Cuadernos de COU y
Selectividad

FISICA

7

Corriente alterna

J. J. LOZANO LUCEA y J. L. VIGATÁ CAMPO

Alhambra Longman

Cuadernos de COU y
Selectividad

J. J. Lozano Lucea
J. L. Vigatá Campo

7

Corriente alterna

FÍSICA

Alhambra Longman

Producción editorial:
Dirección: José Luis Ferrer
Coordinación: Óscar García
Diseño: Gentil Andrade

ISBN 84-205-2150-7

Depósito legal: M. 20.876-1992

Impreso en España - Printed in Spain

Gráficas Rógar, S. A. - León, 44. Pol. Ind. Cobo Calleja - Fuenlabrada (Madrid)

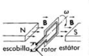
Contenido

Conocimientos previos

Electromagnetismo (I Principio).
Acción de un campo magnético sobre una carga en movimiento.
Acción de un campo magnético sobre un circuito plano recorrido por una corriente de intensidad I.
Electromagnetismo (II Principio).
Campo creado por una carga en movimiento.
Campo creado por un conductor lineal recorrido por una corriente continua de intensidad I.
Acciones mutuas entre corrientes rectilíneas paralelas.
Flujo magnético.
Inducción electromagnética.
Ley de Faraday y Ley de Lenz.
Coeficiente de autoinducción.

Recordatorio

Fundamento de los alternadores



Esquema de un alternador

Los *alternadores* son dispositivos en los que se produce corriente eléctrica haciendo girar, con velocidad angular constante, un conjunto de espiras, arrolladas sobre un núcleo de hierro, en el seno de un campo magnético de intensidad constante.

A la corriente que se induce en un alternador, y que para cada semivuelta del rotor cambia de sentido, se le llama *corriente alterna*.

En el alternador, el colector está constituido por anillos solidarios con las espiras, y al girar no se permuta el contacto con las escobillas. La corriente alterna obtenida del modo descrito presenta una f.e.m. que varía sinusoidalmente con el tiempo, de modo que la f.e.m. inducida valdrá en cualquier instante

$$\varepsilon = nBS\omega \text{sen}\omega t$$

y el valor máximo será

$$\varepsilon_0 = nBS\omega$$

Valores instantáneos, máximos y eficaces de una función periódica

Dada una función sinusoidal del tipo

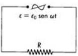
$$\Sigma = \Sigma_0 \text{ sen}\omega t$$

el valor que toma esta función en cada instante, y que varía al variar t, se conoce como valor instantáneo. Al representar este valor instantáneo en función de t, obtenemos una curva del tipo representado en la figura.

Esta función presenta unos valores máximos y mínimos, Σ_0 y $-\Sigma_0$, correspondientes a sen$\omega t = 1$ ó -1.

Denominamos valor eficaz, Σ_e, de una función sinusoidal Σ a

$$\Sigma_e = \frac{\Sigma_0}{\sqrt{2}}$$



Relación entre la f.e.m. inducida y la intensidad de la corriente que circula, en un circuito que presenta únicamente resistencia óhmica pura

Una resistencia óhmica sólo tiene un efecto en el circuito, y es provocar una caída de tensión:

$$\varepsilon = I.R$$

Si la f.e.m. que aplicamos vale

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \operatorname{sen}\omega t$$

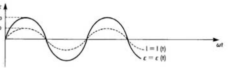
igualando las expresiones anteriores llegamos a

$$I.R = \varepsilon_0 \operatorname{sen}\omega t$$

es decir, la corriente inducida tendrá como intensidad

$$I = \frac{\varepsilon_0}{R} \operatorname{sen}\omega t$$

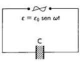
Si representamos ambas funciones, veremos que sus valores están en *concordancia de fase.*



El valor máximo para la intensidad, I_0, se alcanza cuando $\operatorname{sen}\omega t = 1$, y entonces

$$I_0 = \varepsilon_0 / R$$

La representación de ambas funciones utilizando un diagrama de Fresnel se muestra en la figura.



Efecto de un condensador en un circuito de corriente alterna

Supongamos un circuito como el de la figura y aplicada al mismo en bornes una f.e.m. de valor

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \operatorname{sen}\omega t$$

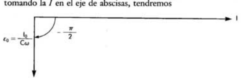
Esta f.e.m. irá cargando en un semiperiodo las placas del condensador y descargándolas en el semiperiodo siguiente, lo que determina que en el circuito aparezca una corriente de intensidad

$$I = C \cdot \varepsilon_0 \cdot \omega \operatorname{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

El valor máximo para la intensidad será

$$I_0 = C \cdot \varepsilon_0 \omega$$

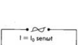
Si representamos los valores de ε y de I en diagrama de Fresnel, tomando la I en el eje de abscisas, tendremos



Como vemos, la intensidad está adelantada 90° respecto de la f.e.m. Así pues, un condensador produce dos efectos: crear una f.e.m. inducida y crear un desfasaje de 90° entre las funciones sinusoidales de I y de ε.

Efecto de una autoinducción pura en un circuito de corriente alterna

Supongamos un circuito como el de la figura, por el que circula una corriente de intensidad



$$I = I_0 \operatorname{sen}\omega t$$

Sabemos que si, en un arrollamiento de coeficiente de autoinducción L, varía la intensidad, se produce una f.e.m. de valor

$$\varepsilon = L\,\frac{dI}{dt}$$

Vemos, pues, que aparece una f.e.m. consecuencia de esta variación de I cuyo valor es

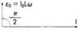
$$\varepsilon = -L\,I_0\,\omega\ \text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Por tanto, el alternador debe proporcionar una f.e.m. igual a ésta, pero de sentido opuesto

$$\varepsilon_{\text{alternador}} = -\ \varepsilon = L\,I_0\,\omega\ \text{sen}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

El valor máximo de la f.e.m. valdrá

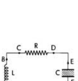
$$\varepsilon_0 = L\,I_0\,\omega$$



Si representamos ambas funciones sinusoidales ε e I utilizando un diagrama de Fresnel, encontramos un desfasaje de 90°, pero en este caso la ε está adelantada con respecto a la I.

Una autoinducción crea también, pues, dos efectos: una caída de potencial, de valor máximo ε_0, y un adelanto de 90° de la f.e.m. con respecto a la intensidad.

Circuito completo en serie de R, L y C.
Ley de Ohm en corriente alterna

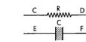


Cuando a un circuito que tenga resistencia óhmica, R, autoinducción, L, y capacidad, C, le aplicamos una f.e.m. del tipo

$$\varepsilon = \varepsilon_o\ \text{sen}\ \omega t$$

la suma de los valores máximos de las diferencias de potencial creados en la R, la L y la C no coinciden con el valor máximo ε_0 y esto se debe a que L y C producen desfasajes entre los valores de I y de ε, y como son funciones sinusoidales, la suma algebraica de sus valores no coincide con el valor total.

