UNIDAD 6: Inducción electromagnética

CUESTIONES INICIALES-PÁG. 157

1. Describe las transformaciones energéticas que se realizan en una central hidroeléctrica.
El agua del embalse almacena energía potencial gravitatoria que se transforma en energía cinética del agua. Al chocar el agua con los álabes de una turbina, parte de su energía cinética se transforma en energía cinética de rotación. A continuación, esta energía cinética de rotación se transforma en energía eléctrica.

2. Sobre una carga que se mueve, con una velocidad que forma un determinado ángulo con un campo magnético, actúa una fuerza. ¿Crees que actuará alguna fuerza sobre los electrones de valencia de un conductor que se mueve en el seno de un campo magnético?
Sobre los electrones libres de metal, al estar animados con la misma velocidad que el conductor, actúa la fuerza de Lorentz.

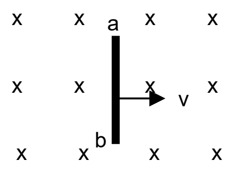
3. ¿Por qué se realiza el suministro de energía eléctrica a nuestros hogares con corriente alterna y no con corriente continua?
Las pérdidas de energía durante el transporte de la energía eléctrica son menores cuanto más elevada es la diferencia de potencial.
La diferencia de potencial de la corriente continua no se puede modificar; algo se realiza con suma facilidad en la corriente alterna con el uso de transformadores. Por tanto, se puede producir energía eléctrica a una diferencia de potencial bajo, transformarla a una diferencia de potencial alto para el transporte y volver a reducir la diferencia de potencial en el centro de consumo.

ACTIVIDADES FINALES-PÁG. 172

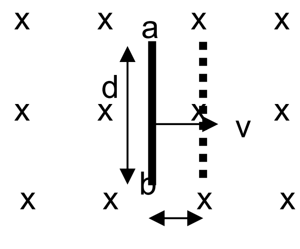
1. Calcula el flujo del campo magnético que atraviesa una bobina de 100 espiras de 40 cm^2 de superficie cuyo eje forma un ángulo de 60º con la dirección de un campo magnético uniforme de $2 \cdot 10^{-3}$ T de módulo.
Aplicando la definición de flujo de un campo magnético:

$$\Phi_B = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S} = N\ A\ B\ A\ S\ A \cos \nu = 100\ A\ 2 \cdot 10^{-3}\ 40 \cdot 10^{-4}\ m^2 \cdot \cos 60º = 4 \cdot 10^{-4}\ Wb$$

2. Una barra conductora de longitud d = 1,5 m se mueve con una velocidad constate v = 4 m/s perpendicularmente a un campo magnético de módulo B = 0,5 T, tal y como se representa en la figura adjunta. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre los extremos de la barra conductora? Justifica cuál de los extremos a o b de la barra conductora está a un potencial eléctrico más alto.



En un tiempo igual a t la barra recorre una distancia x = v · t.

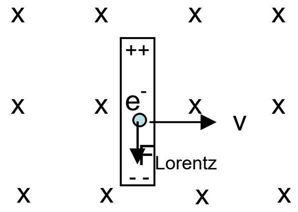


El flujo del campo magnético que atraviesa la superficie barrida por la barra en ese tiempo t, como el vector campo magnético es paralelo al vector superficie, es:

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot d \cdot x = B \cdot d \cdot v \cdot t$$

Aplicando la ley de Faraday, la fuerza electromotriz inducida es:

$\varepsilon = -\dfrac{d\Phi_B}{dt} = - B \cdot d \cdot v = - 0{,}5\ T \cdot 1{,}5\ m \cdot 4\ m/s = - 3\ V$



Al moverse la barra hacia la derecha, sobre los electrones de la barra actúa la fuerza de Lorentz, de dirección la de la barra y sentido hacia el extremo inferior, b. Lo que se traduce en un desequilibrio, con acumulación de cargas negativas en la parte inferior y positivas en la superior. Por tanto el extremo superior, a, está a un potencial eléctrico mayor que el inferior, b.

