

EJERCICIOS DEL TEMA 3: CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

1. Una bobina de 100 espiras, de 20 cm^2 cada una, gira a 50 r.p.m. en un campo magnético uniforme de 1 T.
 - a) Escribir la expresión de la f.e.m. inducida e indicar su valor eficaz
 - b) ¿Cuál sería la intensidad si la resistencia del circuito fuese 20Ω ?

2. En un circuito de CA los valores eficaces son $I_e = 10 \text{ A}$ y $V_e = 300 \text{ V}$ y la intensidad está retrasada 60° respecto a la tensión. Calcular:
 - a) Impedancia
 - b) Reactancia
 - c) Resistencia
 - d) Factor de potencia.

3. En un circuito de 50 Hz y $22,5 \Omega$ de resistencia, los aparatos registradores señalan 150 V y 5 A (eficaces). Calcular: factor de potencia, impedancia y reactancia (ya que debe existir una bobina o un condensador)

4. Calcular la reactancia de una bobina de $0,002 \text{ H}$ si la corriente alterna que la recorre tiene un periodo de $1/50 \text{ s}$. ¿Cuál será la impedancia de la bobina si su resistencia es de 50Ω ? Si la bobina está intercalada en un circuito de $R = 100 \Omega$. ¿Cuál será la impedancia del circuito?

5. Un circuito consta de un condensador de $1 \mu\text{F}$ conectado en serie a una resistencia de $1 \text{ k}\Omega$. Calcule la reactancia, la impedancia, el factor de potencia y la intensidad eficaz que circula por el circuito si se conecta a un generador de 24 V de tensión máxima y 100 Hz.

6. Al aplicar a una bobina una tensión continua de 220 V, la intensidad de la corriente que la atraviesa es de 11 A. Si se aplica a la bobina una tensión alterna $V = 220 \cos(100 \pi t)$ (V) el valor eficaz de la intensidad es de 5,5 A. Calcular:
 - a) Resistencia y autoinducción de la bobina
 - b) Desfase entre la tensión alterna aplicada y la intensidad que recorre la bobina.

7. Cuando a la bobina de un determinado electroimán se le aplica una tensión continua de 240 V, la intensidad de la corriente que lo atraviesa es de 12 A. Cuando se le aplica una tensión alterna de amplitud 240 V y 50 Hz la intensidad eficaz es de 6 A. Calcular la inductancia L del carrete y su resistencia.

8. Calcular la Z de un circuito de 20Ω de resistencia en el que hay colocados en serie un condensador de $20 \mu\text{F}$ y una bobina de $0,02 \text{ H}$ cuando se aplica una tensión de 50 ciclos/s de frecuencia.

9. Un condensador de $20 \mu\text{F}$ y una bobina de $0,02 \text{ H}$ están en serie en un circuito cuya resistencia total es despreciable. Si la frecuencia es de 50 s^{-1} ¿Cuál es la impedancia del circuito?

10. Un circuito en serie consta de una autoinducción $L = 0,1 \text{ H}$ y una resistencia $R = 100 \Omega$. Está alimentado por un generador cuya tensión eficaz es de 4 V y cuya frecuencia es de 1000 Hz. Calcular:
 - a) Valor máximo de la caída de tensión en L y desfase entre la tensión del generador y la intensidad
 - b) Capacidad de un condensador, conectado en serie con R y L, para que la intensidad sea máxima.

11. Un circuito en serie está formado por una resistencia de 20Ω , una autoinducción de 1 H y un condensador de $10 \mu\text{F}$. Está conectado a un generador de 50 Hz y 120 V de tensión máxima. Calcular:
 - a) Reactancias inductiva y capacitiva, e impedancia del circuito.
 - b) Valor instantáneo de la intensidad.