Los valores máximos de la f.e.m. inducida en cada tramo son

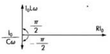


$V_A - V_B = \varepsilon_0$ (autoinducción) $= I_0 L\omega$

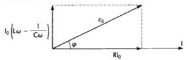
$V_C - V_D = \varepsilon_0$ (resistencia) $= R\, I_0$

$V_E - V_F = \varepsilon_0$ (condensador) $= I_0 \dfrac{1}{C\omega}$

y al hacer la representación de Fresnel tendremos



Sumando los vectores



y hallando el módulo del vector resultante ε_0 y despejando I, llegamos a

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \dfrac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

expresión conocida como Ley de Ohm en corriente alterna. El denominador de la ecuación tiene las dimensiones de una resistencia y se conoce como *impedancia del circuito*, Z,

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

y, por lo tanto,

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{Z}$$

En el interior de la raíz que utilizamos para definir la impedancia aparecen dos términos de segundo grado, la resistencia óhmica, R, y la *reactancia* X, que viene dada por

$$X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$$

Al producto, $L\omega$, se le conoce como *reactancia inductiva o inductancia* y al valor $1/C\omega$ como *reactancia capacitiva o capacitancia.*

En los circuitos de corriente alterna tiene interés, en muchas ocasiones, el cálculo del ángulo de desfasaje, φ. Para su cálculo hallaremos cos φ o tg φ en el diagrama de la figura anterior, de donde obtendremos

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_0 \left(L\omega - \dfrac{1}{C\omega} \right)}{I_0 R} = \frac{L\omega - \dfrac{1}{C\omega}}{R} = \frac{X}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{I_0 R}{I_0 Z} = \frac{R}{Z}$$

Potencia consumida en un circuito al paso de una corriente alterna

En un circuito de corriente alterna en el que puede haber R, L y C, los valores instantáneos de ε y de I no suelen estar en fase. Sean

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \operatorname{sen} (\omega t + \varphi)$$
$$I = I_0 \operatorname{sen} \omega t$$

Si queremos calcular la potencia instantánea, sólo tendríamos que multiplicar ambos valores:

$$P_{\text{inst}} = \varepsilon \cdot I$$

Si pretendemos calcular la potencia media consumida en un intervalo de tiempo, t, deberemos calcular el trabajo desarrollado en este intervalo y dividirlo por el tiempo empleado:

$$W_{\text{medio}} = \int_0^t \varepsilon \, I \, dt$$

$$P_{\text{media}} = \int_0^t \frac{W_{\text{medio}}}{t} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \, I_0 \cos\varphi = \varepsilon_e \, I_e \cos\varphi$$

Al valor cos φ se le conoce como *factor de potencia.* Si $\cos\varphi = 1$, significa que el circuito presenta únicamente resistencias óhmicas, y entonces la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva son iguales y decimos que el circuito está en resonancia.

$$\boxed{L\omega = \frac{1}{C\omega}}$$ *Circuito resonante*

Transformadores de alta y de baja

Transformador de baja

Transformador de alta

Llamamos transformador a un dispositivo capaz de modificar la tensión de una corriente alterna. Los transformadores se utilizan para reducir las pérdidas por disipación en el transporte de la energía eléctrica. Para una potencia transportada dada, la manera más eficaz de reducir la intensidad de la corriente consiste en transportarla bajo una diferencia de potencial más elevada.

Los transformadores están constituidos por dos arrollamientos (denominados primario y secundario) en torno a un núcleo anular formado por placas de hierro dulce unidas unas a otras y con un aislante intermedio para evitar pérdidas de energía en el entrehierro.

En el primario, al circular una corriente alterna, se genera una variación de flujo alterna y a consecuencia de ello en el secundario se genera otra corriente alterna inducida por el núcleo de hierro que se ha comportado como un electroimán. De modo que

$$\text{primario} \quad \varepsilon_1 = n_1 \frac{d\Phi_1}{dt}$$

$$\text{secundario} \quad \varepsilon_2 = n_2 \frac{d\Phi_2}{dt}$$

y como debe cumplirse que

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{d\Phi_2}{dt}$$

porque ambos arrollamientos están sobre el mismo núcleo de hierro, se cumplirá

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Hay que tener en cuenta que debe cumplirse el principio de conservación de la energía y, por lo tanto, de la potencia, y si aplicamos una potencia en el primario $I_1\varepsilon_1$ debe aparecer una potencia igual en el secundario $I_2\varepsilon_2$.

$$I_1\varepsilon_1 = I_2\varepsilon_2$$

Esto es cierto si no hubiese pérdidas por efecto Joule en los arrollamientos, pero como siempre existen se cumplirá:

$$\boxed{\text{Energía}_{\text{primario}} = \text{Energía}_{\text{secundario}} + \text{Energía}_{\text{efecto Joule}}}$$

En los transformadores de alta se eleva la tensión para poder transportar la corriente minimizando las pérdidas energéticas. Cuando la corriente llega al lugar donde se ha de utilizar la energía eléctrica, se procede a reducir la tensión, mediante un transformador de baja, hasta los valores usuales de consumo.

Cuestiones

En todos los casos supondremos que los campos magnéticos que actúan son homogéneos y uniformes.

1. Un solenoide y un imán siempre se atraen, independientemente de su orientación relativa. V F
2. Un electrón y un protón que se mueven con velocidades iguales dentro del mismo campo magnético, describen iguales trayectorias. V F
3. Si un electrón y un protón describen la misma trayectoria circular en el seno de un campo magnético, el movimiento del electrón presenta mayor frecuencia. V F
4. La fuerza que actúa sobre la carga en movimiento es la que se indica en la figura 1. V F

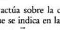


Fig. 1

5. La fuerza que actúa sobre la carga en movimiento es la que se indica en la figura 2. V F

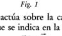


Fig. 2

6. La fuerza que actúa sobre la carga en movimiento es la que se indica en la figura 3. V F

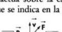


Fig. 3

7. La fuerza que actúa sobre la carga en movimiento es la que se indica en la figura 4. V F

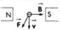


Fig. 4

8. Si a lo largo de una espira situada en un campo magnético circula corriente, el momento del par de fuerzas a que se ve sometida la espira es máximo cuando los vectores $\vec{S}$ y $\vec{B}$ tienen la misma dirección. V F

9. Si a lo largo de una espira situada en un campo magnético no circula corriente, el momento del par de fuerzas que actúa sobre la espira cuando los vectores $\vec{S}$ y $\vec{B}$ tienen la misma dirección es nulo. V F

10. Si una espira gira con velocidad angular constante en el seno de un campo magnético, la f.e.m. inducida es máxima cuando el flujo a través de la espira es máximo. V F

11. El valor del coeficiente de autoinducción para un solenoide toroidal es independiente del número de espiras del mismo. V F

12. En las alas de un avión comercial que vuela con rumbo *N* se generan corrientes inducidas. V F

13. Cuando un satélite artificial metálico orbita a la Tierra se generan en el mismo corrientes inducidas. V F

14. Sólo se pueden generar corrientes inducidas cuando se mueve el conductor o el campo magnético. V F

15. Al abrir un circuito que presente arrollamientos, se produce una chispa en el interruptor. V F

16. En caso de producirse extracorrientes de apertura, y a igualdad de tensión, la chispa que se produce es tanto más intensa cuando menor sea el consumo eléctrico del circuito considerado. V F

17. Al abrir un circuito constituido por tres bombillas conectadas en serie no debe saltar chispa. V F

18. La unidad de coeficiente de autoinducción es el henrio, que vale 1 Ω/s. V F

19. La expresión $\frac{d\Phi}{dt}$ tiene las dimensiones de un potencial eléctrico. V F

20. La intensidad instantánea, en un circuito en serie de corriente alterna y para un momento determinado cualquiera, tiene el mismo valor en todos los puntos del circuito. V F

21. La impedancia, Z, de un circuito de corriente alterna relaciona los valores instantáneos de la f.e.m. y de la intensidad. V F

22. La suma algebraica de las f.e.m. para las distintas partes de un circuito en serie corriente alterna, da la f.e.m. total del circuito. V F

23. Un condensador ofrece poca dificultad al paso de una corriente alterna de elevada pulsación y mucha dificultad al paso de una corriente alterna de baja pulsación. V F