3. Una bobina circular, formada por 100 espiras de 5 cm de radio, se encuentra situada perpendicularmente a un campo magnético de 0,24 T. Determina la fem inducida en la bobina en los casos siguientes referidos a un intervalo de tiempo igual a 0,05 s: se duplica el campo magnético; se anula el campo magnético; se invierte el sentido del campo magnético; se gira la bobina 90E en torno al eje paralelo al campo magnético; se gira la bobina 90E en torno al eje perpendicular al campo magnético.

Inicialmente el ángulo ν que forman los vectores campo magnético y superficie es igual a cero.

$\Phi_{B,1} = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S}$ = N A B A S A cos ν = 100 A 0,24 T A π · (0,05 m)^2 cos 0º = 0,06 A π Wb

a) Si se duplica el campo magnético, se duplica el flujo que atraviesa la bobina.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{2 \cdot \Phi_{B,1} - \Phi_{B,1}}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{B,1}}{\Delta t} = -\frac{0{,}06 \cdot \pi\ Wb}{0{,}05\ s} = -1{,}2 \cdot \pi\ V$$

b) Si se anula el campo magnético, el flujo final es igual a cero.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{0 - \Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{\Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{0{,}06 \cdot \pi\ Wb}{0{,}05\ s} = 1{,}2 \cdot \pi\ V$$

c) Al invertir el sentido del campo, el flujo final es igual al inicial cambiado de signo.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{(-\ \Phi_{B,1}) - \Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 0{,}06 \cdot \pi\ Wb}{0{,}05\ s} = 2{,}4 \cdot \pi\ V$$

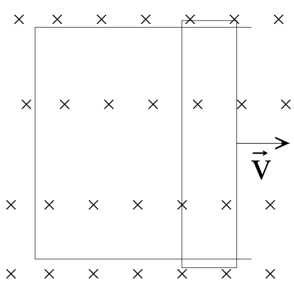
d) No cambia la orientación entre la bobina y el campo magnético.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = 0$$

e) El flujo final es igual a cero, ya que los dos vectores son perpendiculares.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{0 - \Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{\Phi_{B,1}}{\Delta t} = \frac{0{,}06 \cdot \pi\ Wb}{0{,}05\ s} = 1{,}2 \cdot \pi\ V$$

4. La varilla conductora de la figura adjunta tiene una longitud de 40 cm y se desplaza paralelamente a sí misma y sin rozamiento, con una velocidad de 2,5 cm/s, sobre un conductor en forma de U, de 10 Ω de resistencia eléctrica, situado en el interior de un campo magnético de 0,2 T. Calcula la fuerza magnética que actúa sobre los electrones de la barra y el campo eléctrico en su interior. Halla la fuerza electromotriz que aparece entre los extremos de la varilla y la intensidad de la corriente eléctrica que recorre el circuito y su sentido.) Qué fuerza externa hay que aplicar para mantener el movimiento de la varilla? Calcula la potencia necesaria para mantener ese movimiento y la potencia degradada en forma de calor en la resistencia eléctrica del circuito.



Sobre cada electrón del conductor actúa la fuerza de Lorentz, de dirección la de la varilla y sentido, hacia abajo.

$\vec{F} = q\cdot(\vec{v}\times\vec{B})$

En módulo : F = |q| A v A B = 1,6 A 10^{-19} C A 0,025 m/s A 0,2 T = 8,0 A 10^{-22} N

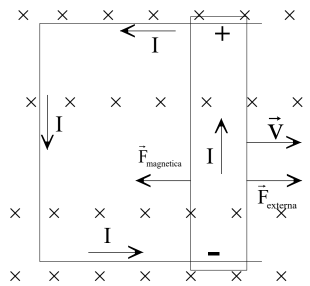
Como consecuencia de la separación de cargas se origina un campo eléctrico en el interior del conductor. Siempre que la velocidad del conductor sea constante los módulos de la fuerza magnética y de la fuerza eléctrica que actúan sobre los electrones son iguales.

$F_{Lorentz} = F_{eléctrica}$; |q| A v A B = |q| A E Ψ E = v A B = 0,025 m/s A 0,2 T = 5 A 10^{-3} N/C

El sentido del campo eléctrico dentro del conductor es desde las cargas positivas a las negativas, es decir, el contrario al de la fuerza eléctrica.