12. En un circuito en serie $R = 200 \Omega$, $L = 1 \text{ H}$ y $C = 5\mu\text{F}$. Si el valor máximo de la tensión del generador es de 200 V y su frecuencia 50 Hz , calcular:
 a) Valor eficaz de la intensidad b) Factor de potencia c) Potencias activa, reactiva y aparente
13. Un circuito conectado a un generador de 110 V y 60 Hz consume 330 W . El factor de potencia es de $0,6$ y la Intensidad está retrasada frente a la tensión.
 a) Determinar qué elemento debe conectarse en serie para que el factor de potencia sea 1 .
 b) Calcule las potencias activa, reactiva y aparente en ese caso.
14. En un circuito de 25Ω de resistencia hay instaladas capacidades por valor de $20.000 \mu\text{F}$ y una bobina de 10Ω y $0,02 \text{ H}$, todos en serie. Si la tensión eficaz es de 100 V y la frecuencia 50 Hz , calcular:
 a) Z de la bobina y del circuito b) I eficaz y máxima c) V eficaz en los bornes de la bobina
 d) Factor de potencia e) Potencias activa, reactiva y aparente.
15. Un alternador tiene entre sus bornes una $\varepsilon = 392 \cos(314 t) \text{ (V)}$. Si el alternador se conecta a un electroimán, produciéndose una $I_e = 0,5 \text{ A}$, calcular la inductancia L del electroimán.
16. Dos elementos A y B se conectan en serie a un generador de $C. A$. La tensión total aplicada es de $V = 100 \cos(50 t + 3\pi/8) \text{ (V)}$ y la intensidad $I = 20 \cos(50t + \pi/8) \text{ (A)}$. Indicar el tipo de elementos que son A y B y calcular sus valores.
17. Una resistencia inductiva ($R = 300 \Omega$; $L = 1 \text{ H}$) y una capacidad de $20 \mu\text{F}$ se unen a una tensión $\varepsilon = 170 \cos(100 \pi t) \text{ (V)}$. Calcular las tensiones eficaces en los bornes de cada aparato.
18. Un circuito consta, en serie, de un generador, una resistencia de 20Ω y una bobina, de resistencia R_L y autoinducción L desconocidas. La diferencia de potencial del generador es $\varepsilon = 120 \cos(100 \pi t)$ y los valores máximos de las diferencias de potencial entre los extremos de R y la bobina son 60 y 90 V , respectivamente. Calcular R_L y L .

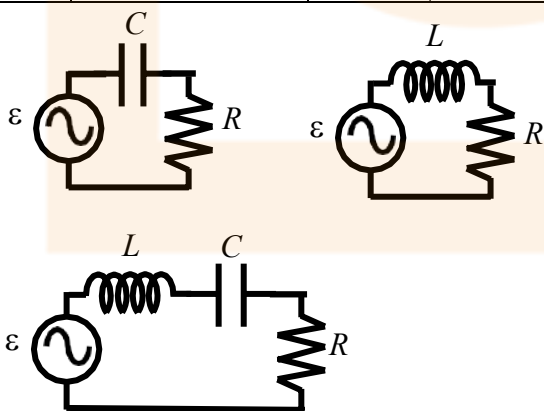
SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS

1. a) $\varepsilon = 1,047 \cos(5,23 t) \text{ V}$; b) $\varepsilon_e = 0,74 \text{ V}$
2. a) $Z = 30 \Omega$; b) $X = 51,9 \Omega$; c) $R = 15 \Omega$; d) $\cos\varphi = 0,5$ inductivo
3. $\cos\varphi = 0,75$, $Z = 30 \Omega$, $X = 19,8 \Omega$
4. $X_L = 0,628 \Omega$, $Z = 50,004 \Omega$, $Z = 150,0013 \Omega$
5. $X_C = 1591,55 \Omega$, $Z = 1879,64 \Omega$, $\cos\varphi = 0,532$ capacitivo , $I_e = 9 \text{ mA}$
6. a) $R = 20 \Omega$, $L = 0,04 \text{ H}$; b) $\varphi = \pi/4$
7. $L = 0,064 \text{ H}$ ($X_L = 20\Omega$) , $R = 20 \Omega$
8. $Z = 154,17 \Omega$
9. $152,87 \Omega$
10. a) $V_{L\text{máx}} = 5,58 \text{ V}$, $\varphi = 1,41 \text{ rad}$; b) $0,253 \mu\text{F}$
11. a) $X_L = 314,16 \Omega$, $X_C = 318,3 \Omega$, $Z = 20,43 \Omega$; b) $I = 5,87 \cos(314,16 t - 0,2) \text{ A}$
12. a) $I_e = 0,373 \text{ A}$; b) $\cos\varphi = 0,527$ capacitivo ; c) $P_{\text{ap}} = 52,75 \text{ VA}$, $P = 27,8 \text{ W}$, $P_r = 44,83 \text{ VAR}$
13. a) Resonancia $C = 3 \cdot 10^{-4} \text{ F}$; b) $P = 916 \text{ W}$, $P_{\text{ap}} = 916 \text{ VA}$, $P_r = 0$.
14. a) $Z_L = 11,8 \Omega$, $Z = 35,53 \Omega$; b) $I_e = 2,81 \text{ A}$, $I_{\text{máx}} = 3,98 \text{ A}$; c) $V_e = 33,158 \text{ V}$
 d) $\cos\varphi = 0,985$ inductivo ; e) $P = 276,7 \text{ W}$; $P_{\text{ap}} = 281 \text{ VA}$, $P_r = 48,97 \text{ VAR}$
15. $V_e = 277,18 \text{ V}$, $\nu = 50 \text{ Hz}$, $L = 1,76 \text{ H}$ ($X_L = 554,36 \Omega$)
16. Una autoinducción y una resistencia $L = 0,07 \text{ H}$, $R = 3,5 \Omega$
17. $V_{RLe} = 154,88 \text{ V}$, $V_{Ce} = 56,49 \text{ V}$
18. $R_L = 7,5 \Omega$, $L = 0,092 \text{ H}$ ($I_{\text{máx}} = 3 \text{ A}$, $Z = 40 \Omega$, $Z_{RL} = 30 \Omega$)

