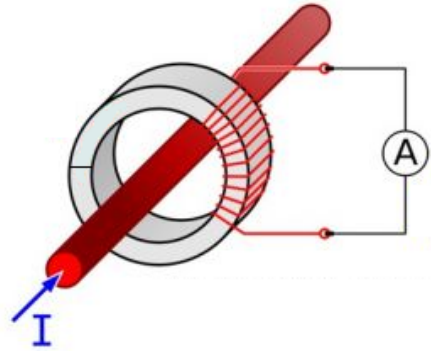


### Pregunta 1 (3 puntos)

- a) (2p) Una pinza amperimétrica es un instrumento usado para medir corriente alterna. Consiste en un núcleo ferromagnético, una bobina y un circuito de medición de corriente (el amperímetro A). Explique el principio de funcionamiento de este aparato, indicando por qué solo mide corriente alterna.
- b) (1p) ¿Qué sucedería si se usa un núcleo de material paramagnético?



### Solución

a) La pinza se coloca alrededor del cable cuya corriente  $I$  se desea medir. La corriente alterna del cable produce un campo magnético variable en la pinza, y en consecuencia un flujo magnético variable en la bobina. La variación de flujo magnético produce una fem inducida y corriente inducida en la bobina. Esta corriente es medida por el instrumento. Finalmente, esta corriente es proporcional a la corriente  $I$ , por lo que relacionando una con otra se puede determinar la corriente  $I$  en el instrumento.

b) Con un núcleo paramagnético el campo y flujo magnéticos en la bobina serían mucho menores, en consecuencia la fem y corriente inducida también lo serían. Por ello sería necesario que la medición de corriente inducida sea más precisa, y es posible que la corriente inducida sea demasiado baja como para poder obtener la corriente  $I$ .

### Rúbrica

a) Indica correctamente que la corriente  $I$  produce un flujo magnético variable en la bobina o la pinza. (0.5p)

Indica correctamente que el flujo variable produce una fem inducida y corriente inducida en la bobina. (0.5p)

Indica correctamente que la corriente inducida es medida en la pinza, y será proporcional a la corriente  $I$ . (0.5p)

Explica correctamente por qué solo funciona con corriente alterna. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

b) Indica correctamente que el flujo magnético sería mucho menor. (0.5p)

Indica correctamente que la corriente inducida sería mucho menor. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

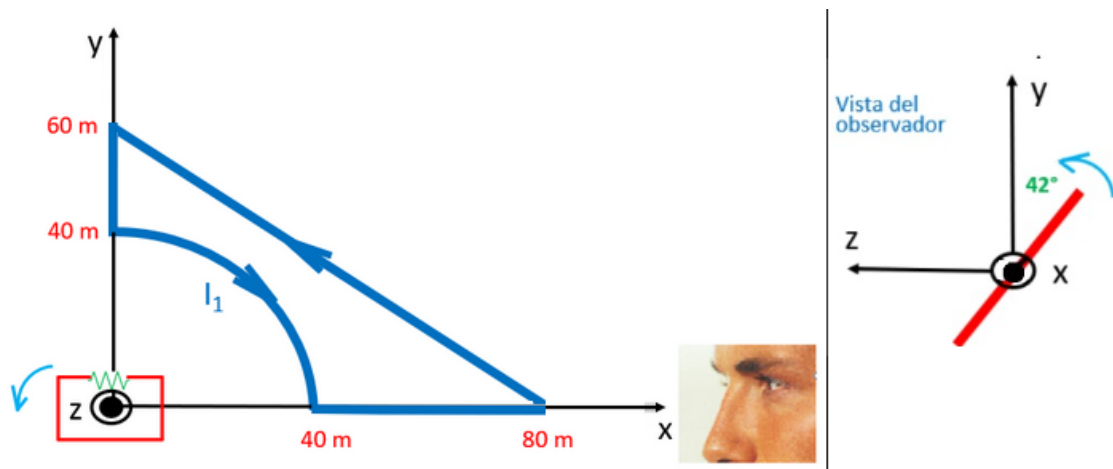
No hizo la pregunta. (0p)

### Pregunta 2 (5 puntos)

Una espira rectangular de  $15\ \Omega$ , de 5 cm de alto y 6 cm de largo gira con respecto al eje x con una rapidez angular de 3 vueltas por segundo. Además hay un circuito en el plano xy de corriente eléctrica  $I_1 = 200\text{ A}$ . Este circuito tiene 3 lados rectos y un lado con forma de arco de circunferencia (con centro en el origen).

