

Electromagnetismo II: aplicación de la Ley de Faraday.

Versión 1.0

Antonio Alfonso Rodríguez-Rosales¹ Héctor Cruz Ramírez^{2*} y
¹Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero (CICTEG)
²Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
*hector.cruz@correo.ciencias.unam.mx

septiembre 2017

Índice

1. Introducción	1
1.1. La Ley de inducción electromanética.	1
1.2. Medición de la Permeabilidad magnética del hierro.	2
1.3. Medición del campo magnético de la tierra.	2
2. Objetivos	3
3. Experimento	3
3.1. Estudio del fenómeno de la inducción electromagnética.	4
3.2. Medida de la permeabilidad magnética de hierro.	5
3.3. Medir el campo magnético de la tierra.	5
4. Pormenores de la práctica	5
5. Agradecimientos	5

1. Introducción

1.1. La Ley de inducción electromanética.

Los experimentos de Faraday demostraron que la intensidad de corriente inducida en un circuito conductor es proporcional a la velocidad con que varía el número de líneas de inducción magnética \vec{B} que atraviesan el área limitada por dicho circuito. El flujo magnético se interpreta como el número de líneas de inducción magnética que atraviesan el área S de una superficie. Por eso la velocidad con la que éste número no es nada mas que la velocidad con la que varía el

flujo magnético. Entonces la intensidad de la corriente inducida es proporcional a la velocidad con que varía el flujo magnético a través del área limitada por el circuito[1, 2]:

$$I_i = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}. \quad (1)$$

Se sabe que en un circuito se produce corriente eléctrica cuando sobre las cargas libres del conductor actúan fuerzas exteriores. El trabajo de estas fuerzas en transportar una carga positiva unitaria a lo largo de un circuito cerrado se le llama fuerza electromotriz (f.e.m.). Por consiguiente cuando varía el flujo magnético a través del área limitada por el circuito, en él aparecen fuerzas exteriores cuya acción se caracteriza por una f.e.m., llamada de inducción (ξ_i). De acuerdo con la ley de Ohm $I_i = \frac{\xi_i}{R}$. La ley de inducción electromagnética se enuncia para la f.e.m. y no para la intensidad de la corriente, esta ley expresa que éste fenómeno no depende de las propiedades de los conductores en los cuales se produce la corriente inducida. La f.e.m. inducida en un circuito cerrado es igual en módulo a la velocidad con que varía el flujo magnético a través del área limitada por el circuito[1, 2]:

$$|\xi_i| = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|. \quad (2)$$

De acuerdo con la ley de Lenz, la corriente inducida crea un flujo magnético $\phi' < 0$; por lo que la corriente inducida, estará dirigida en el sentido de las agujas del reloj y la f.e.m. es negativa. Por lo tanto, la LEY DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA queda como:

$$\xi_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}. \quad (3)$$

1.2. Medición de la Permeabilidad magnética del hierro.

El fenómeno de la inducción electromagnética puede utilizarse para medir la permeabilidad magnética del hierro y de otros materiales ferromagnéticos. La f.e.m. inducida es proporcional a la velocidad con que varía el flujo magnético que atraviesa la bobina. Si en una bobina larga se coloca un núcleo de hierro, la inducción magnética, según $\vec{B} = \nu \vec{B}_0$, aumenta ν veces. Por consiguiente, el mismo número de veces aumenta el flujo magnético y la f.e.m. inducida. Cuando se abre el circuito que alimenta de corriente continua a la bobina imanante, en una segunda bobina, pequeña, enrollada sobre la principal se produce una corriente inducida que es registrada por un multímetro. Si dentro de la bobina se encuentra el núcleo de hierro, el cambio en la lectura del multímetro será ν veces mayor.

1.3. Medición del campo magnético de la tierra.

Si se dispone de una bobina rectangular formada por N espiras de área S , colocamos el eje de la bobina en la dirección Norte-Sur y la giramos rápidamente



180 grados. La carga total producida por la fem inducida se puede medir mediante un osciloscopio; la traza que se observa en pantalla del osciloscopio es la representación gráfica de la f.e.m. en función del tiempo. De la ley de Faraday, Ecuación (3), se tiene que integrando con respecto al tiempo entre $t = 0$ y Δt , siendo Δt el tiempo en que se tarda en girar la bobina 180 grados tenemos:

$$\int_0^{\Delta t} \xi_i dt = - \int_0^{\Delta t} d\phi = \phi_i - \phi_f. \quad (4)$$

El primer miembro de la ecuación anterior es el área bajo la curva ξ_i en función del tiempo, el segundo es la diferencia entre el flujo total inicial y final

$$\phi_i - \phi_f = N \cdot B_T \cdot S \cdot \cos 0^\circ - (N \cdot B_T \cdot S \cdot \cos(180^\circ)) = 2n B_T \cdot S. \quad (5)$$