La fuerza electromotriz inducida se determina aplicando la relación entre el campo y el potencial eléctricos. Su valor absoluto es:

|ε| = E A L = 5 A 10^{-3} N/C A 0,4 m = 2,0 A 10^{-3} V



Siempre que el conductor se mueva con velocidad constante, la fuerza electromotriz es estable y se origina una corriente eléctrica, cuyo sentido convencional es el contrario al del movimiento de los electrones. Aplicando la ley de Ohm.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{2\cdot10^{-3}\,V}{10\Omega} = 2\cdot10^{-4}\ A$$

Al moverse la varilla aumenta el flujo del campo magnético que penetra en la espira. Por la ley de Lenz, la intensidad de la corriente inducida gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj, ya que de esta forma genera un campo magnético inducido que tiene sentido contrario al inductor y así se opone al variación del flujo magnético que la atraviesa.

Sobre la varilla, recorrida por la intensidad de la corriente eléctrica I, actúa una fuerza magnética de sentido opuesto al del vector velocidad. Para mantener su movimiento hay que aplicar una fuerza externa de sentido contrario al de la fuerza magnética, es decir, del mismo sentido que el del vector velocidad. Esta fuerza es la que realiza el trabajo necesario para mantener la corriente eléctrica por el circuito. Su módulo es:

$F_{externa}$ = I A L A B = 2 m A 10^{-4} A A 0,4 m · 0,2 T = 1,6 A 10^{-5} N

La potencia con la que actúa un agente externo para mantener el movimiento de varilla es:

$P_{mecánica} = \vec{F}_{externa}\cdot\vec{v}$ = 1,6 A 10^{-5} N A 0,025 m/s = 4,0 A 10^{-7} W

Esta potencia que suministra la varilla como generador, se transforma en forma de calor en la resistencia eléctrica del circuito.

$P_{eléctrica}$ = I^2 A R = (2 · 10^{-4} A)^2 A 10 Ω = 4,0 A 10^{-7} W

5. Un solenoide de 20 Ω de resistencia eléctrica, está formado por 500 espiras circulares de 2,5 cm de diámetro. El solenoide está situado en un campo magnético uniforme de valor 0,3 T, siendo el eje del solenoide paralelo a la dirección del campo. Si el campo magnético disminuye uniformemente hasta anularse en 0,1 s, determina: a) El flujo inicial que atraviesa el solenoide y la fuerza electromotriz inducida. b) La intensidad de la corriente eléctrica recorrida por el solenoide y la carga eléctrica transportada en ese intervalo de tiempo.

El radio de las espiras es: 1,25 cm

Aplicando la definición de flujo del campo magnético a través de una superficie:

$\Phi_{B,inicial} = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S} = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\phi = 500 \cdot 0{,}3\ T \cdot \pi \cdot (1{,}25 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \cos 0º = 7{,}4 \cdot 10^{-2}\ Wb$

Aplicando la ley de Fraday y como el flujo del campo magnético final es igual a cero:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{B,final} - \Phi_{B,inicial}}{\Delta t} = -\frac{0 - 7{,}4 \cdot 10^{-2}\ Wb}{0{,}1 s} = 0{,}74\ V$$

Aplicando la ley de Ohm: $\varepsilon = R \cdot I$; $0{,}74\ V = 20\ \Omega \cdot I \Rightarrow I = 3{,}7 \cdot 10^{-2}\ A$

Y la carga eléctrica transportada es: $Q = I \cdot t = 3{,}7 \cdot 10^{-2}\ A \cdot 0{,}1 = 3{,}7 \cdot 10^{-3}\ C$

6. En una región del espacio hay un campo magnético cuyo módulo varía con el tiempo según la ecuación: B(t) = 1,5 · (1 – 0,9 · t) T. En esa misma región se sitúa una espira circular de cobre de radio a = 15 cm, colocada de forma que el campo magnético es perpendicular al plano de la espira. Calcula el flujo del campo magnético que atraviesa la espira en función del tiempo y la fuerza electromotriz inducida en la espira.

