b) Intensidad de corriente que marca el amperímetro.

c) Tensión indicada por el voltímetro V_2.

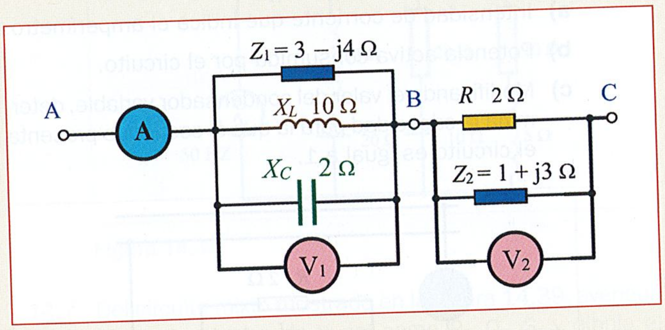

Figura 14.44.

14.10. El circuito de corriente alterna de la Figura 14.45 está alimentado por una fuente de tensión de 50 Hz y 75 V de valor eficaz. Se pide:

a) El valor eficaz de la tensión U_{AB}.

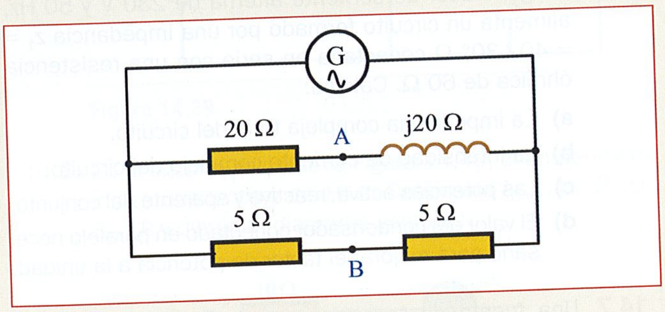

Figura 14.45.

b) El factor de potencia del circuito conectado a la fuente ideal de tensión.

c) La capacidad del condensador que debería conectarse en paralelo con la fuente de tensión, para evitar que dicha fuente ceda potencia reactiva al resto del circuito.

14.11. En el circuito de corriente alterna de 50 Hz de la Figura 14.46 el valor eficaz de la tensión en el condensador es 10 V. Si se toma como origen de fases la tensión compleja en el condensador U_C, halla:

a) Tensión compleja U_{AB}.

b) Tensión compleja Us de la fuente de tensión.

c) Potencias activa y reactiva cedidas o absorbidas por los elementos del circuito.

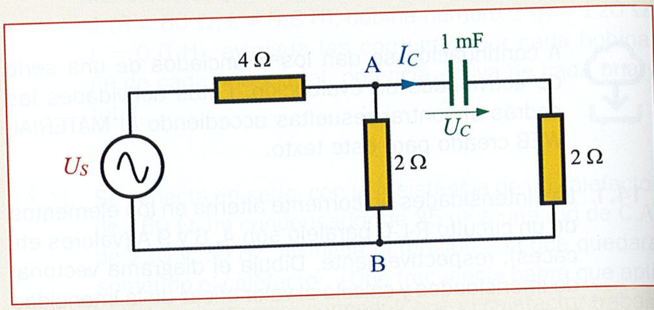

Figura 14.46.

14.12. Dado el circuito de la Figura 14.47, calcula:

a) La impedancia equivalente vista por el generador.

b) La corriente que circula por cada una de las tres ramas del circuito.

c) Las potencias aparente, activa y reactiva, así como el factor de potencia del circuito.

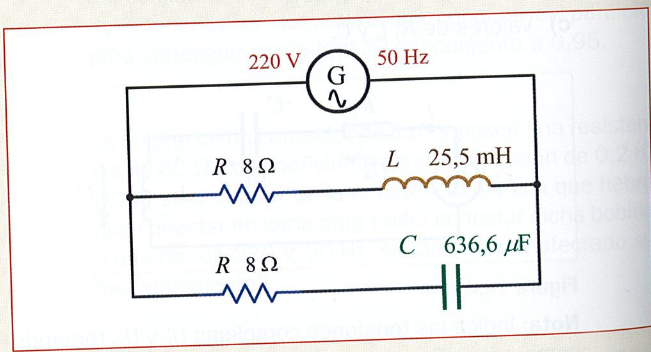

Figura 14.47.