24. Un circuito de corriente alterna que tenga como único elemento un condensador no consume potencia al paso de la corriente. V F

25. Un transformador con el circuito del secundario abierto consume potencia. V F

26. Las corrientes alternas sinusoidales tienen siempre una frecuencia de 50 Hz. V F

27. La intensidad eficaz máxima de una corriente alterna se obtiene en el caso de que la reactancia sea nula. V F

28. El término *intensidad dewatada* se refiere al valor de la componente de la intensidad en cuadratura con la f.e.m. V F

29. Al conectar un hilo metálico a una fuente de alimentación de corriente alterna, de pulsación determinada, obtendremos una menor intensidad de corriente si el hilo está arrollado helicoidalmente que si está sin arrollar. V F

30. A las corrientes alternas se las puede denominar corrientes sinusoidales. V F

31. La corriente en un circuito resonante debe ser de baja frecuencia. V F

32. La corriente continua es una forma más ventajosa de transporte y utilización de energía eléctrica que la corrienta alterna. V F

33. En un circuito con inductancia pura (sin resistencia óhmica en la bobina) no hay consumo de potencia al paso de la corriente. V F

34. La relación que existe entre la reactancia de un circuito y la resistencia es sólo función del factor de potencia. V F

Soluciones a las cuestiones propuestas

1	F	10	F	19	V	28	V
2	F	11	F	20	V	29	V
3	V	12	V	21	F	30	F
4	V	13	V	22	F	31	F
5	V	14	F	23	V	32	F
6	F	15	V	24	V	33	V
7	V	16	F	25	F	34	V
8	V	17	V	26	F		
9	V	18	F	27	V		

Ejercicios resueltos

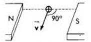


Fig. 5

1. Un protón es lanzado con velocidad de 2.10^5 km/s al interior de un campo magnético de intensidad 4 T, como indica la figura 5.

Calcular la fuerza a que se ve sometido.

(Carga del protón $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.)

Resolución

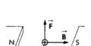


Fig. 6

Hagamos un esquema en el que veamos la dirección y sentido de la fuerza (fig. 6).

Calculemos el módulo del vector fuerza:

$$|\vec{F}| = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\,(\vec{v}, \vec{B})$$

$$|\vec{F}| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\, C \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \cdot 4\, T \cdot \text{sen } 90°$$

$$|\vec{F}| = \mathbf{12{,}8 \cdot 10^{-11}\ N}$$

2. Un electrón y un protón penetran en el interior de un campo magnético de intensidad 10^{-2} Wb/m² en dirección perpendicular a las líneas de fuerza del campo y a la velocidad de 10^8 m/s cada uno. Hallar el radio de la trayectoria que describen.

Datos: Masa del electrón $= 9 \cdot 10^{-31}$ Kg
Masa del protón $= 1.840\ m^e$
Carga del electrón = Carga del protón $= 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

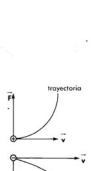


Fig. 7

Resolución

Si suponemos en este caso que el campo magnético es perpendicular al papel y dirigido hacia dentro, las partículas siguen las trayectorias que podemos ver en la figura 7.

Para cada partícula se cumple que la fuerza a que está sometida es perpendicular a la trayectoria y, por lo tanto, tomará un movimiento circular, pues la fuerza magnética actúa como fuerza normal.

$$|\vec{F}_{mag}| = |\vec{F}_{normal}|$$

y por lo tanto

$$q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } 90° = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Simplificando y despejando R

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

Para el caso del electrón, la trayectoria tendría un radio de

$$\boldsymbol{R}_e = \frac{9 \cdot 10^{-31} \text{ Kg} \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\, C \cdot 10^{-2}\, T} = \mathbf{5{,}625 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

y para el caso del protón

$$\boldsymbol{R}_p = \frac{1840 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \text{ Kg} \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\, C \cdot 10^{-2}\, T} = \mathbf{103{,}5 \text{ m}}$$

3. Un trozo de hilo conductor de 9,8 cm de longitud, p
el que circula una corriente continua de 1 A, se halla sometid
la acción de un campo magnético de 10^{-2} T, de dirección perpe
dicular al hilo. Calcular la fuerza que sobre él ejerce el camp

Resolución

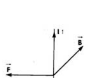


Fig. 8

La fuerza que actúa sobre el hilo debida al campo, en
supuesto de que el campo sea constante en todo el hilo, vale

$$\vec{dF} = I \cdot \vec{dl} \times \vec{B}$$

cuyo módulo vale

$$|\vec{dF}| = I \cdot dl \cdot B \cdot \text{sen } (\vec{dl}, \vec{B}) = I \cdot dl \cdot B$$

y si integramos este valor a lo largo de todo el hilo

$$|\vec{F}| = B \cdot I \cdot l = 10^{-2}\, T \cdot 1 \text{ A} \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-2} \text{ m} = \mathbf{9{,}8 \cdot 10^{-4}}$$

4. En el supuesto de que el hilo conductor del problema anterior estuviese situado en el eje de abscisas y que, recorrido por la misma intensidad en el sentido positivo de las X, se halle sometido a un campo magnético de valor

$$\vec{B} = 3 \cdot 10^{-2}\,\vec{i} + 4 \cdot 10^{-2}\,\vec{j} \qquad \text{(SI)}$$

hallar la fuerza a que se verá sometido el hilo.

Resolución

En este caso debemos hallar el valor de $\vec{F}$, teniendo en cuenta el producto vectorial $\vec{l} \times \vec{B}$; así se cumplirá

$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B} = 1\text{ A}\,(9{,}8\,\vec{i}) \times (3 \cdot 10^{-2}\,\vec{i} + 4 \cdot 10^{-2}\,\vec{j}) \quad \text{(SI)}$$

de donde

$$\vec{F} = 0{,}392\,\vec{k}$$

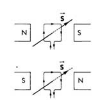


Fig. 9

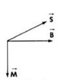
5. Las espiras de la figura 9 tienen una superficie de 20 cm² y por ellas circula una intensidad de 5 A. Si el campo magnético a que se hallan sometidas es de módulo $2 \cdot 10^{-2}\,T$ en cada caso y de las direcciones indicadas en la figura, hallar:

a) Sentido del vector $\vec{M}$ que actúa sobre la espira en cada caso.

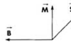
b) Valor del momento del par de fuerzas que provoca el giro.

Resolución

a) Dibujemos la dirección y el sentido de los vectores $\vec{S}$ y $\vec{B}$ respectivamente y hallemos el vector $\vec{M} = I \cdot \vec{S} \times \vec{B}$.



(A)



(B)

b) Calculemos el módulo del vector $\vec{M}$ en cada caso.

(A) $|\vec{M}| = 5 \text{ A} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}\ T \cdot \text{sen } 90° =$
$= \mathbf{2 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}}$

(B) $|\vec{M}| = \mathbf{2 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}}$

6. Un solenoide formado por 2.500 espiras está sometido a la acción de un campo magnético de intensidad $|\vec{B}| = 20\ T$, que actúa en dirección perpendicular al eje de solenoide. Las espiras son circulares y de 0,1 m de radio y están recorridas por una intensidad de 100 A. Calcular:

a) Momento magnético de cada espira.

b) Momento magnético del solenoide.

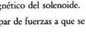
c) Momento del par de fuerzas a que se ve sometido el solenoide.