En el instante  $t=0\text{ s}$  el plano de la espira rectangular forma un ángulo de  $42^\circ$  respecto al plano xy. Considere que el campo magnético a través de la espira es uniforme. Determine:

- (1,5p) El campo magnético total en el centro de la espira.
- (1p) El sentido de la corriente inducida en la espira un instante después de iniciar su movimiento.
- (1,5p) El flujo magnético a través de la espira en función del tiempo.
- (1p) La fem inducida en la espira en el instante  $t=0,02\text{ s}$ .



### Solución

a) La corriente  $I_1$  producirá el campo magnético  $\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2R} \left( \frac{1}{4} \right) (-\hat{k}) = \frac{2\pi \times 10^{-7} \times 200}{40 \times 4} \hat{k}$   
 $\vec{B}_1 = -7.85 \times 10^{-7} \hat{k}$

La corriente  $I_2$  producirá el campo magnético  $\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I_2}{4\pi r} (\sin 37^\circ + \sin 53^\circ) (\hat{k})$   
 $\vec{B}_2 = \frac{10^{-7} \times 200 \times 1.4}{48} = 5.83 \times 10^{-7} \hat{k}$

El campo magnético en el centro de la espira será:  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = -2.02 \times 10^{-7} \hat{k}$

b) En el instante mostrado el número de líneas en la espira está aumentando, por lo que el flujo magnético aumentará. Por tanto el campo magnético inducido en la espira se opone al campo externo, y la corriente inducida será antihoraria (vista desde el eje +z).

1

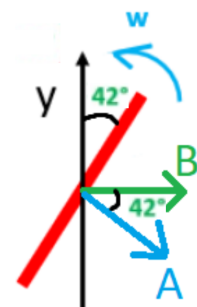
c) Planteamos la velocidad angular:

$$\omega = 2\pi \times 3 = 6\pi \text{ rad/s} = 18.8 \text{ rad/s}$$

Planteamos el ángulo que forman los vectores A y B:

$$\theta = -\omega t + \theta_0 = -18.8t + 42^\circ = -18.8t + 0.733$$

Planteamos el flujo magnético:



$$\phi = B A \cos \theta = 2.02 \times 10^{-7} \times 0.05 \times 0.06 \cos(-18.8t + 0.733)$$

$$\phi = 6.06 \times 10^{-10} \cos(-18.8t + 0.733) \text{ Wb}$$

d) Hallando la fem inducida:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -(-18.8) \times 6.06 \times 10^{-10} (-\sin(-18.8t + 0.733))$$

$$\varepsilon = -1.14 \times 10^{-8} \sin(-18.8t + 0.733)$$

En  $t = 0.02 \text{ s}$ :

$$\varepsilon = -1.14 \times 10^{-8} \sin(-18.8 \times 0.02 + 0.733) = -3.98 \times 10^{-9} \text{ V}$$

### Rúbrica

a) Determina correctamente el módulo del campo producido por el cable en forma de arco circular. (0.5p)

Determina correctamente el módulo del campo producido por el cable recto. (0.5p)

Determina correctamente el campo magnético neto. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

b) Identifica correctamente que el flujo magnético aumenta. (0.5p)

Determina correctamente el sentido de la corriente inducida, justificando. (0.5p)

La respuesta o justificación es incorrecta. (0p)

c) Determina correctamente el ángulo inicial formado por B y A. (0.5p)

Plantea correctamente el ángulo en función del tiempo. (0.5p)

Plantea y determina correctamente el flujo magnético. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

d) Deriva correctamente y plantea correctamente la fem inducida. (0.5p)

Halla correctamente la fem inducida en el tiempo pedido. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

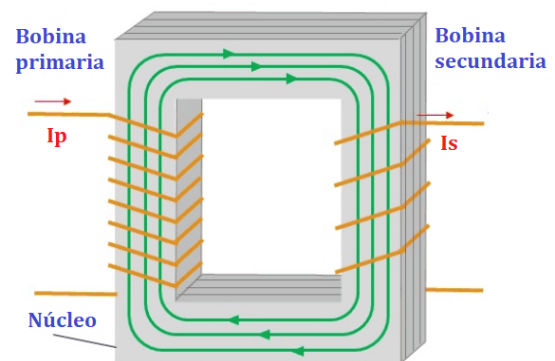
En contra: Falta de cálculo. (-0.5p)

En contra: Falta de unidades en todas las respuestas. (-0.5p)

### Pregunta 3 (3 puntos)

Con respecto a un transformador:

- a) (1p) Explique brevemente su principio de funcionamiento.
- b) (1p) ¿Qué tipo de curva de histéresis debe tener el núcleo? ¿Por qué?
- c) (1p) ¿Qué consecuencias tendría el uso de núcleo de hierro sólido en lugar de laminado?



