

Práctica 8: INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1 Objeto de la práctica

En esta práctica se analizará la inducción electromagnética, descrita por la ley de Faraday que se establece entre dos bobinas cuando una de ellas es alimentada por una corriente alterna y la otra está sometida a la influencia de la primera y experimenta una fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida.

2 Fundamento teórico

La inducción electromagnética es un fenómeno por el cual un campo magnético variable en el tiempo produce una f.e.m. en circuitos próximos. Se basa en la ley de Faraday cuya expresión matemática es:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

El campo magnético en el interior del eje de un solenoide cuya longitud es mucho mayor que el radio (denominado **bobina de campo**) tiene una región donde prácticamente es uniforme y su valor es

$$B = \mu_0 n I(t)$$

siendo n la densidad de espiras (número de vueltas por unidad de longitud), $I(t)$ la intensidad variable que circula por la bobina de campo y μ_0 la permeabilidad del vacío ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$).

Al introducir en el interior de la bobina de campo otra bobina más pequeña de N vueltas y de sección S , la f.e.m. inducida sobre ella es

$$\varepsilon = -\frac{d(NSB)}{dt} = -NS \frac{dB}{dt} = -NS \mu_0 n \frac{dI(t)}{dt} \quad (2)$$

Si el generador suministra una corriente alterna de frecuencia f y amplitud I_0

$$I(t) = I_0 \cos(2\pi ft)$$

la f.e.m. inducida es

$$\varepsilon = 2\pi f \mu_0 n N S I_0 \sin(2\pi ft). \quad (3)$$

3 Descripción del instrumental

Para la realización de la práctica son necesarios los siguientes aparatos:

- Generador de funciones, que suministra una tensión alterna de amplitud y frecuencia variable.
- Bobina de campo, de gran sección y longitud para permitir la introducción de otras más pequeñas.
- Varias bobinas de sección y/o número de vueltas diferentes.

- Osciloscopio, empleado como voltímetro para medir diferentes tensiones, la de la bobina de campo y la f.e.m. inducida en la bobina pequeña.
- Resistencia de $100\ \Omega$ puesta en serie con la bobina de campo.
- Base de montaje y cables de conexión.

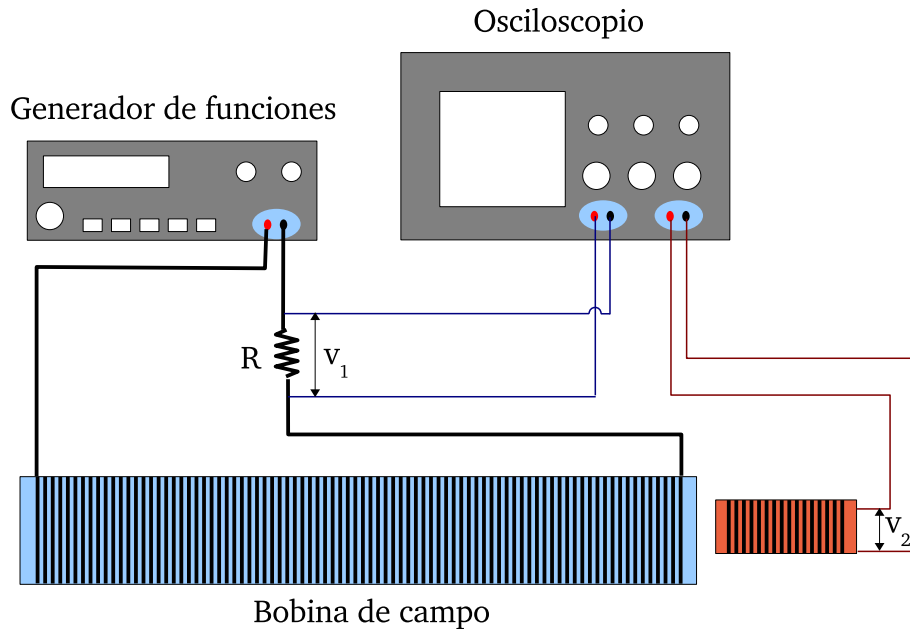


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental.

4 Realización de la práctica

4.1 Medidas en el laboratorio

- Las bobinas deben manipularse cogiéndolas por los extremos, **nunca** por los hilos conductores.
1. Móntese en serie el generador de funciones, la resistencia de $100\ \Omega$ y la bobina de campo, usando los terminales fijos de los extremos; de forma que la tierra del generador esté conectada a una de las patas de la resistencia.
Enciéndase el generador, selecciónese una señal sinusoidal de frecuencia $f = 2\ \text{kHz}$.
 2. Conéctese el canal 1 del osciloscopio mediante una sonda a las patas de la resistencia. Téngase cuidado de que la tierra esté en el lado correcto.
 3. Conéctese la bobina de diámetro $d = 41\ \text{mm}$ y $N = 300$ vueltas al canal 2 del osciloscopio. Introdúzcase la bobina en la región central de la bobina de campo.
 4. Enciéndase el osciloscopio (figura 2). Compruébese que:
 - la señal del canal 2 está promediada a 8 o 16, para ello pulsar el botón “Acquire”, apareciendo un menú en la pantalla del osciloscopio. Comprobar que esté activado “promedio” y su valor sea “8” o “16”.
 - la señal del canal 2 está filtrada, para ello pulsar el botón “2”, apareciendo un menú en la pantalla. Debe estar activado el “filtro digital” y el “límite superior” debe de ser $100\ \text{kHz}$.