Resolución

Hagamos un esquema para cada caso:

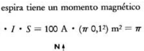
a) Cada espira tiene un momento magnético

$$N = 1 \cdot I \cdot S = 100 \text{ A} \cdot (\pi\, 0{,}1^2) \text{ m}^2 = \boldsymbol{\pi} \textbf{ A} \cdot \textbf{m}^2$$



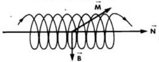
b) El momento magnético del solenoide sería

$$N = n \cdot I \cdot S = \mathbf{2500 \cdot \boldsymbol{\pi} \text{ A} \cdot \text{m}^2}$$



c) El momento del par a que se ve sometido el solenoide según vemos en el esquema valdrá en módulo

$$|\vec{\mathbf{M}}| = |\vec{\mathbf{N}} \times \vec{\mathbf{B}}| = N \cdot B \cdot \text{sen}\ \alpha = 2500\ \pi\ \text{A} \cdot \text{m}^2 \cdot 20\ T =$$
$$= 5 \cdot 10^4\ \pi\ \text{N} \cdot \text{m}$$



7. Hallar la ecuación dimensional de μ (permeabilidad magnética) y su unidad de medida en el SI.

Resolución

- Partiendo de la expresión del módulo de $\vec{\mathbf{B}}$

$$|\vec{\mathbf{B}}| = \frac{\mu}{4\pi}\ \frac{q \cdot v \cdot \text{sen}\ \theta}{r^2}$$

despejamos μ

$$[\mu] = \frac{[4\ \pi\ r^2 \cdot B]}{[q \cdot v \cdot \text{sen}\ \theta]} = \frac{L^2 \cdot M \cdot A^{-1} \cdot T^{-2}}{A \cdot T \cdot L \cdot T^{-1}} =$$

$$= \mathbf{M} \cdot \mathbf{L} \cdot \mathbf{A}^{-2} \cdot \mathbf{T}^{-2}$$

y su unidad de medida será

$$\mu = \frac{\text{m}^2 \cdot \dfrac{N}{A \cdot m}}{A \cdot s \cdot \text{m/s}} = \frac{\mathbf{N}}{\mathbf{A}^2}$$

8. Una carga de $4 \cdot 10^{-5}$ C se mueve en el vacío con una velocidad de $10^5\ \text{ms}^{-1}$. Calcular la intensidad del campo magnético creado por la carga en un punto situado a 4 cm de la carga, de modo que la recta de unión entre la posición del punto y la posición que ocupa la carga forma un ángulo de 30° con la dirección del vector velocidad.

Resolución

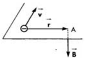


Fig. 10

Hagamos un esquema (fig. 10). El sentido del vector $\vec{B}$ nos lo da el valor del producto vectorial $\vec{v} \times \vec{r}$, y su módulo vale

$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi} \; \frac{q \cdot v \cdot \text{sen } 30°}{r^2}$$

$$|\vec{B}| = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi} \; \frac{4 \cdot 10^{-5}\,\text{C} \cdot 10^5\,\text{m/s} \cdot 0{,}5}{(4 \cdot 10^{-2})^2\,\text{m}^2} = \mathbf{125 \cdot 10^{-6}\,T}$$

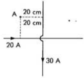


Fig. 11

9. Calcular el valor de la intensidad de campo magnético $\vec{B}$, en el punto *A*, que está situado a 20 cm de cada uno de los dos conductores coplanarios indicados en la figura 11, por los que circulan respectivamente 20 y 30 A.

Resolución

Hagamos un esquema en que representemos los vectores $\vec{B_1}$ y $\vec{B_2}$ creados por las dos corrientes en el punto *A* (fig. 12).

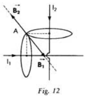


Fig. 12

Como vemos, los vectores $\vec{B_1}$ y $\vec{B_2}$ son opuestos y tendremos que componerlos para hallar el vector resultante.

Calculemos, previamente, los módulos de $\vec{B_1}$ y de $\vec{B_2}$.

$$|\vec{B_1}| = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{N/A}^2 \cdot 20\,\text{A}}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^{-2}\,\text{m}} = 2 \cdot 10^{-5}\,T$$

$$|\vec{B_2}| = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}\,\text{N/A}^2 \cdot 30\,\text{A}}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^{-2}\,\text{m}} = 3 \cdot 10^{-5}\,T$$

Por lo tanto, al ser $\vec{B_1}$ y $\vec{B_2}$ vectores opuestos

$$|\vec{B}| = 3 \cdot 10^{-5}\,T - 2 \cdot 10^{-5}\,T = \mathbf{1 \cdot 10^{-5}}\,T$$

y el vector $\vec{B}$ será perpendicular en el punto considerado al plano que determinan los dos conductores y tendrá el mismo sentido que el vector $\vec{B_2}$.

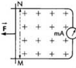


Fig. 13

Nota: Las cruces dibujadas sobre la espira indican que actúa un campo magnético perpendicular al papel y dirigido hacia su interior.

10. Calcular la f.e.m. inducida creada en el circuito de la figura 13 por acción del campo magnético constante de intensidad $\vec{B}$ y perpendicular al plano que contiene al circuito, cuando el conductor MN se desplaza de derecha a izquierda con velocidad constante.

Resolución

Al desplazarse el conductor varía la superficie de la espira, y por lo tanto el flujo a través de la misma, con lo que se induce una corriente que recorre al conductor.

Para poder mover el conductor con velocidad constante, hace falta realizar una fuerza que equilibre a la que ahora ejercerá el campo sobre el conductor recorrido por la corriente inducida, y al desplazarse el conductor bajo la acción de la fuerza que ejercemos se efectúa un trabajo.

Sobre el fragmento de conductor de longitud l recorrido por una corriente inducida de intensidad I, el campo magnético ejercerá una fuerza cuyo módulo vale

$$|\vec{F}| = I \cdot l \cdot B$$

y cuya dirección y sentido son los indicados en la figura 13.

Si desplazamos el conductor a la velocidad v, el espacio recorrido en un tiempo dt será

$$dx = v \cdot dt$$

y el trabajo realizado en este tiempo

$$dW = F \cdot dx = (I \cdot l \cdot B) \cdot (v \cdot dt)$$

Si por el conductor debe circular una corriente de intensidad I hace falta una potencia para generar la correspondiente f.e.m. La potencia valdrá

$$P = \frac{dW}{dt} = I \cdot l \cdot B \cdot v$$

y la f.e.m.

$$\varepsilon = \frac{P}{I} = \boldsymbol{l} \cdot \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{v}$$

que nos da el valor de la f.e.m. inducida en el circuito al desplazarse el conductor en el interior del campo magnético.

11. Calcular la variación del flujo magnético que provoca el conductor MN de la figura anterior al desplazarse una distancia dx.

Resolución

Como al desplazarse el conductor una distancia dx, según se indica, la superficie de la espira se incrementará en $l \cdot dx$, podremos poner

$$\mathbf{d\Phi} = B \cdot dS = B \cdot (l \cdot dx) = \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{l} \cdot \boldsymbol{v} \cdot \boldsymbol{dt}$$

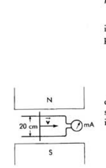


Fig. 14

12. Entre los polos de un imán existe un campo magnético de 0,5 T de intensidad constante en todos sus puntos, y en su seno se desplaza un hilo conductor de 20 cm de longitud, como indica la figura 14, a la velocidad constante de 0,8 m/s. Hallar:

a) La f.e.m. inducida.

b) Si esta f.e.m. se ha inducido en un tiempo de 10 s, ¿cuál ha sido la variación de flujo en el circuito?