### Solución

a) Se conecta una fuente de corriente alterna a la bobina primaria, lo cual produce un flujo magnético en el núcleo. Este a su vez genera una fem y una corriente inducida en la bobina secundaria..

b) Curva de histéresis angosta (material ferromagnético blando). Esto para reducir las pérdidas energéticas en el proceso de magnetización y desmagnetización en el núcleo..

c) En un núcleo sólido aumentarían las corrientes parásitas que se forman en su interior. En consecuencia aumentarían las pérdidas energéticas en forma de calor en el núcleo.

### Rúbrica

a) Indica correctamente que la corriente alterna produce un campo o flujo magnético variable. (0.5p)

Indica correctamente que se induce una fem o corriente en el lado secundario. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

b) Indica correctamente que la curva de histéresis debe ser angosta. (0.5p)

Explica correctamente por qué. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

c) Indica correctamente que en el núcleo sólido aumentan las corrientes parásitas. (0.5p)

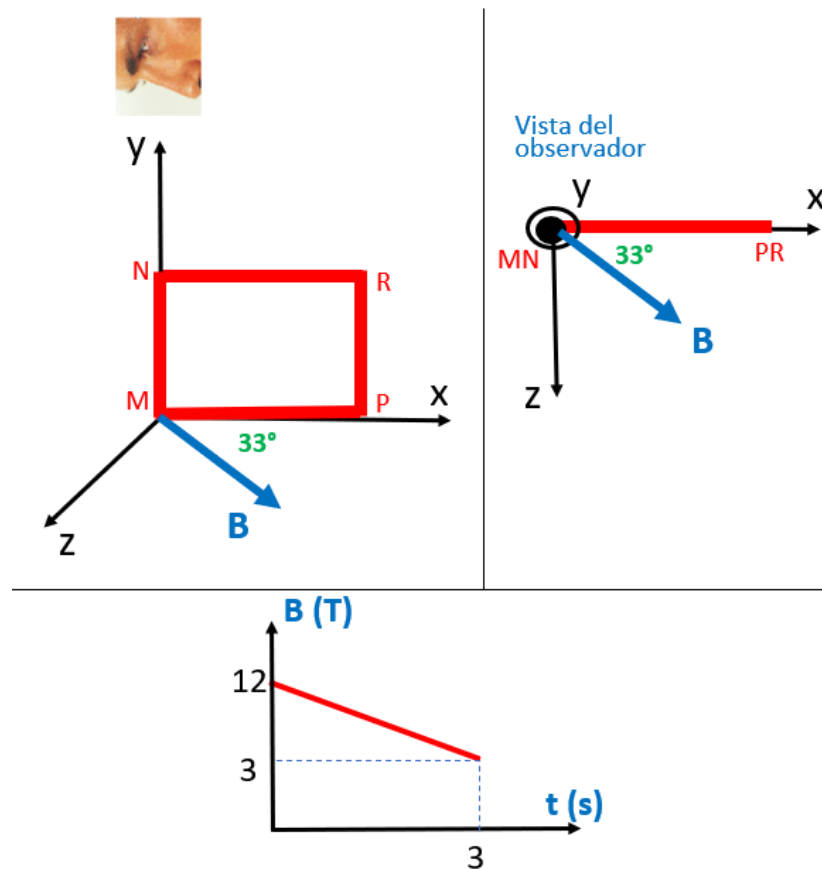
Indica correctamente que así aumentarían las pérdidas energéticas. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

#### Pregunta 4 (5 puntos)

Una espira de  $5\ \Omega$ , de 20 cm de largo y 14 cm de alto, ubicada en el plano xy, se encuentra dentro de un campo magnético uniforme y variable en el tiempo, de acuerdo a la gráfica mostrada. El campo forma un ángulo de  $33^\circ$  con el eje x. Determinar:

- (1,5p) El flujo magnético en  $t=0$  segundos.
- (1,5p) La corriente inducida en la espira en función del tiempo y en  $t=2$  segundos.
- (1,5p) El sentido de la corriente inducida.
- (1,5p) La fuerza magnética sobre el lado MN.
- (1p) El torque de la fuerza magnética sobre el lado MN (halle el torque respecto al lado PR).