2. ELEMENTOS EN UN CIRCUITO DE CC

Mostramos aquí los principales elementos que vamos a estudiar.

Activos: Suministran energía al circuito							
Pila (CC)		Batería (CC)		Alternador (CA)		Fuente de tensión	
Fuente de intensidad							
Pasivos: Consumen, almacenan o transforman energía.							
Lámpara		Resistencia		Resistencia variable (potenciómetro, reóstato)		Fotorresistor (LDR)	
						Termistor (PTC, NTC)	
Condensador		Bobina, solenoide		Transformador		Motor	
Aparatos de medida							
Voltímetro		Amperímetro		Ohmímetro		Watímetro	
Elementos e control, de conexión y otros							
Conductor		Conexión		Toma de tierra		Fusible	
				automático			



1. Una bobina de 100 espiras, de 20 cm² cada una, gira a 50 r.p.m. en un campo magnético uniforme de 1 T.

a) Escribir la expresión de le f.e.m. inducida e indicar su valor eficaz

b) ¿Cuál sería la intensidad si la resistencia del circuito fuese 20 Ω ?

a) Al girar con MCU, la orientación entre el vector superficie de la espira y el campo cambiará, con lo que el flujo magnético que atraviesa la espira también será variable.

$$\phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \dots = B \cdot N \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

Por la ley de Faraday-Lenz, se inducirá corriente eléctrica en el circuito, con una fuerza electromotriz

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = B \cdot N \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

Sabiendo que B = 1 T, N = 100 espiras, S = 20 cm² = 2 · 10⁻³ m², ω = 50 rpm = 50 · $\frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}}$ = 5,24 rad/s

$$\varepsilon = B \cdot N \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t) = 1,048 \cdot \text{sen}(5,24 \cdot t) \text{ V}$$

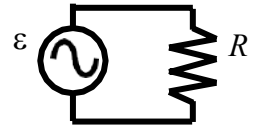
El valor máximo de la fuerza electromotriz, ε₀ = 1,047 V

$$\text{El valor eficaz será } \varepsilon_e = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} = 0,741 \text{ V}$$

b) La bobina que gira en el interior del campo magnético es un generador de CA. Si la conectamos a una resistencia, tendremos un circuito puramente resistivo, en el que podremos aplicar la ley de Ohm para los valores instantáneos.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1,048 \cdot \text{sen}(5,24 \cdot t) \text{ V}}{20 \Omega} = 0,052 \cdot \text{sen}(5,24 \cdot t) \text{ A}$$

La intensidad máxima I₀ = 0,052 A, y la intensidad eficaz I_e = $\frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0,037 \text{ A}$



2. En un circuito de CA los valores eficaces son I_e = 10 A y V_e = 300 V y la intensidad está retrasada 60° respecto a la tensión. Calcular:

a) Impedancia

b) Reactancia

c) Resistencia

d) Factor de potencia.

a) Calculamos la impedancia Z del circuito a partir de los valores eficaces $Z = \frac{V_e}{I_e} = \frac{300 \text{ V}}{10 \text{ A}} = 30 \Omega$

b) c) La intensidad está retrasada respecto a la tensión, o lo que es lo mismo, la tensión está adelantada respecto a la intensidad. El circuito es inductivo y su reactancia X es positiva.