Resolución

a) Según hemos visto, la f.e.m. inducida vale

$$\varepsilon = v \cdot l \cdot B = 0{,}8 \text{ m/s} \cdot 0{,}2 \text{ m} \cdot 0{,}5 \text{ T} = \mathbf{0{,}08 \text{ V}}$$

b) Si de la expresión de la Ley de Faraday despejamos el flujo $d\Phi$ tendremos

$$d\Phi = -\varepsilon \cdot dt$$

ecuación que podemos integrar para el intervalo de tiempo considerado.

$$\int d\Phi = \int -\varepsilon \cdot dt$$

$$\int_{\Phi_0}^{\Phi_1} d\Phi = -\varepsilon \int_{t_0}^{t_1} dt = -\varepsilon \cdot (t_1 - t_0) = -0{,}08 \text{ V} \cdot 10 \text{ s} =$$
$$= -0{,}8 \text{ Wb}$$

13. Hallar el valor de la f.e.m. que se induce en una espira circular de 0,5 m de diámetro al variar el campo magnético que la atraviesa desde un valor nulo hasta el de 1 T, en toda la superficie y perpendicularmente a ella, en 0,025 s.

Resolución

Sabemos que

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-(\Phi - \Phi_0)}{\Delta t} = \frac{-B \cdot S + B_0 \cdot S_0}{\Delta t} =$$

$$= \frac{-1\ (\pi 0{,}25^2) + 0}{0{,}025} \text{ V} = -7{,}85 \text{ V}$$

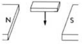


Fig. 15

14. Tratamos de introducir una lámina metálica entre los polos de un imán, de la forma indicada en la figura 15, y encontramos una cierta resistencia al movimiento. ¿A qué es debido?

Resolución

Al introducir la lámina entre los polos provocamos una variación de flujo magnético en la lámina, que es un conductor metálico, lo que genera una f.e.m. que crea unas corrientes, que en este caso son turbillonarias (van por toda la lámina en direcciones cualesquiera), pero que se oponen al movimiento de la lámina (corrientes de Foucault).

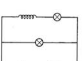


Fig. 16

15. En un circuito como el de la figura 16 nos limitamos a abrir y cerrar el interruptor y notamos que al abrir el circuito se producen chispazos. ¿A qué son debidos?

Resolución

Al cerrar el interruptor, la intensidad de la corriente que circula en el circuito pasa de un valor cero a un valor I, lo que provoca una variación en el valor de $\vec{B}$, en el solenoide y, por lo tanto, una variación del flujo magnético, lo que hace aparecer una corriente de autoinducción que, como tal, tiende a oponerse a la causa que la origina. Cuando abrimos el circuito, ocurre algo similar: la intensidad pasa desde un valor I hasta un valor cero, lo que provoca de nuevo una variación en el flujo, que se opone a la causa que lo origina y, en este caso, la corriente tiende a seguir circulando por el circuito, por lo que al abrir el interruptor salta la chispa en el mismo.

16. Calcular el valor del coeficiente de autoinducción de un solenoide en función de su geometría y del medio en que se encuentra, sabiendo que un solenoide de longitud l y constituido por n espiras, al ser recorrido por una corriente de intensidad I, genera en un punto situado en el interior del mismo y sobre el eje un campo de intensidad

$$B = \mu \frac{nI}{l}$$

Resolución

En virtud de la definición de coeficiente de autoinducción

$$\Phi = L \cdot I$$

Por otra parte, para cada espira

$$\Phi = B \cdot S$$

y para las n espiras

$$\Phi_T = n \cdot (B \cdot S)$$

Sustituyendo ahora el valor del campo generado por el solenoide en un punto de su eje, situado en el interior del solenoide, que no se encuentre demasiado próximo a sus extremos

$$\Phi_T = n\left(\mu \frac{nI}{l} \cdot S\right) = \mu \frac{n^2 S}{l} I$$

y, si comparamos esta expresión con la inicial, llegamos a

$$\mathbf{L} = \mu \frac{\mathbf{n^2 S}}{\mathbf{l}}$$

17. El inducido de un alternador está formado por 1.000 espiras cuadrangulares, de 10 cm de lado, y gira en el interior de un campo magnético de 0,75 T a la velocidad de 3.000 vueltas por minuto.

a) ¿Qué f.e.m. instantánea se induce?

b) ¿Cuál es el valor máximo de esta f.e.m.?

Resolución

a) Como hemos visto, la f.e.m. instantánea vale

$$\varepsilon = n \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}\ \omega t$$

y de los datos suministrados

$$\omega = 3.000\ \frac{\text{vueltas}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi\ \text{rad}}{\text{vuelta}} \cdot \frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}} = 100\pi\ \text{rad/s}$$

$$S = l^2 = 0{,}1^2\ \text{m}^2 = 10^{-2}\ \text{m}^2$$

Sustituyendo

$$\varepsilon = 1000 \cdot 0{,}75\ T \cdot 10^{-2}\ \text{m}^2 \cdot 100\pi\ \text{rad} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sen}\ 100\pi t$$

$$\boldsymbol{\varepsilon = 750\pi\ \textbf{sen}\ 100\pi t\ \textbf{V}}$$

b) El valor máximo se alcanza cuando $\text{sen}\ 100\pi t = 1$

$$\boldsymbol{\varepsilon_0 = 750\pi\ \textbf{V}}$$

18. A los bornes de un condensador de 2 μF se conecta un alternador de 220 V de f.e.m. máxima. Hallar la reactancia del circuito y el valor de las intensidades máxima e instantánea que circulan en el supuesto de que la frecuencia sea de 50 Hz.

Resolución

Para una frecuencia de 50 Hz la pulsación sería

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 \text{ s}^{-1} = 100\ \pi \text{ s}^{-1}$$

y el valor de $1/C\omega$ será

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{1\ \Omega}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 100\pi} = \mathbf{1591\ \Omega}$$

La intensidad máxima I_0 vendrá dada por

$$\boldsymbol{I}_0 = \frac{\varepsilon_0}{1/C\omega} = \frac{220 \text{ V}}{1591\ \Omega} = \mathbf{0{,}138\ A}$$

Para este circuito, la intensidad instantánea será

$$I = I_0 \cos \omega t = (0{,}138 \cos 100\pi t)\ A$$

es decir,

$$\boldsymbol{I} = \mathbf{0{,}138 \cos 100\pi t\ A}$$

19. Un solenoide de 50 mH se conecta a un generador de corriente alterna de 220 V de f.e.m. máxima y frecuencia de 50 Hz. Hallar la inductancia del circuito y el valor de las intensidades eficaz e instantánea que recorren el circuito.

Resolución

Hallemos primero el valor de la pulsación del circuito:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} = 100\pi \text{ s}^{-1}$$

Ahora podemos hallar la inductancia:

$$\boldsymbol{X}_{\mathrm{L}} = L\omega = 50 \cdot 10^{-3} \text{ H} \cdot 100\pi \text{ s}^{-1} = \mathbf{15{,}7\ \Omega}$$

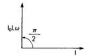


Fig. 17

Hagamos un diagrama de Fresnel del circuito considerado (fig. 17). La intensidad máxima valdrá

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{X_L} = \frac{220\ \text{V}}{15{,}7\ \Omega} = \mathbf{14\ A}$$

Como la f.e.m. vale

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \text{ sen } \omega t$$

y está adelantada 90° con respecto a la intensidad, tendremos

$$I = I_0 \text{ sen } (\omega t - \pi/2) = \mathbf{14 \cdot sen} \left(\mathbf{100}\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \mathbf{A}$$

20. Un circuito que consta de una resistencia de 2.000 Ω y de un condensador de 4 μF dispuestos en serie lo conectamos a un generador de corriente alterna de 220 V de f.e.m. máxima y 50 Hz. Calcular:

a) La capacitancia del circuito.
b) La impedancia.
c) La f.e.m. eficaz.
d) El factor de potencia.
e) Las intensidades máxima e instantánea.