Aplicando la definición del flujo del campo magnético y como la superficie de la espira permanece constante y como el vector campo magnético y el vector superficie son paralelos en todo instante, se tiene:

$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos 0º = 1{,}5 \cdot (1 - 0{,}9 \cdot t)\ T \cdot \pi \cdot (0{,}15 m)^2 = 3{,}38 \cdot 10^{-2} \cdot \pi \cdot (1 - 0{,}9 \cdot t)\ Wb$

La fuerza electromotriz inducida en la espira se calcula aplicando la ley de Faraday:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -3{,}38 \cdot 10^{-2} \cdot \pi \cdot (-0{,}9) = 9{,}6 \cdot 10^{-2}\ V$$

7. El flujo magnético que atraviesa una espira varía con el tiempo, en unidades del SI, según la expresión $\Phi = 3 \cdot t^2 - 10\ t^4$. Calcula el valor de la fuerza electromotriz inducida en el instante t = 2 s.

Aplicando la ley de Faraday: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -(6 \cdot t - 40 \cdot t^3)$ en unidades SI

Y en el instante pedido: $\varepsilon_{t=2} = -(6 \cdot 2 - 40 \cdot 2^3)\ V = -308\ V$

8. Un campo magnético uniforme de 0,2 T forma un ángulo de 30º con el eje de una bobina circular de 300 espiras y 4 cm de radio. a) Calcula el flujo magnético que traviesa la bobina. b) Si el campo magnético desciende linealmente a cero en 2 s, ¿cuál es el valor de la fuerza electromotriz inducida?

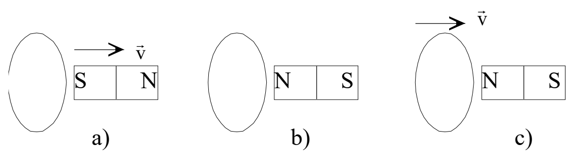
Aplicando la definición de flujo del campo magnético a través de una superficie:

$\Phi_{B,inicial} = N \cdot \vec{B} \cdot \vec{S} = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\phi = 300 \cdot 0{,}2\ T \cdot \pi \cdot (0{,}04\ m)^2 \cdot \cos 30º = 0{,}26\ Wb$

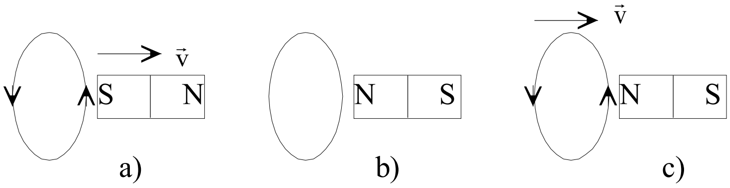
Aplicando la ley de Fraday y como el flujo del campo magnético final es igual a cero:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{B,final} - \Phi_{B,inicial}}{\Delta t} = -\frac{0 - 0{,}26\ Wb}{2 s} = 0{,}13\ V$$

9. Se tiene una espira circular y una barra imán. Justifica el sentido de la intensidad de la corriente eléctrica inducida en la espira en los tres casos representados en la figura adjunta.



Al alejar el polo sur de la barra imán, disminuye el flujo magnético que la atraviesa y la corriente gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj. Así se genera un campo magnético inducido del mismo sentido que el inductor y se opone a la variación del flujo magnético.

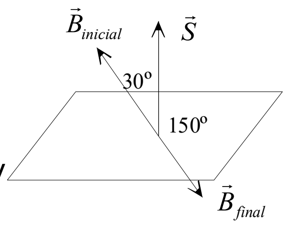


En la figura central no se genera corriente eléctrica, ya que no hay variación del flujo magnético.
Al acercar la espira al polo norte de la barra imán, aumenta el flujo magnético que la atraviesa y la corriente gira en el sentido contrario al de las agujas del reloj. Así se genera un campo magnético inducido de sentido contrario que el inductor y se opone a la variación del flujo magnético.

10. Considérese una espira conductora, cuadrada y horizontal, de 10 m de lado. Un campo magnético uniforme, de 10^{-7} T, atraviesa la espira de abajo hacia arriba formando un ángulo de 301 con la vertical ascendente. A continuación invertimos el sentido de ese campo, empleando 0,1 s en tal proceso. Calcula: a) el flujo magnético del campo inicial. b) La fuerza electromotriz inducida, generada por la inversión.