Entonces la componente horizontal del campo magnético de la tierra B_T queda como:

$$B_T = \frac{\int_0^{\Delta t} \xi_i dt}{2NS}. \quad (6)$$

El área bajo la curva, f.e.m. en función del tiempo, se puede medir de varias maneras. Si se ajusta la curva a una función del tipo seno, se mide en el osciloscopio el tiempo Δt y el máximo V_m . la ecuación de la curva es

$$V_t = V_m \sin\left(\frac{\pi t}{\Delta t}\right), \quad (7)$$

e integrando tenemos que el primer miembro de la Ecuación (4) es igual a:

$$\int_0^{\Delta t} V_m \sin\left(\frac{\pi t}{\Delta t}\right) dt = \frac{2V_m \Delta t}{\pi}. \quad (8)$$

2. Objetivos

1. Investigar que es lo que establece la ley de Lenz.
2. Medir campo magnético terrestre.
3. Medir la permeabilidad magnética del hierro y otros materiales

3. Experimento

Material. El material que se utilizará en esta práctica será el siguiente:

- Bobinas de diferentes tamaños.
- Resistencias: $1k\Omega$ ($\times 2$).

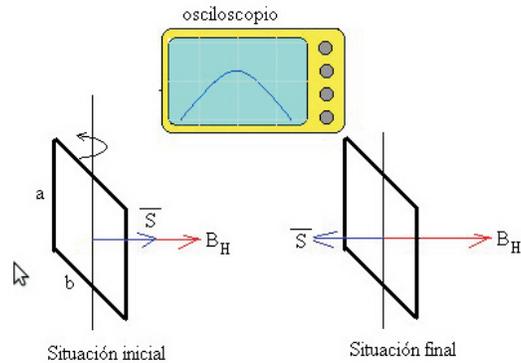


Figura 1: Arreglo experimental para medir el campo magnético de la tierra.

- Protoboard.
- Multímetro.
- Cables de conexión.
- Osciloscopio.
- Imanes de diferente tipo.
- Soporte universal y pinzas.
- Fuente de voltaje.

3.1. Estudio del fenómeno de la inducción electromagnética.

1. Conectar las puntas del mutímetro a los de una bobina.
2. Introducir en la bobina un imán, observando al mismo tiempo la la lectura del multímetro.
3. Repetir el experimento cambiando los polos del imán, introduciéndolo a la bobina de formas diferentes y a diferentes velocidades.
4. Dibujar el esquema del experimento y cerciorarse de que se cumple la ley de Lenz.
5. Colocar una segunda bobina junto a la primera de modo que sus ejes coincidan.



6. Introducir en ambas bobinas un núcleo de hierro y conectar una de las bobinas a una batería.
7. Tratar de hacer un sistema de interruptor (*switch*) para poder pasar corriente a la bobina conectada a la fuente sin prenderla y apagarla; de no poderlo hacer, utilizar baterías.
8. Cerrando y abriendo el switch, observar como cambia la lectura del multímetro.
9. Dibujar el experimento y cerciorarse de que se cumple la ley de Lenz.

3.2. Medida de la permeabilidad magnética de hierro.

1. Colocar dos bobinas (de radios iguales y que compartan el eje) con núcleo de hierro(habrà que hacerlo con y sin núcleo).
2. Conectar una de las bobinas a una batería (y hacer un sistema de *switch* como en el experimento anterior).
3. Cerrando y abriendo el circuito, ver como cambia la lectura del multímetro cuando la bobinas no tienen núcleo de hierro y cuando si lo tienen.

3.3. Medir el campo magnético de la tierra.

1. Construir una bobina cuadrada de lados a y b , de n espiras y colocar su eje en la dirección Norte-Sur.
2. Conectar a una de las terminales una resistencia de $1k\Omega$.
3. Conectar las terminales del circuito armado previamente al osciloscopio.
4. Una vez conectado girar la bobina rápidamente 180 grados.

4. Pormenores de la práctica

La práctica es de dos sesiones de laboratorio.

5. Agradecimientos

Estas notas fueron realizadas con el apoyo del proyecto PAPIME PE105917. Agradecemos a los estudiantes Samuel Corona Aquino y Javier Alejandro López Alfaro por su contribución a la elaboración de estas notas.



Referencias

- [1] R. A. Serway, "Física, incluye Física Moderna (Tomo II)," McGraw-Hill, Segunda Edición (1993).
- [2] Halliday-Resnick-Walker, "Fundamentals of Physics," John Wiley & Sons Inc., 2007.