Resolución

a) La capacitancia del circuito sería

$$X_c = \frac{1}{4 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi\ 50}\ \Omega = 795,\ 7\ \Omega$$

b) La impedancia valdría

$$Z = (R^2 + X_c^2)^{1/2} = \mathbf{2152,\ 5\ \Omega}$$

c) Como sabemos que $\varepsilon_0 = 220$ V, tendremos

$$\varepsilon_e = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}} = \frac{220\ \text{V}}{\sqrt{2}} = \mathbf{155{,}5\ V}$$

d) Llamábamos factor de potencia a cos φ, que es el coseno del desfasaje entre la intensidad y la f.e.m. máximas

$$\cos \varphi = \frac{I_0 R}{I_0 Z} = \frac{2000}{2152{,}5} = 0{,}9291$$

de modo que el referido desfasaje φ resulta valer

$$\varphi = 0{,}379 \text{ rad}$$

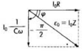


Fig. 18

e) Para hallar la intensidad instantánea, hagamos el diagrama de Fresnel del circuito (fig. 18).

La intensidad máxima valdrá

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{Z} = \frac{220 \text{ V}}{2152{,}5\ \Omega} = 0{,}102 \text{ A}$$

y la intensidad instantánea está, como vemos en la figura 18, adelantada φ respecto de la f.e.m. Si la f.e.m. instantánea del circuito es

$$\varepsilon = 220 \operatorname{sen} \omega t$$

el valor de la intensidad será:

$$I = 0{,}102 \operatorname{sen} (\omega t + \varphi)$$

21. Se dispone en un circuito de una bobina, que presenta una autoinducción de 200 mH y una resistencia de 50 Ω, en serie con una resistencia óhmica pura de 150 Ω y se aplica a los extremos del circuito una tensión eficaz de 220 V. En el supuesto de que el circuito tenga una pulsación de 1.000 s^{-1}, calcular:

a) Reactancia e impedancia del circuito.

b) Intensidad eficaz.

c) Desfasaje.

Fig. 19

Resolución

Hagamos primero un esquema del circuito (fig. 19).

a) La reactancia del circuito será de tipo inductivo y valdrá

$$X_L = L\omega = 0{,}2\text{H} \cdot 1.000\text{s}^{-1} = 200\ \Omega$$

y la impedancia Z será

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = \sqrt{(50 + 150)^2 + (200)^2}\ \Omega$$

$$\boldsymbol{Z = 282{,}8\ \Omega}$$

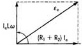


Fig. 20

b) Utilizando la composición de Fresnel hagamos ahora la suma vectorial de las caídas de tensión en la resistencia y en la autoinducción (fig. 20).

Vemos que podemos calcular el valor de I_e aplicando el teorema de Pitágoras a los módulos de los vectores

$$\varepsilon_e = \sqrt{I_e^2 R^2 + (I_e L\omega)^2} = I_e \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} = I_e Z$$

despejando I_e y sustituyendo valores

$$\boldsymbol{I_e} = \frac{\varepsilon_e}{Z} = \frac{220\ \text{V}}{282,\ 8\ \Omega} = \mathbf{0{,}77\ A}$$

c) Podemos hallar el desfasaje φ calculando previamente su coseno,

$$\cos\varphi = \frac{I_0 R}{I_0 Z} = \frac{200}{282{,}8} = 0{,}7072$$

de lo que deducimos

$$\varphi = \text{arc cos } 0{,}7072 = \mathbf{44°59'28''}$$

22. Un solenoide de 10 Ω de resistencia tiene aplicada una corriente alterna tal que $\varepsilon = 220$ sen $100\pi t$ voltios. Está introducido en un calorímetro y desprende 150 Kcal en 5 min. de funcionamiento. Calcular:

a) La intensidad eficaz.

b) El factor de potencia.

c) La intensidad instantánea.

Resolución

a) Por la definición de intensidad eficaz, sabemos que es la que debería tener una corriente continua para disipar, en una resistencia eléctrica, la misma cantidad de calor, por unidad de tiempo, que la que disipa la corriente alterna de referencia, por lo tanto, recordando la Ley de Joule

$$Q = 0{,}24\ R\ I_e^2 t$$

y despejando I_e

$$I_e^2 = \frac{Q}{0{,}24Rt} = \frac{150.000\ \text{cal}}{0{,}24 \cdot 10\ \Omega \cdot 300\ \text{s}} = 208{,}3\ \text{A}^2$$

$$\boldsymbol{I_e = 14{,}4\ \text{A}}$$

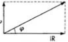


Fig. 21

b) Para hallar el factor de potencia, tengamos en cuenta el diagrama de Fresnel (fig. 21), y ya que en este caso se trata de una bobina que tiene una cierta resistencia

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} \quad \text{y además} \quad Z = \frac{\varepsilon_e}{I_e}$$

Por lo tanto

$$Z = \frac{220\ \text{V}}{14{,}4\ \text{A}} = 15{,}2\ \Omega$$

y así

$$\cos \varphi = \frac{10}{15{,}2} = 0{,}657$$

c) La intensidad instantánea estará retrasada con respecto a la f.e.m. instantánea

$$\varphi = \text{arc cos } 0{,}657 = 48°55'$$

es decir

$$\varphi = 0{,}85\ \text{rad}$$

por lo tanto,

$$I = 14{,}4\ \sqrt{2}\ \cdot \text{sen}\ (100\pi t - 0{,}85)$$

23. Una bobina de 20 Ω de inductancia y de 15 Ω de resistencia óhmica está conectada a un alternador de 100 V de f.e.m. eficaz y con una frecuencia de 50 Hz. Calcular la potencia consumida en la bobina.

Resolución

Para calcular la potencia consumida, nos hace falta conocer el valor de la I_e y el valor del factor de potencia, ya que

$$P = I_e \cdot \varepsilon_e \cdot \cos\varphi$$

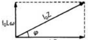


Fig. 22

Hagamos un diagrama de Fresnel para sumar las tensiones que aparecen en la bobina, a causa de la autoinducción y de la resistencia (fig. 22), y en él

$$I_e = \frac{\varepsilon_e}{Z} = \frac{100\ \text{V}}{\sqrt{15^2 + 20^2}\ \Omega} = 4\ \text{A}$$

y según el diagrama

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{15\ \Omega}{25\ \Omega} = 0{,}6$$

Por lo tanto, la potencia sería

$$P = 4\ \text{A} \cdot 100\ \text{V} \cdot 0{,}6 = 240\ \text{W}$$

24. Un transformador de alta está formado por 100 espiras en el primario y 2.000 en el secundario. Aplicamos al primario un voltaje de 220 V y una intensidad de 90 A. Suponiendo que no existe desfasaje entre el voltaje y la intensidad en el primario ni en el secundario, calcular:

a) El voltaje y la intensidad en el secundario, dando por supuesto que no haya pérdidas de potencia de ningún tipo.

b) El rendimiento del proceso de transformación, suponiendo que sólo se producen pérdidas por efecto Joule y que el primario tiene una resistencia de 0,05 Ω.