14.13. Una planta industrial consta de un conjunto de receptores eléctricos cuyas características son: (1) 50 luminarias fluorescentes (cada una de ellas constituida por una resistencia de 200 Ω en serie con una reactancia $X_L = 150\ \Omega$); (2) 5 motores eléctricos de 800 W, 230 V, $\cos \varphi = 0{,}8$ (inductivo), cada uno de ellos; (3) un sistema de calefacción eléctrica de 10 kW, 230 V.

La planta está conectada a una alimentación monofásica de 230 V, 50 Hz, y los motores a plena carga tienen un rendimiento de un 80 %; halla:

a) Potencia activa y reactiva consumida por el conjunto de luminarias.

b) Potencia activa y reactiva consumida por el grupo de motores, a plena carga.

c) Intensidad de corriente absorbida por la planta en estas condiciones.

d) Factor de potencia que presenta la instalación.

14.14. En el circuito de corriente alterna de la Figura 14.48 las indicaciones de los instrumentos de medida son: $V = 200$ V, $W = 4$ kW, A = 10 A, $V_C = 100\sqrt{5}$ V. Halla:

a) Valor de R y X_L.

b) Intensidad de corriente que circula por la fuente.

c) Valor de la reactancia del condensador X_C.

d) Potencia reactiva que suministra la fuente.

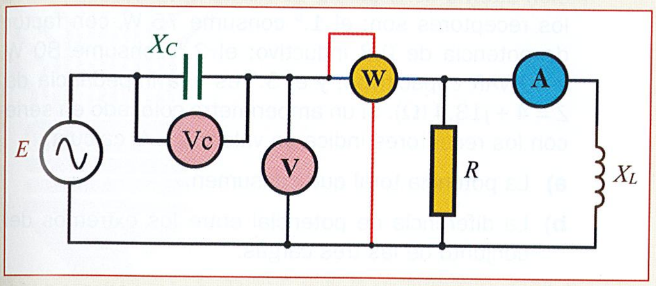

Figura 14.48.

14.15. En el circuito de la Figura 14.49 ($V_1 = 230$ V eficaces), determina en régimen permanente sinusoidal:

a) La impedancia equivalente de R_2, R_3 y L_1.

b) La tensión o *ddp* en la resistencia R_3.

c) La corriente que circula por L_1.

d) La corriente suministrada por el generador.

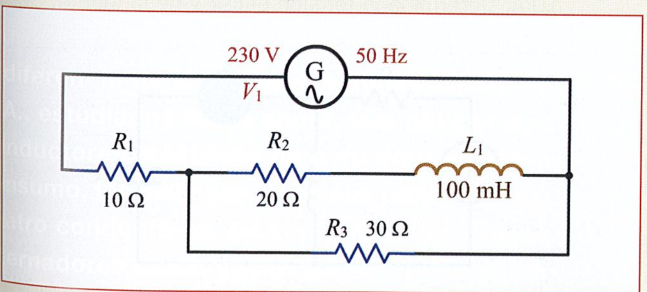

Figura 14.49.

14.16. En el circuito de la Figura 14.50 la fuente de alimentación tiene una pulsación de 1.000 rad/s y la resistencia consume una potencia de 125 W. Determina:

a) Las intensidades que circulan por cada una de las ramas.

b) La tensión de la fuente de alimentación y la potencia activa y reactiva que suministra.

c) El diagrama vectorial de tensión e intensidades.