Aplicando la definición de flujo del campo magnético a través de una superficie:

$$\Phi_{B,inicial} = \vec{B}\cdot\vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\phi = 10^{-7}\ T \cdot (10\ m)^2 \cdot \cos 30º = 8{,}66 \cdot 10^{-6}\ Wb$$

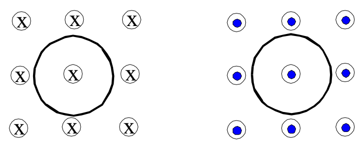


Aplicando la ley de Fraday y como el flujo del campo magnético final es igual al flujo inicial pero cambiado de signo, se tiene:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{B,final} - \Phi_{B,inicial}}{\Delta t} = -\frac{-2\cdot\Phi_{B,inicial}}{\Delta t} = \frac{2\cdot 8{,}66\cdot 10^{-6}\ Wb}{0{,}1 s} = 1{,}73\cdot 10^{-4}\ V$$

11. Una bobina circular está inmersa en un campo magnético uniforme B, de valor 1 T. Este campo es paralelo al eje de la bobina y, por tanto, perpendicular al plano que contiene a cada espira. La bobina posee 100 espiras, tiene un diámetro de 2A10 $^{-2}$ m y una resistencia de 50 Ω. Supongamos que, repentinamente, se invierte el sentido del campo B. Calcular entonces el valor Q de la carga total que pasa a través de la bobina.

El flujo que atraviesa la superficie de la expira pasa de su valor máximo a su valor mínimo. Si inicialmente el vector campo magnético y el vector superficie forman un ángulo de 01, en la situación final es de 1801. Por tanto:



$$\phi_{B,incial} = \vec{B}\cdot\vec{S} = B\cdot S \quad y \quad \phi_{B,final} = \vec{B}\cdot\vec{S} = -B\cdot S$$

Aplicando la ley de Faraday, la ley de Ohm y la definición de intensidad de la corriente, se tiene:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = I\cdot R = \frac{Q}{\Delta t}R$$

La carga transportada es: $Q = -\dfrac{\Delta\phi_B}{R}$

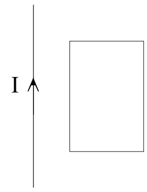
Para el caso que nos ocupa: $Q = -\dfrac{\Delta\phi_B}{R} = -\dfrac{-B\cdot S - B\cdot S}{R} = \dfrac{2\cdot B\cdot S}{R}$

Y para una bobina con N de espiras: $Q = \dfrac{2\cdot B\cdot N\cdot S}{R}$

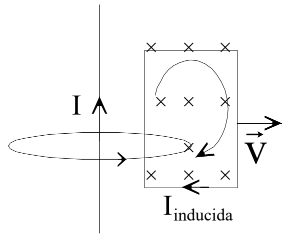
Sustituyendo: $Q = \dfrac{2\cdot 1 T\cdot 100\cdot\pi\cdot(10^{-2}\,m)^2}{50\,\Omega} = 1{,}3\cdot 10^{-3}$ Culombios (C)

La carga es independiente del tiempo que tarde en producirse la variación del flujo. Si la variación es rápida la intensidad es elevada y si es lenta la intensidad es pequeña.

12. La figura adjunta muestra un hilo conductor rectilíneo y una espira conductora. Por el hilo pasa una corriente continua. Justifica si se inducirá corriente en la espira en los casos siguientes: a) La espira se encuentra en reposo. b) La espira se mueve hacia arriba paralelamente al hilo. c) La espira se mueve hacia la derecha.

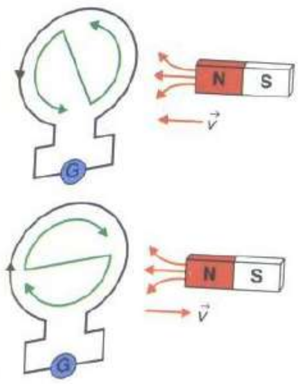


El hilo por el que pasa corriente genera en su entorno un campo magnético, cuyas líneas de campo son circunferencias concéntricas en el hilo y cuyo sentido es el indicado por el giro de un sacacorchos que avanza según la intensidad de la corriente eléctrica. En el ejemplo penetran en el papel en la posición de la espira.