Resolución

a) En un transformador se cumple

$$\frac{\varepsilon_1}{n_1} = \frac{\varepsilon_2}{n_2}$$

por lo tanto,

$$\varepsilon_2 = 220\ \frac{2000}{100} = 4400\ \mathrm{V}$$

Si se conserva la potencia,

$$\varepsilon_1\, I_1 = \varepsilon_2 I_2$$

de donde

$$I_2 = 220\ \mathrm{V}\ \frac{90\ \mathrm{A}}{4400\ \mathrm{V}} = 4{,}5\ \mathrm{A}$$

b) Calculemos la potencia perdida por efecto Joule en el primario:

$$P_{\text{perd}} = R \cdot I_p{}^2 = 0{,}05\ \Omega \cdot 90^2\ \mathrm{A}^2 = 405\ \mathrm{W}$$

Calculemos la potencia que llega al primario P:

$$P = \varepsilon_e \cdot I_e = 220\ \mathrm{V} \cdot 90\ \mathrm{A} = 19.800\ \mathrm{W}$$

Por lo tanto, el rendimiento del proceso vendrá dado por

$$Rt^o = \frac{P - P_{\text{perd}}}{P} = \frac{19800\ \mathrm{W} - 405\ \mathrm{W}}{19800\ \mathrm{W}} = 0{,}97$$

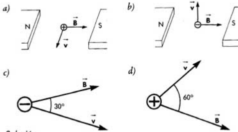
Ejercicios propuestos

1. Un protón penetra en una región del espacio en donde actúa un campo eléctrico de $2 \cdot 10^4$ N/C y un campo magnético en dirección perpendicular al campo eléctrico, de 0,25 T. La dirección de movimiento del protón es perpendicular simultáneamente a ambos campos. ¿Con qué velocidad debe penetrar el protón para no ser desviado?

Solución

$\mathbf{v = 8 \cdot 10^4}$ **m/s.**

2. Calcular el valor de la fuerza, que actúa sobre la carga (positiva o negativa, según el dibujo) de 10^{-4} C, que se está moviendo en el interior del campo magnético de $3 \cdot 10^{-2}$ T en las condiciones especificadas en los dibujos adjuntos:



Solución

a) **600,0 N;** *b)* **600,0 N;** *c)* **300,0 N;** *d)* **519,6 N.**

3. En un solenoide de 1000 espiras y 10 cm de longitud total circula una corriente de intensidad:

$$I = 8 - 2t \qquad \text{(SI)}$$

Calcular la f.e.m. inducida en las espiras.

Solución

$\varepsilon = 3{,}1$ **V.**

4. Una espira circular está colocada en el interior de un campo magnético de 1,2 T perpendicular al plano de la espira. La espira contrae su radio desde un valor de 0,5 m hasta 0,3 m en el tiempo de 0,1 s lo que genera una f.e.m. Determinar el valor de la f.e.m. inducida.

Solución

$\varepsilon = 0{,}6$ **V.**

5. En el centro de una espira circular de 20 cm de radio por la que circula una corriente de 5 A en el sentido de las agujas del reloj se genera un campo magnético. Determinar su valor.

Solución

$\boldsymbol{B} = 1{,}57 \cdot 10^{-5}$ **T.**

6. Si la espira del ejercicio anterior se coloca en el interior de un campo magnético de 4 T de forma que la perpendicular a la espira y el campo magnético externo forman un ángulo de 60°, ¿a qué efecto se ve sometida? Calcular su valor.

Solución

Se ve sometida a un momento de $\boldsymbol{M} = 2{,}1$ **N · m**

7. La perpendicular a una espira rectangular de 20 cm × 10 cm forma inicialmente un ángulo de 15° con la dirección de un campo magnético de 4,5 T. Si el campo magnético permanece constante y la espira gira 60° en 10^{-3} s, ¿qué f.e.m. se ha inducido?

Solución

$\varepsilon = 56{,}5$ **V.**

8. Un solenoide de 200 espiras está sometido a la acción de un campo magnético de 0,5 T, de forma que la normal al solenoide forma un ángulo de 60° con la dirección de $\vec{B}$. Si el solenoide tiene un radio de 0,4 cm y por él circula una corriente de 30 A, ¿cuál es el momento del par de fuerzas a que se ve sometido el solenoide?

Solución

$M = 0{,}13$ **N · m.**

9. Un solenoide cuyo coeficiente de autoinducción L es de 0,6 H está recorrido por una corriente de intensidad 0,5 A, y en 0,02 s la intensidad aumenta hasta un valor de 5 A. ¿Qué f.e.m. de autoinducción se ha generado en este intervalo?

Solución

$\varepsilon = -135$ **V.**

10. Una carga de 10^{-4} C se desplaza, con una velocidad de 10^5 m/s, paralelamente a un conductor lineal y a 20 cm del mismo. El conductor tiene una longitud de 4.000 m y por él circula una corriente de 10 A. ¿Qué fuerza ejerce sobre la carga el campo magnético creado por el conductor?

Solución

$F = 10^{-4}$ **N.**

11. Un circuito en serie está constituido por un condensador de 0,2 μF, una resistencia de 100 Ω y una autoinducción de 0,1 H. Este circuito se conecta a un generador de 220 V de f.e.m. eficaz y 50 Hz. Calcular la intensidad máxima que circula por el circuito.

Solución

$I_0 = 1{,}94\ \sqrt{2}$ **A.**

12. Una resistencia de 400 Ω está conectada en serie con un arrollamiento de 0,2 H y circula una intensidad eficaz de 1 A con una frecuencia de 50 Hz. Determinar:

a) Valor de la f.e.m. eficaz y de la f.e.m. máxima.

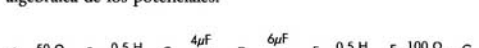
b) Potencia consumida.

c) Pérdidas de calor por efecto Joule en la resistencia en un minuto.

Solución

a) $\varepsilon_e = 404$ **V**; $\varepsilon_0 = 572{,}6$ **V**; *b)* **P = 400 W**; *c)* **Q = 5.760 cal.**

13. Para el circuito de la figura adjunta, por el que circula una corriente con una intensidad eficaz de 1,5 A y una pulsación de 1.000 rad/s, determinar el potencial total V_{AG}, así como las diferencias de potencial V_{AB}, V_{BC}, V_{CD}, V_{DE}, V_{EF}, V_{FG}. Comprobar que el potencial total no coincide con el valor de la suma algebraica de los potenciales.



Solución

$V_{AB} = 75$ **V**; $V_{BC} = 750$ **V**; $V_{CD} = 375$ **V**;
$V_{DE} = 250$ **V**; $V_{EF} = 750$ **V**; $V_{FG} = 150$ **V**

Suma $V = 2.350$ **V**; $V_t = 903,\ 4$ **V**

14. Un circuito está compuesto por una resistencia R, una autoinducción de 0,2 H y una capacidad C, la frecuencia de resonancia es de 50 Hz. ¿Qué valor debe tener la C del condensador?

Solución

$\boldsymbol{C = 5{,}06 \cdot 10^{-5}}$ **F.**

15. Un alternador suministra una potencia media de 1.000 W a una instalación en serie formada por una bobina de 2 H y una resistencia de 100 Ω a una tensión eficaz de 200 V y con una frecuencia de 60 Hz. Determinar:

a) Factor de potencia.

b) Valor de la intensidad eficaz.

c) Potencia que absorbe la resistencia.

Solución

a) $\cos \varphi = 0{,}1315$; *b)* $I_e = 38$ A; *c)* $P = 144.400$ W.

16. Si la resistencia inductiva y la reactancia capacitiva de un circuito son iguales,

a) Determinar cuánto vale el cos φ.

b) ¿Qué potencia consumirá este circuito?

c) Si la capacidad fuese 2 μF y la autoinducción 5 H, ¿qué frecuencia produciría este efecto?

Solución

a) $\cos \varphi = 1$; *b)* $P = I_e V_e$; *c)* $f = 50{,}34\ s^{-1}$.