#### Solución

a) Determinamos el flujo magnético:

$$\phi = B A \cos 22^\circ = (12 - 3t)(0.2 \times 0.14) \cos 57^\circ$$

$$\phi = (12 - 3t) 0.01525 = 0.183 - 0.0457 t$$

Evaluamos en  $t=0$ :  $\phi = 0.183\text{ Wb}$

b) Determinamos la fem inducida:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = 0.0457\text{ V}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.061}{5} = 9.15 \times 10^{-3}\text{ A}$$

La corriente será la misma para todo  $t$  en el intervalo de 0 a 3 segundos.

c) Dado que el campo magnético disminuye, el flujo magnético disminuye. Por tanto se inducirá un campo magnético a favor del campo externo  $B$ , apuntando en dirección del eje  $+z$ , perpendicular a la espira. Por regla de la mano derecha la corriente inducida será antihoraria (vista desde el punto de vista de la primera figura).

$$d) F = I L B \sin 90^\circ = (9.15 \times 10^{-3})(0.14)(12 - 3t)$$

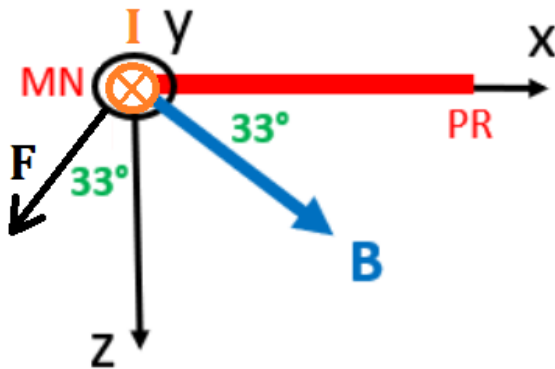
$$F = (0.0154 - 3.84 \times 10^{-3}t) \text{ N}$$

Hallamos el vector unitario de la fuerza:

$$\hat{u} = -\sin 33^\circ \hat{i} + \cos 33^\circ \hat{k} = -0.545 \hat{i} + 0.839 \hat{k}$$

El vector fuerza magnética será:

$$\vec{F} = F \hat{u} = (0.0154 - 3.84 \times 10^{-3}t)(-0.545 \hat{i} + 0.839 \hat{k})$$



e) Solo la componente de la fuerza en el eje  $z$  producirá torque.

$$\tau = F_x \times d = 0.839 \times (0.0154 - 3.84 \times 10^{-3}t) \times 0.2$$

$$\tau = 2.58 \times 10^{-3} - 6.45 \times 10^{-4}t \text{ N.m}$$

### Rúbrica

a) Determina correctamente el ángulo inicial formado por  $B$  y  $A$ . (0.5p)

Plantea correctamente el flujo magnético. (0.5p)

Determina correctamente el flujo magnético en  $t=0$ . (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

b) Determina correctamente la derivada del campo y flujo magnético en el tiempo. (0.5p)

(0.5p)

Plantea correctamente la fem inducida. (0.5p)

Determina correctamente la corriente inducida. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

c) Identifica correctamente que el flujo magnético disminuye. (0.5p)

Determina correctamente la dirección del campo inducido. (0.5p)

Determina correctamente el sentido de la corriente inducida. (0.5p)

La respuesta es incorrecta. (0p)

d) Plantea correctamente el módulo de la fuerza magnética. (0.5p)

Determina correctamente la dirección de la fuerza magnética. (1p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

Parcial: Indica correctamente la dirección de la fuerza magnética de forma gráfica, sin plantear el vector. (0.5p)

Parcial: Determina correctamente el vector fuerza magnética para un determinado instante de tiempo. (1p)

e) Determina correctamente el torque magnético pedido. (1p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

Parcial: Determina correctamente el torque magnético para un determinado instante de tiempo. (0.5p)

En contra: Error de cálculo. (-0.5p c/u)

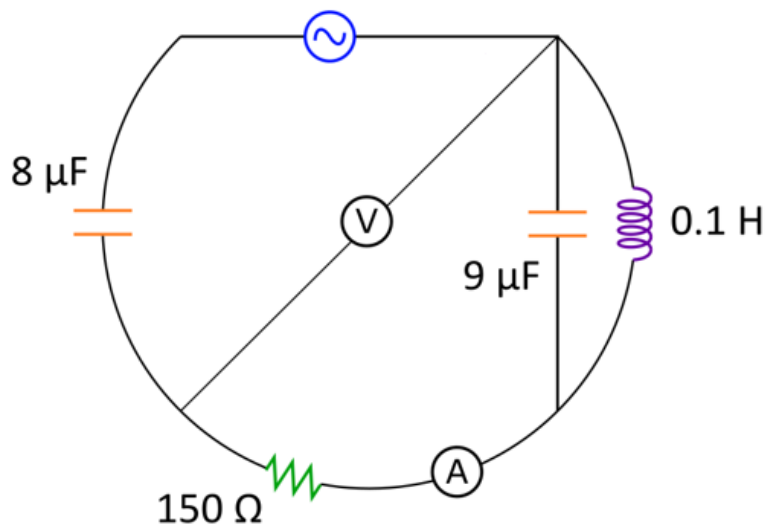
En contra: Falta de cálculo. (-0.5p)