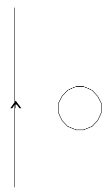
En los casos a y b no hay variación del flujo del campo magnético que atraviesa la espira y por ello no se induce ninguna corriente eléctrica.
En el caso c hay una disminución del flujo del campo magnético que atraviesa a la espira y se genera una corriente inducida que se opone a la causa que la produce reforzando el campo magnético en esa posición y por ello se induce una corriente eléctrica en el sentido de las agujas del reloj.

13. Razona el sentido de la corriente inducida en una espira cuando se acerca el polo norte de una barra imán a una espira y cuando se aleja el plano de la espira del citado polo norte de la barra imán.

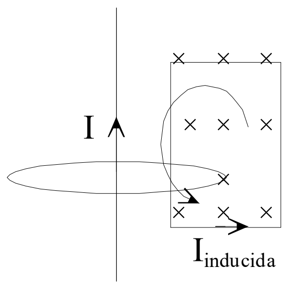


Al acercar el polo norte de una barra imán a una espira aumenta el flujo del campo magnético que pasa a su través. Según la ley de Lenz, el campo magnético producido por la corriente inducida se opone al aumento del flujo magnético que la atraviesa, por lo que tiene sentido contrario al del campo magnético inductor. Ello se logra produciendo una corriente inducida, vista desde el imán, que circule en sentido contrario al de las agujas del reloj; es decir, aparece un polo norte en la cara de la espira enfrentada a la barra imán.
Si se aleja el polo norte de la barra imán disminuye el flujo del campo magnético que atraviesa la espira. La corriente inducida cambia de sentido y se opone a la disminución de flujo generando un campo magnético del mismo sentido que el inductor. El sentido de la, intensidad es el mismo que el de las agujas del reloj, así el campo magnético inducido en la espira presente su polo sur en la cara enfrentada a la barra imán.

14. Por un hilo conductor rectilíneo muy largo circula una corriente de intensidad constante.) Se induce alguna corriente en la espira conductora que aparece en la figura? Si dicha intensidad no fuera constante sino que aumentara con el tiempo) se induciría corriente en la espira? Indique en su caso el sentido en el que circularía la corriente inducida. Nota El hilo y la espira están contenidos en el mismo plano, y ambos en reposo.



El hilo por el que pasa corriente genera en su entorno un campo magnético, cuyas líneas de campo son circunferencias concéntricas en el hilo y cuyo sentido es el indicado por el giro de un sacacorchos que avanza según la intensidad de la corriente eléctrica. En el ejemplo penetran en el papel en la posición de la espira.



En el primer caso, no hay variación de la intensidad ni movimiento relativo entre el hilo y la espira. Por ello no hay variación del flujo del campo magnético que atraviesa a la espira y no se induce ninguna intensidad de la corriente eléctrica.

Al aumentar la intensidad de la corriente eléctrica aumenta el módulo del campo magnético en la zona de la espira y aumenta el flujo del campo magnético que la atraviesa. De acuerdo con la ley de Lenz se genera una intensidad de la corriente eléctrica que gira en sentido contrario al de las agujas del reloj. De esta forma genera un campo magnético que sale del plano del papel, hacia el observador, y así se opone al aumento de flujo del campo inductor.

15. En el plano XY se tiene una espira circular de 2 cm de radio. Simultáneamente se tiene un campo magnético uniforme cuya dirección forma un ángulo de 30º con el semieje positivo y cuyo módulo es $B = 3 \cdot e^{-t/2}$ T, donde t es el tiempo. Calcula el flujo del campo magnético y la fuerza electromotriz inducida en la espira en el instante t = 0 s. Indica mediante un dibujo, el sentido de la corriente inducida en la espira en ese instante.