17. Una bobina de 20 mH está en serie con una resistencia de 20 Ω. Al conjunto se le aplica un potencial máximo de 125 V y la instalación funciona a una frecuencia de 60 Hz.

Calcular:

a) Caída de potencial que se produce en la bobina.

b) Caída de potencial en la resistencia.

c) Factor de potencia.

d) Potencia media que consume el circuito.

Solución

a) $V_0 = 47{,}07$ **V**; *b)* $V_0 = 124{,}8$ **V**; *c)* $\cos \varphi = 0{,}99$; *d)* $P = 38{,}96$ **W**.

18. Se aplica una tensión de 220 V eficaces a un circuito formado por la asociación en serie de un condensador de 0,02 μF, que presenta una capacitancia de 1.000 Ω y una resistencia R. La intensidad eficaz que circula por el circuito es de $2 \cdot 10^{-2}$ A.

a) Calcular el valor de la pulsación.

b) Determinar el valor de R.

c) Hallar la impedancia del circuito.

d) Realizar el diagrama de Fresnel para el circuito.

Solución

a) $\omega = 50000\ s^{-1}$; *b)* $R = 10999\ \Omega$; *c)* $Z = 11045\ \Omega$.

19. En un circuito se conectan en serie un condensador de 2 μF y una bobina de $5 \cdot 10^{-2}$ H considerándose al sistema sin resistencia óhmica apreciable. A sus bornes se conecta un generador de 125 V eficaces y 50 Hz.

a) Realizar el diagrama de Fresnel del circuito.

b) Determinar el coseno del ángulo de desfase.

c) Calcular la intensidad que circula.

d) Hallar la potencia media consumida.

Solución

b) $\cos \varphi = 0$; *c)* $I_e = 0{,}079$ A; *d)* $P = 0$.

20. Un generador que proporciona un voltaje máximo de 100 V se conecta a un circuito en serie formado por una bobina de 0,04 H con una inductancia de 15 Ω y un condensador de 4 μF. Calcular:

a) Pulsación del circuito.

b) Angulo de desfase.

c) Impedancia del circuito.

d) Potencia media consumida.

Solución

a) $\omega = 375\ s^{-1}$; *b)* $\varphi = -90°$; *c)* $Z = X = -651{,}6\ \Omega$;
d) $P = 0$.

21. Un circuito de corriente alterna está alimentado por un generador que proporciona 220 V eficaces y 5,6 A de intensidad máxima.

a) Calcular la impedancia del circuito.

b) Si la resistencia óhmica es de 20 Ω, ¿qué valor presenta el desfase?

c) Realizar un diagrama vectorial del circuito.

Solución

a) $Z = 55{,}55\ \Omega$; *b)* $\cos \varphi = 0{,}359$; *c)* $\varphi = 68°57'$.

22. Un circuito se alimenta con un generador de f.e.m. máxima de 200 V y está formado por los siguientes elementos dispuestos en serie: una resistencia de 10 Ω, una autoinducción de 0,02 H y un condensador de $2 \cdot 10^{-4}\ \mu F$.

Determinar:

a) La pulsación que produce una intensidad máxima.

b) El valor que presenta la impedancia mínima, y el valor de la intensidad cuando la impedancia es mínima.

Solución

a) $\omega = 500\ s^{-1}$; *b)* $Z = 10\ \Omega$; $I_0 = 20$ A.

23. Calcular el valor del ángulo de desfasaje en un circuito formado por una bobina de 0,3 H en serie con un condensador de 3,57 μF cuando la pulsación es de 1.000 rad/s.

Solución

$\cos \varphi = 1$; $\varphi = 90°$.

24. Una espira rectangular, de 4 cm × 10 cm, gira a razón de 2π rad/s en el seno de un campo magnético de intensidad B = 0,5 Wb/m² que actúa perpendicularmente al eje de giro (que es paralelo al lado mayor). Calcular la f.e.m. que se genera en la espira y el valor de la intensidad máxima que circula si el hilo tiene una resistencia de 50 Ω.

Solución

$\varepsilon = -4 \cdot 10^{-3}$ sen $2t$; $I_0 = 8 \cdot 10^{-5}$ A.

25. Una autoinducción de 4 H está conectada a un generador que proporciona una f.e.m.

$$\varepsilon = 100 \text{ sen } 2\pi t$$

Calcular:

a) Valor de la f.e.m. máxima.

b) Inductancia.

c) Valor de las intensidades eficaz e instantánea.

Solución

a) $\varepsilon_0 = 100$ V; *b)* $X_L = 8\pi\ \Omega$;
c) $I_e = 2{,}81$ A; $I = 2{,}81$ sen $2\pi t$.

26. Se conecta un generador de corriente alterna de 60 V de f.e.m. eficaz y 50 Hz de frecuencia a un condensador de 20 μF. Calcular:

a) Valor de la f.e.m. instantánea.

b) Valor de las intensidades máxima y eficaz.

c) Angulo de desfasaje.

Solución

a) $\varepsilon = 84{,}85$ sen $100\pi t$ V; *b)* $I_e = 0{,}376$ A; $I_0 = 0{,}533$ A;
c) $\varphi = -90°$.

27. Un secador eléctrico de 800 Ω se conecta a un enchufe de corriente alterna de 220 V eficaces y 50 Hz. Determinar:

a) Valor de la intensidad eficaz.

b) Potencia consumida.

c) Valor de la intensidad instantánea.

Solución

a) $I_e = 0{,}275$ A; *b)* $P = 60{,}5$ W; *c)* $I = 0{,}389$ sen $100\pi t$ A.

28. Un circuito en serie consta de una bobina con un coeficiente de autoinducción 0,1 H, un condensador de capacidad 2 μF y una resistencia óhmica de 60 Ω. Aplicamos a sus extremos una corriente alterna de 0,5 A de intensidad máxima y una frecuencia de 200 Hz. Calcular:

a) Valor del potencial eficaz.

b) Coseno del ángulo de desfase.

Solución

a) $\varepsilon_e = 98{,}6$ **V**; *b)* **cos** $\varphi = 0{,}215$.

29. En un circuito con una f.e.m. eficaz de 200 V y frecuencia de 400 Hz se sitúan en serie sucesivamente una bobina de $L = 0{,}25$ H, un condensador de 0,2 μF, una resistencia óhmica de 200 Ω, otra resistencia de 400 Ω, y por último, un arrollamiento de 0,25 H. Calcular:

a) Impedancia del circuito.

b) Intensidad eficaz que circula.

Solución

a) $Z = 947\ \Omega$; *b)* $I_e = 0{,}21$ **A.**

Esta colección tiene como objetivo presentar material que, a la vez que valioso pedagógicamen sirva de excelente guía práctica para preparar l temas de COU y Selectividad, tanto en el aspec de conocimientos como en lo referente a ejercici prácticos. Por ello, la colección está concebida forma de cuadernos, para que cada profesor o alu no trabaje aquellos temas que considere más ac cuados a sus intereses.

Cada cuaderno ofrece la siguiente estructura:

- *Recordatorio de puntos fundamentales.*
- *Cuestiones de autoevaluación.*
- *Ejercicios resueltos.*
- *Ejercicios propuestos, con su solución.*

Cuadernos de COU y **Selectividad**

FISICA

ÍNDICE DE TÍTULOS

1. Cálculos con vectores.
2. Cinemática.
3. Dinámica.
4. Ondas.
5. Trabajo y energía.
6. Campos gravitatorio y electrostático.
7. Corriente alterna.
8. Termodinámica.

ISBN 84-205-2150-7

Alhambra Longman