- en la pantalla se debe visualizar el valor de la frecuencia de entrada de la señal, y el voltaje pico a pico V_{pp} de los canales 1 y 2. Si no es así pulsar el botón “Measure”, apareciendo un menú en la pantalla encabezado por “CH1”, seleccionar “tiempo” y activar “frecuencia” y en “tensión” activar el voltaje pico a pico V_{pp} ; cambiar al canal 2 “CH2” y en “tensión” activar el voltaje pico a pico V_{pp} .



Figura 2: Osciloscopio.

5. Si se necesita modificar las escalas girar el botón “escala horizontal” (tiempo) o “escala vertical” (voltaje) (ver figura 2). Si se presiona el botón “escala vertical”, el cambio de escala se puede realizar mediante salto fino o grueso.

4.1.1 Dependencia con la frecuencia

1. Asegúrese que la frecuencia de la señal del generador es de 2 kHz. Ajustese la amplitud de la corriente que circula por la bobina de campo de forma que la amplitud pico a pico de la señal del canal 1 del osciloscopio sea 8 V o un valor muy cercano, debe de mantenerse en el intervalo comprendido entre 7.9 y 8.1 V (tensión en la resistencia $V_1 = 8V$). Se recomienda fijar la base de potencial del canal 1 en 1 V.
2. Mídase la f.e.m. inducida en la bobina, es decir, la amplitud pico a pico de la señal del canal 2, que se denotará por V_2 .
3. Póngase una frecuencia de 3 kHz, asegúrese que el valor de V_1 es el mismo, si no es así modifique la amplitud del generador y mídase V_2 en el canal 2.
4. Repítase el paso anterior, aumentando la frecuencia en 1 kHz hasta alcanzar 12 KHz. Téngase en cuenta que al cambiar la frecuencia la amplitud suministrada por el generador varía ligeramente por lo que habrá que ir ajustándola.

4.1.2 Dependencia con los parámetros geométricos

1. Seleccione una señal sinusoidal de frecuencia $f = 10$ kHz. Ajustese la amplitud de la corriente que circula por la bobina de campo de forma que la amplitud pico a pico de la señal del canal 1 del osciloscopio sea 4 V (tensión en la resistencia $V_1 = 4V$).
2. Mídase la f.e.m. inducida en la bobina, es decir, la amplitud pico a pico de la señal del canal 2, que se denotará por V_2 .

3. Conéctese la bobina de diámetro $d = 41$ mm y $N = 100$ vueltas al canal 2 del osciloscopio mediante unos cables. Introdúzcase la bobina en la región central de la bobina de campo. Asegúrese el valor de V_1 y f no han cambiado. Mídase la f.e.m. inducida en la bobina.
4. Repítase el paso anterior con la bobina de diámetro $d = 33$ mm y $N = 300$ vueltas.

4.2 Análisis de los datos

- El valor de I_0 se obtiene a partir de la tensión de la resistencia, V_1 , y el valor de ésta R , a través de la ley de Ohm

$$I_0 = \frac{V_1}{2R}$$

- La amplitud pico a pico de la señal del canal 2 del osciloscopio, V_2 , es proporcional a la fuerza electromotriz inducida

$$V_2 = \frac{2\varepsilon}{\text{sen}(2\pi ft)}$$

por tanto la expresión de V_2 en función de la frecuencia y de los parámetros geométricos es

$$V_2 = 2\pi\mu_0 n N S \frac{V_1}{R} f \quad (4)$$

4.2.1 Dependencia con la frecuencia

1. Representétese gráficamente V_2 frente a f .
2. Calcúlese la recta que mejor se ajusta a las medidas experimentales

$$V_2 = a + b f$$

comparándose con la expresión (4) debería de ser

$$a = 0; \quad b = 2\pi\mu_0 n N S \frac{V_1}{R} \quad (5)$$

3. Representétese la recta de mínimos cuadrados en la misma gráfica anterior.
4. Calcúlese el valor teórico de la pendiente (5) y su error, siendo $n = 485 \text{ m}^{-1}$. Compárese con el valor obtenido a partir de la recta de mejor ajuste.

4.2.2 Dependencia con los parámetros geométricos

Al mantenerse constante V_1 y f el valor de V_2 , según la expresión (4), sólo depende del número de vueltas N y de la sección transversal $S = \pi \frac{d^2}{4}$ de la bobina.

1. Para las dos bobinas de diámetro $d = 41$ mm, compárese los valores de V_2 . ¿Verifican la expresión (4)?
2. Para las dos bobinas con $N = 300$, compárese los valores V_2 . ¿Verifican la expresión (4)?