No coloca unidades en ninguna de sus respuestas numéricas. (-0.5p)

### Pregunta 5 (4 puntos)

En el circuito mostrado, el voltímetro es ideal mientras que el amperímetro es real con una resistencia interna de  $10\ \Omega$ . Si se sabe que el voltaje en la resistencia de  $150\ \Omega$  es  $V_R(t) = 100 \cos(120t)$ , determine:

- a) (1,5p) La impedancia equivalente del circuito en  $\Omega$ .
- b) (1p) El voltaje pico de la fuente AC
- c) (1,5p) La lectura del voltímetro.



### Solución

a) Determinamos las reactancias:

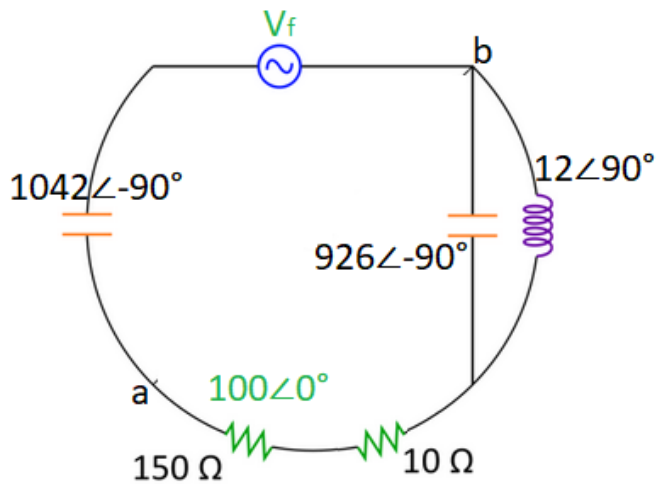
$$\omega = 120 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 120 \times 0.1 = 12\ \Omega$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1} = 1/(120 \times 8 \times 10^{-6}) = 1042\ \Omega$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2} = 1/(120 \times 9 \times 10^{-6}) = 926\ \Omega$$

Reemplazamos los instrumentos en el circuito:



Asociamos la inductancia y capacitancia en paralelo:

$$Z_1 = \left( (926 \angle -90^\circ)^{-1} + (12 \angle 90^\circ)^{-1} \right)^{-1} = 12.2 \angle 90^\circ$$

Asociamos las impedancias restantes en serie:

$$Z_{eq} = 1042 \angle -90^\circ + 150 + 10 + Z_1 = 1042 \angle -81.2^\circ \Omega$$

b) La corriente en el circuito será:  $I_1 = 100 \angle 0^\circ / 150 = 0.667 \angle 0^\circ A$

El voltaje de la fuente:  $V_f = I_1 Z_{eq} = 695 \angle -81.2^\circ V$

El voltaje pico de la fuente será 695 V.

c) El voltímetro medirá el voltaje entre los nodos a y b:

$$V_{ab} = I_1 (150 + 10 + Z_1)$$

También se puede expresar como:

$$V_{ab} = V_f - I_1 (1042 \angle -90^\circ)$$

$$V_{ab} = 107 \angle 4.36^\circ V$$

La lectura del voltímetro será:  $v_{rms} = 107 / \sqrt{2} = 75.6 V$

### Rúbrica

a) Determina correctamente las reactancias inductiva y capacitiva. (0.5p)

Realiza correctamente la primera reducción, hallando la impedancia en paralelo. (0.5p)

Determina correctamente la impedancia equivalente. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

Parcial: Identifica correctamente las conexiones en serie y paralelo, con error o falta de cálculo. (0.5p)

b) Determina correctamente el fasor de corriente. (0.5p)

Determina correctamente el voltaje pico de la fuente. (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

c) Determina correctamente el fasor voltaje en el voltímetro. (1p)

Determina correctamente la lectura del voltímetro (valor rms). (0.5p)

El procedimiento es incorrecto. (0p)

Parcial: Procedimiento parcialmente correcto al plantear el voltaje en el voltímetro. (0.5p)

En contra: Error de cálculo. (-0.5p c/u)

No coloca unidades en ninguna de sus respuestas numéricas. (-0.5p)