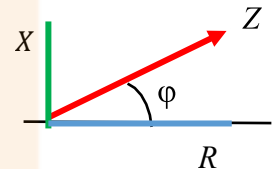
A partir del diagrama de Fresnel de la impedancia, calculamos X y R

El desfase φ = 60° = π/3

b) $X = Z \cdot \text{sen} \varphi = 30 \cdot \text{sen} \left(\frac{\pi}{3} \right) = 25,98 \Omega$

c) $R = Z \cdot \text{cos} \varphi = 30 \cdot \text{cos} \left(\frac{\pi}{3} \right) = 15 \Omega$

d) El factor de potencia es la cantidad cos φ = 0,5 inductivo



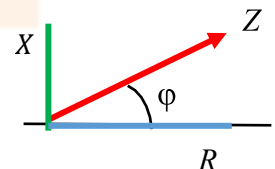
3. En un circuito de 50 Hz y 22,5 Ω de resistencia, los aparatos registradores señalan 150 V y 5 A (eficaces). Calcular: factor de potencia, impedancia y reactancia (ya que debe existir una bobina o un condensador)

Calculamos la impedancia Z del circuito a partir de los valores eficaces

$$Z = \frac{V_e}{I_e} = \frac{150 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 30 \Omega$$

A partir del diagrama de Fresnel de la impedancia, calculamos el factor de potencia.

$$\text{cos} \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{22,5 \Omega}{30 \Omega} = 0,75$$



Y la reactancia X (la obtenemos en valor absoluto, ya que no sabemos si es inductiva o capacitiva)

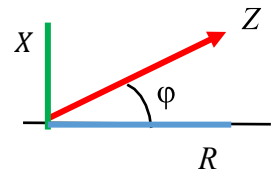
$$\text{cos} \varphi = 0,75 \rightarrow \text{sen} \varphi = \sqrt{(1 - 0,75^2)} = 0,661$$

$$X = Z \cdot \text{sen} \varphi = 30 \cdot \text{sen} \varphi = 19,83 \Omega$$

4. Calcular la reactancia de una bobina de 0,002 H si la corriente alterna que la recorre tiene un periodo de 1/50 s. ¿Cuál será la impedancia de la bobina si su resistencia es de 50 Ω ? Si la bobina está intercalada en un circuito de R = 100 Ω. ¿Cuál será la impedancia del circuito?

Datos: $L = 0,002 \text{ H}$, $T = 0,02 \text{ s} \rightarrow \nu = 50 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 2\pi \cdot \nu = 100\pi \text{ rad/s}$
 La reactancia de una bobina viene dada por $X_L = L \cdot \omega = 0,002 \text{ H} \cdot 100\pi \text{ rad/s} = 0,628 \Omega$

Teniendo en cuenta la resistencia R_L de la bobina, tendremos un circuito RL. El diagrama de impedancias es el de la figura.



La impedancia $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 50,004 \Omega$

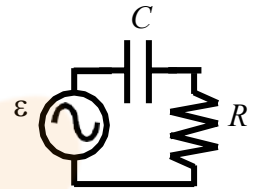
Al conectar una nueva resistencia en serie, el diagrama de impedancias es el mismo, sólo que ahora la resistencia total será $R_L + R = 150 \Omega$

Y la impedancia total $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = 100,002 \Omega$

5. Un circuito consta de un condensador de 1μF conectado en serie a una resistencia de 1 kΩ. Calcule la reactancia, la impedancia, el factor de potencia y la intensidad eficaz que circula por el circuito si se conecta a un generador de 24 V de tensión máxima y 100 Hz.

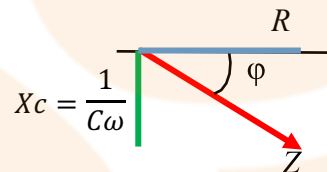
Tenemos un circuito RC de CA.

Datos: $C = 10^{-6} \text{ F}$, $\nu = 100 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 200\pi \text{ rad/s}$, $R = 1000 \Omega$, $\varepsilon_0 = 24 \text{ V}$



Su diagrama de impedancias es el de la figura.

La reactancia (capacitiva) es $X_C = \frac{1}{C\omega} = 1591,55 \Omega$



La impedancia $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = 1879,64 \Omega$

El factor de potencia $\cos\phi = \frac{R}{Z} = 0,532$ capacitivo

Calculamos la intensidad eficaz aplicando la ley de Ohm a los valores eficaces.