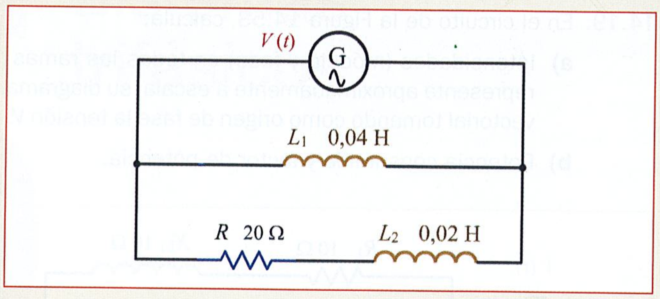

Figura 14.50.

14.17. En el circuito representado en la Figura 14.51 la intensidad que suministra la fuente es de $6\sqrt{5}$ A, y está adelantada 26,57° con respecto a su tensión en bornes. Si la intensidad que circula por la resistencia R_1 es de 6 A. Determina:

a) El valor de R_2 de X_C y de la impedancia equivalente del circuito.

b) La potencia activa y reactiva que suministra la fuente.

c) El diagrama vectorial de tensión e intensidades.

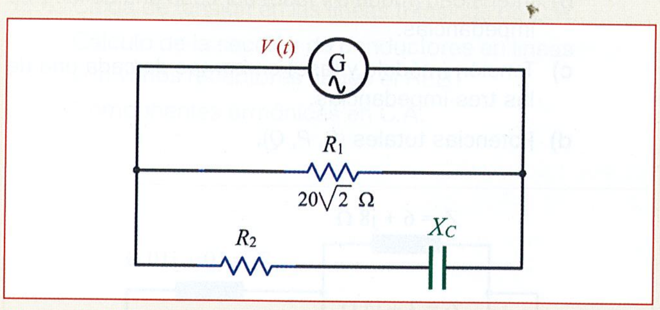

Figura 14.51.

14.18. En la red de corriente alterna de la Figura 14.52 son $R_1 = R_2 = 10\ \Omega$, $X_L = X_C = 10\ \Omega$. Siendo la lectura del amperímetro A de 20 A, calcula:

a) Las lecturas de los restantes aparatos de medida: V, A_1 y A_2.

b) La potencia aparente compleja suministrada por la red.

c) Aproximadamente a escala, diagrama vectorial de tensiones e intensidades.

d) Los valores de X_L y X_C, que sin modificar R_1 y R_2, den lugar a que los tres amperímetros marquen idéntica lectura.

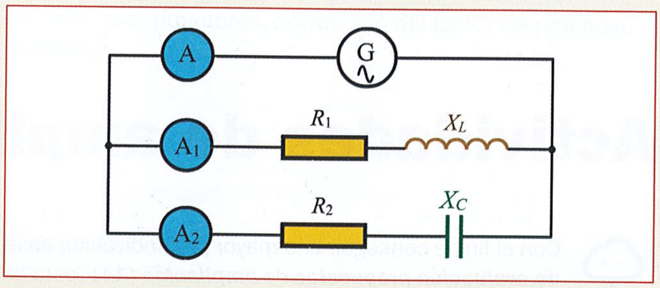

Figura 14.52.

14.19. En el circuito de la Figura 14.53, calcula:

a) Intensidades (módulo y fase) en todas las ramas, representa aproximadamente a escala, su diagrama vectorial tomando como origen de fase la tensión *V*.

b) Potencia consumida y factor de potencia.

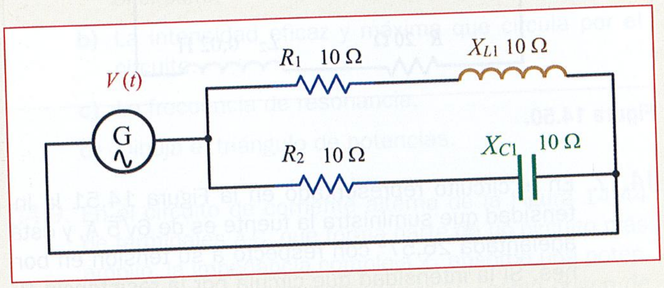

Figura 14.53.