Aplicando la definición de flujo del campo magnético a través de una superficie:

$\Phi_{B,} = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos\phi = 3 \cdot e^{-t/2}$ T $\cdot\, \pi \cdot (0{,}02\text{ m})^2 \cos 30º = 3{,}26 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-t/2}$ Wb

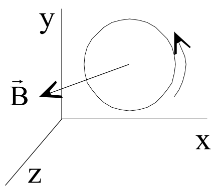
Y en el instante inicial: $\Phi_{B,0} = 3{,}26 \cdot 10^{-3}$ Wb

Aplicando la ley de Faraday y como el flujo del campo magnético final es igual a cero:

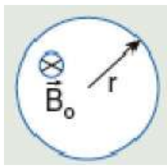
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -3{,}26 \cdot 10^{-3} \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot e^{-\frac{t}{2}} = 1{,}63 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{t}{2}}\text{ V}$$

Y en el instante inicial: $\varepsilon_{t=0} = 1{,}63 \cdot 10^{-3}$ V

El flujo del campo magnético disminuye en el transcurso del tiempo. Aplicando la ley de Lenz la intensidad de la corriente inducida debe girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj. De esta forma genera un campo magnético inducido del mismo sentido que el inductor y así se opone a la variación de flujo.



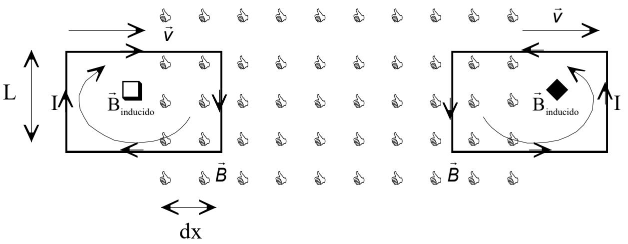
16. Una espira circular se coloca en una zona de campo magnético uniforme Bo perpendicular al plano de la espira y dirigido hacia adentro tal como se muestra en la figura. Determine en qué sentido circulará la corriente inducida en la espira en los siguientes casos: a) aumentamos progresivamente el radio de la espira manteniendo el valor del campo. b) mantenemos el valor del radio de la espira pero vamos aumentando progresivamente el valor del campo. Razone su respuesta en ambos casos.



a) Si se aumenta al radio de la espira, aumentan las líneas de campo magnético que la atraviesan y según la ley de Lenz, la intensidad de la corriente eléctrica debe girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj. De esa forma genera dentro de la espira un campo magnético dirigido hacia el observador que se opone a la variación del flujo del campo magnético.

b) Lo mismo que el apartado a). Si aumenta el valor del campo magnético, aumentan las líneas de campo magnético que la atraviesan y según la ley de Lenz, la intensidad de la corriente eléctrica debe girar en el sentido contrario al de las agujas del reloj. De esa forma genera dentro de la espira un campo magnético dirigido hacia el observador que se opone a la variación del flujo del campo magnético.

17. Una espira cuadrada de 30 cm de lado, se mueve con velocidad constante de 10 m/s y penetra en un campo magnético de 0,5 T perpendicularmente al plano de la espira y dirigido hacia el observador. a) Explique, razonadamente, qué ocurre en la espira desde que comienza a entrar en la región del campo. ¿Qué ocurrirá si la espira, una vez en el interior del campo, saliera del mismo? b) Calcule la fuerza electromotriz inducida en la espira mientras está entrando en el campo?



Al penetrar la espira dentro del campo magnético aumenta el flujo magnético que la atraviesa Por la ley de Lenz, el campo magnético inducido es de signo contrario al campo inductor y por ello la intensidad de la corriente tiene el sentido de las agujas del reloj.
Cuando la espira está completamente dentro del campo magnético desaparece la corriente inducida, pues no hay variación del flujo del campo magnético.

Al salir del campo magnético hay una disminución del flujo del campo magnético. La espira se opone a la variación del flujo, apareciendo una corriente inducida de sentido contrario al de las agujas del reloj. Así se genera un campo magnético del mismo sentido que el campo inductor.