I_e

La tensión eficaz $\varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} = 16,97 \text{ V}$

Así, la intensidad eficaz $I_e = \frac{\varepsilon_e}{Z} = \frac{16,97 \text{ V}}{1879,64 \Omega} = 0,009 \text{ A} = 9 \text{ mA}$

8. Calcular la Z de un circuito de 20 Ω de resistencia en el que hay colocados en serie un condensador de 20 μF y una bobina de 0,02 H cuando se aplica una tensión de 50 ciclos/s de frecuencia.

Tenemos un circuito RLC en serie. Cada elemento contribuye a la impedancia del circuito:

La resistencia $R = 20 \Omega$

La bobina con su reactancia inductiva $X_L = L \cdot \omega = 0,02 \text{ H} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s} = 6,28 \Omega$

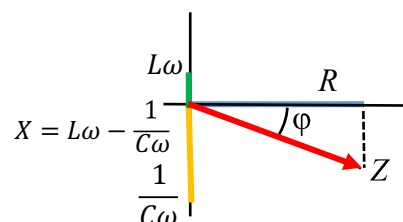
El condensador con su reactancia capacitiva $X_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s}} = 159,15 \Omega$

Como $X_C > X_L$, la reactancia total es capacitiva.

La impedancia

$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 154,17 \Omega$

El diagrama de impedancias



13. Un circuito conectado a un generador de 110 V y 60 Hz consume 330 W. El factor de potencia es de 0,6 y la Intensidad está retrasada frente a la tensión.

- a) Determinar qué elemento debe conectarse en serie para que el factor de potencia sea 1.
 b) Calcule las potencias activa, reactiva y aparente en ese caso.

a) Datos: $\varepsilon_e = 110 \text{ V}$, $\nu = 60 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 120\pi \text{ rad/s}$, $\cos\varphi = 0,6$ $\varphi > 0$ (V adelantada respecto a I)

Como nos dicen que I está retrasada respecto a V, V está adelantada respecto a I, con lo que el desfase es positivo, y el circuito es inductivo (posee reactancia inductiva X_L). Por lo tanto, para conseguir que el factor de potencia sea 1 (resonancia) y que por consiguiente el desfase sea nulo, debemos conectar en serie un condensador cuya reactancia capacitiva X_C compense a X_L ($X_C = X_L$)

Para calcular X_L , debemos conocer Z, que calcularemos aplicando la ley de Ohm con valores eficaces $\varepsilon_e = Z \cdot I_e$

La intensidad eficaz la obtenemos a partir de la potencia (activa) consumida

$$P = \varepsilon_e \cdot I_e \cdot \cos\varphi \rightarrow 330 \text{ W} = 110 \text{ V} \cdot I_e \cdot 0,6 \rightarrow I_e = 5 \text{ A}$$

$$\text{La impedancia } Z = \frac{\varepsilon_e}{I_e} = \frac{110 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 22 \Omega$$

$$\text{Calculamos } R \quad R = Z \cdot \cos\varphi = 22 \Omega \cdot 0,6 = 13,2 \Omega$$

$$\text{Calculamos } X_L \quad X_L = Z \cdot \text{sen}\varphi = 22 \Omega \cdot 0,8 = 17,6 \Omega \quad (\text{sen}\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi} = 0,8)$$

$$X_C = X_L = 17,6 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{C\omega} \rightarrow C = \frac{1}{X_C \cdot \omega} = \frac{1}{17,6 \Omega \cdot 120\pi \text{ rad/s}} = 1,507 \cdot 10^{-4} \text{ F} \quad C = 150,7 \mu\text{F}$$

b) En el caso de resonancia, el factor de potencia es nulo, por lo que $X = 0$, y la impedancia será igual a la resistencia $Z = 13,2 \Omega$

$$\text{La nueva intensidad que circula por el circuito será } I_e = \frac{\varepsilon_e}{Z} = \frac{110 \text{ V}}{13,2 \Omega} = 8,33 \text{ A}$$

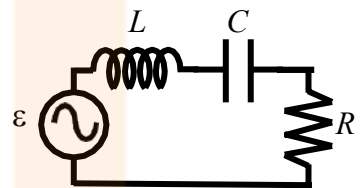
$$\text{La potencia activa } P = \varepsilon_e \cdot I_e \cdot \cos\varphi = 110 \text{ V} \cdot 8,33 \text{ A} \cdot 1 = 916,67 \text{ W}$$

$$\text{La potencia reactiva } Q = \varepsilon_e \cdot I_e \cdot \text{sen}\varphi = 110 \text{ V} \cdot 8,33 \text{ A} \cdot 0 = 0 \text{ VAr}$$

$$\text{La potencia aparente } S = \varepsilon_e \cdot I_e = 110 \text{ V} \cdot 8,33 \text{ A} = 916,67 \text{ VA}$$

14. En un circuito de 25Ω de resistencia hay instaladas capacidades por valor de $20.000 \mu\text{F}$ y una bobina de 10Ω y $0,02 \text{ H}$, todos en serie. Si la tensión eficaz es de 100 V y la frecuencia 50 Hz , calcular:

- a) Z de la bobina y del circuito b) I eficaz y máxima
 c) V eficaz en los bornes de la bobina
 d) Factor de potencia e) Potencias activa, reactiva y aparente.