14.20. En el circuito de la Figura 14.54, calcula:

a) Impedancia equivalente entre A y B (indica si es inductiva o capacitiva).

b) Intensidad (módulo y fase) por cada una de las tres impedancias.

c) Tensión (módulo y fase) en bornas de cada una de las tres impedancias.

d) Potencias totales (*S*, *P*, *Q*).

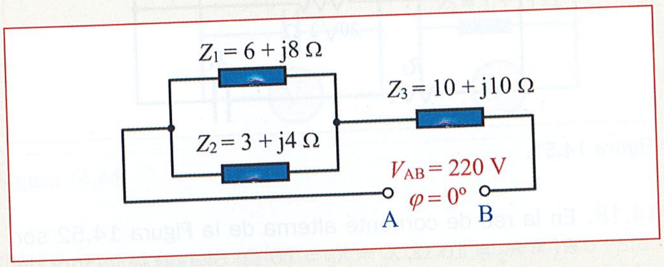

Figura 14.54.

14.21. En el circuito del Figura 14.55, calcula:

a) Impedancia equivalente del circuito (vista por generador).

b) Corrientes (módulo y fase) I, I_1 e I_2.

c) Tensiones (módulo y fase) en bornas del condensador y de la bobina.

d) Potencias totales (*S*, *P*, *Q*).

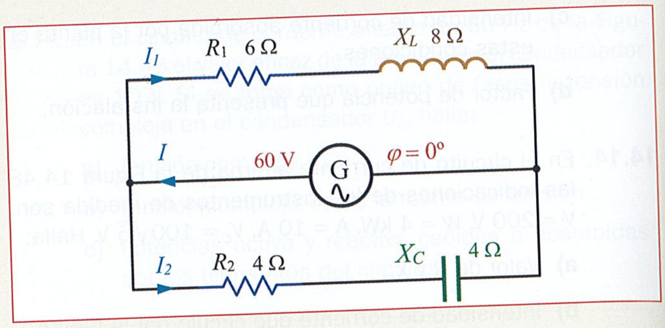

Figura 14.55.

14.22. Tres receptores están conectados en serie a una tensión alterna senoidal de 50 Hz. Las características de los receptores son: el 1.º consume 75 W, con factor de potencia de 0,8 inductivo; el 2.º consume 80 W y 60 VAR capacitivos; y el 3.º es una impedancia de $Z = 4 + j13{,}4$ (Ω). Si un amperímetro colocado en serie con los receptores indica un valor de 5 A, calcula:

a) La potencia total que consumen.

b) La diferencia de potencial entre los extremos del conjunto de las tres cargas.

c) La capacidad de la batería de condensadores necesaria para que colocada en paralelo con el conjunto de receptores dé lugar a un factor de potencia de 0,9 inductivo.

14.23. Una bobina tiene una impedancia $Z = 3 + 4j$ en corriente alterna. Calcula la corriente que circularía al conectarla a una batería de 12 voltios.

14.24. En el circuito de la Figura 14.56, para una frecuencia determinada, la impedancia de cada uno de los elementos es de 10 Ω, siendo la lectura del amperímetro de 10 A. Determina la tensión eficaz *V* de la fuente.

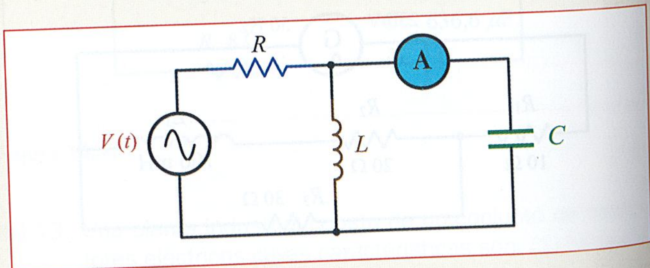

Figura 14.56.

Actividades de ampliación

Con el fin de conseguir una mayor profundización en la materia, se han incluido los enunciados de una serie de «***actividades de evaluación propuestas de ampliación (14)***» para esta unidad que podrás encontrar dentro del MATERIAL WEB elaborado para este texto. Selecciona alguna de estas actividades y encuentra su solución.