El flujo elemental que atraviesa la espira al penetrar en el campo magnético es:

$d\Phi_B = \vec{B} \cdot d\vec{S}$ = B A dS · cos 0º = B · dS

Si el conductor tiene una longitud L y se traslada una distancia dx con velocidad constante, entonces:
dS = L A dx; dx = v A dt

Como el flujo magnético que atraviesa la superficie que delimita el conductor disminuye al aumentar la distancia recorrida, resulta que:
$d\Phi_B$ = - B A L A dx = - B A L A v A dt

Aplicando la ley de Faraday: la fuerza electromotriz que se induce en la espira es:

$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ = - B A L A v = - 0,5 T · 0,3 m · 10 m/s = - 1,5 V

18. Una espira cuadrada de 10 cm de lado, inicialmente horizontal, gira a 1200 rpm, en torno a uno de sus lados, en un campo magnético uniforme de 0,2 T, de dirección vertical. a) Calcula el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida en la espira. b) Cómo se modifica la fuerza electromotriz inducida en la espira si se reduce la velocidad de rotación a la mitad?
a) La frecuencia en unidades SI es: ν = 1200 rpm = 20 Hz
El flujo del campo magnético que atraviesa la espira es:
Φ_B = B A S A cos ν = N · B A S A cos (ω A t)
Aplicando la ley de Faraday: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \mathrm{sen}(\omega \cdot t)$
Su valor máximo es: $\varepsilon_0 = B \cdot S \cdot \omega = B \cdot S \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu = 0{,}2\ T \cdot (0{,}1\ m)^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 20\ Hz = 0{,}08 \cdot \pi$ V

b) Si la velocidad de rotación se reduce a la mitad, la frecuencia lo hace en la misma proporción y la fuerza electromotriz inducida es también la mitad.
$\varepsilon'_0 = \varepsilon_0/2 = 0{,}04 \cdot \pi$ V

19. Un alternador está formado por un cuadro 200 espiras cuadradas de 5 cm de lado, situado en el seno de un campo magnético de 0,5 T de módulo. Calcula la velocidad angular con la que deben girar las espiras para generar una fuerza electromotriz inducida de 230 V de valor máximo. ¿Cuál es el valor de la frecuencia de dicha corriente?

El flujo del campo magnético que atraviesa el cuadro del alternador es:
Φ_B = N · B A S A cos ν = N · B A S A cos (ω A t)

Aplicando la ley de Faraday: $\varepsilon = -\dfrac{d\Phi_B}{dt} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \mathrm{sen}\,(\omega \cdot t)$

Su valor máximo es: $\varepsilon_0 = N \cdot B \cdot S \cdot \omega$

Sustituyendo: 230 V = 200 espiras · 0,5 T · $(0{,}05\ \text{m})^2$ · ω ⇒ ω = 920 rad/s

La frecuencia de la corriente es la misma que la frecuencia de giro del alternador:
ω = 2 · π · ν; 920 rad/s = 2 · π · ν ⇒ ν = 146,4 Hz

20. Si se aumenta la velocidad de giro de un alternador, indica cómo se modifica la diferencia de potencial, intensidad, potencia y frecuencia de la corriente eléctrica producida.

Aplicando la ley de Faraday, la fuerza electromotriz inducida en un generador es:
ε = N A B A S A ω A sen (ω A t) = N A B A S A 2 A π A ν A sen (2 A π A ν A t)

Con N el número de espiras del cuadro, B el campo magnético, S la superficie de cada espira, ω la velocidad angular de giro y ν la frecuencia de giro.

Por tanto, un aumento de la frecuencia de giro produce un aumento de la diferencia de potencial.

Si el circuito externo es el mismo, por la ley de Ohm, $I = \dfrac{V}{R}$, un aumento de la diferencia de potencial produce un aumento de la intensidad que recorre el circuito externo.

En el circuito externo, lo que se mantiene constante es su resistencia eléctrica y la característica del generador es su diferencia de potencial. Como P = I A V = $\dfrac{V^2}{R}$, un aumento de la diferencia de potencial proporciona más potencia al circuito.

Como en cada vuelta del cuadro la fuerza electromotriz inducida y la intensidad cambian dos veces de sentido, en cada segundo las dos magnitudes cambian 2 A ν veces de sentido. Por tanto, un aumento de la frecuencia de giro produce un aumento mayor de la frecuencia de la corriente alterna.