Tenemos un circuito RLC en serie. Datos:

$$C = 20000 \mu\text{F} = 0,02 \text{ F}$$

$$L = 0,02 \text{ H}, R_L = 10 \Omega$$

$$R_1 = 25 \Omega$$

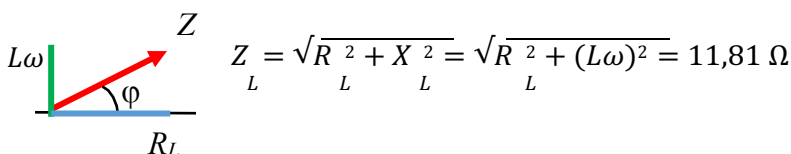
$$R_{\text{tot}} = R_1 + R_L = 35 \Omega$$

Generador

$$\nu = 50 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s} = 314,16 \text{ rad/s}$$

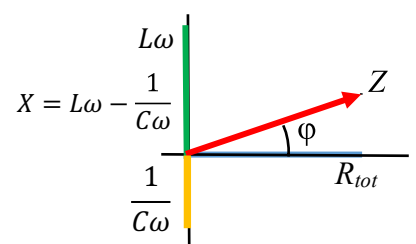
$$\varepsilon_e = 100 \text{ V}$$

a) Impedancia de la bobina (es un circuito RL)



Impedancia de todo el circuito RLC

$$Z = \sqrt{R_{\text{tot}}^2 + X^2} = \sqrt{R_{\text{tot}}^2 + \left(X_L - X_C\right)^2} = \sqrt{R_{\text{tot}}^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} = 35,53 \Omega$$



b) Calculamos la intensidad aplicando la ley de Ohm.
$$I_e = \frac{S_e}{Z} = \frac{100 \text{ V}}{35,53 \Omega} = 2,81 \text{ A}$$

El valor máximo $I_0 = I_e \cdot \sqrt{2} = 3,97 \text{ A}$

c) Aplicamos la ley de Ohm a la bobina $V_{Le} = I_e \cdot Z_L = 2,81 \text{ A} \cdot 11,81 \Omega = 33,19 \text{ V}$

d) Factor de potencia $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{35 \Omega}{35,53 \Omega} = 0,985$ inductivo

e) Potencias activa, reactiva y aparente:

La potencia activa $P = \varepsilon_e \cdot I_e \cdot \cos\varphi = 100 \text{ V} \cdot 2,81 \text{ A} \cdot 0,985 = 276,785 \text{ W}$

La potencia reactiva $Q = \varepsilon_e \cdot I_e \cdot \sin\varphi = 100 \text{ V} \cdot 2,81 \text{ A} \cdot 0,173 = 48,613 \text{ VAr}$

La potencia aparente $S = \varepsilon_e \cdot I_e = 100 \text{ V} \cdot 2,81 \text{ A} = 281 \text{ VA}$

15. Un alternador tiene entre sus bornes una $\varepsilon = 392 \cos(314 t)$ (V). Si el alternador se conecta a un electroimán, produciéndose una $I_e = 0,5 \text{ A}$, calcular la inductancia L del electroimán.

Datos: Generador: $\varepsilon_0 = 392 \text{ V} \rightarrow \varepsilon = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} = 277,19 \text{ V}$ $\omega = 314 \text{ rad/s}$

Calculamos la impedancia aplicando la ley de Ohm a los valores eficaces. $Z = \frac{S_e}{I_e} = \frac{277,19 \text{ V}}{0,5 \text{ A}} = 554,38 \Omega$

No nos dan información acerca de la resistencia del electroimán, así que supondremos que $R = 0 \Omega$, el circuito es puramente inductivo, y $Z = X_L = L \cdot \omega \rightarrow L = \frac{Z}{\omega} = \frac{554,38 \Omega}{314 \text{ rad/s}} = 1,77 \text{ H}$