

## Ley de inducción de Faraday

### PRODUCCIÓN DE UN IMPULSO DE TENSIÓN EN UN BUCLE CONDUCTOR POR MEDIO DE UN IMÁN PERMANENTE EN MOVIMIENTO

- Observación del movimiento de un imán permanente a través de varias bobinas de inducción conectadas en serie.
- Medición del curso temporal de la tensión inducida.
- Cálculo del curso temporal del flujo magnético.

UE3040100

05/18 UD

### FUNDAMENTOS GENERALES

**Cada cambio del flujo magnético a través de un bucle conductor cerrado induce en éste una tensión eléctrica. Un cambio como tal se puede producir, por ejemplo, cuando un imán permanente se mueve a través de un bucle conductor fijo (Fig. 2).**

En este caso es muy instructivo, además de observar la tensión inducida dependiente del tiempo,

$$(1) \quad U(t) = -\frac{d\Phi}{dt}(t),$$

$\Phi$ : Flujo magnético

también el llamado impulso de tensión

$$(2) \quad \int_{t_1}^{t_2} U(t) \cdot dt = \Phi(t_1) - \Phi(t_2)$$

Éste corresponde a la diferencia del flujo magnético al principio ( $t_1$ ) y al final ( $t_2$ ) de un proceso observado.

En el experimento, un imán permanente cae por un tubo que lleva seis bobinas de inducción de igual construcción conectadas en serie. Se representa el curso temporal de la tensión inducida (curva verde en la figura 3), cuya amplitud se hace cada vez mayor por el movimiento progresivo del imán, porque la velocidad del imán aumenta continuamente.

El área bajo las señales de tensión tanto positivas como negativas son iguales en valor absoluto. Éstas corresponden al máximo flujo  $\Phi$  del imán permanente dentro de cada una de las bobinas.



Fig. 1: Disposición de medición.

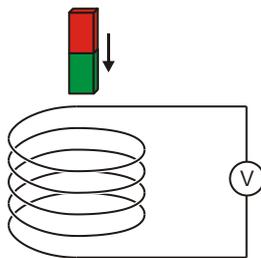


Fig. 2: Principio de medición.

## LISTA DE APARATOS

1	Tubo de caída con 6 bobinas de inducción	1001005 (U8511200)
1	Sensor de tensión diferencial de 500 mV	1021681 (UCMA-BT32i)
1	Cable de sensor	1021514 (UCMA-BTsc1)
1	€Lab	1021478 (UCMA-008)
1	Coach 7, licencia de 5 años para instituto educativo	1021522 (UCMA-18500)
ó		
1	Coach 7, licencia de 5 años para universidad	1021524 (UCMA-185U)

## MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

### Tubo de caíd

#### Nota:

¡Golpes y sacudidas así como fuerzas que actúen lateralmente sobre el tubo pueden producir daños del aparato!

- Evite exponer el tubo a esfuerzos mecánicos.
- Emplace el zócalo sobre una superficie de trabajo horizontal y plana.
- Se inserta el tubo en la placa zócalo haciendo una presión leve.
- Coloque la placa de corcho por debajo del zócalo.

### €Lab, sensor de tensión y Coach 7

- Instale el *software* Coach 7 en el PC que vaya a emplear para la medición.
- Conecte la unidad €Lab al PC de medición por medio del cable USB.
- Conecte el sensor de tensión por medio de los cables de experimentación de 4 mm rojo y negro a los casquillos también de 4 mm correspondientes del tubo de caída y, a través del cable del sensor, a la entrada analógica 1 del €Lab.
- Inicie el programa Coach 7. Pulse el botón  de la ventana de inicio de sesión «Login» que se abre, seleccione el nombre de usuario «Nivel de Usuario: Autor» del menú desplegable, introduzca la contraseña «Clave de Autor:» y confirme con OK.
- Pulse el botón . En la ventana de ajuste de actividades «Opciones de Actividad» que se abre, confirme con «OK» la preselección «Tipo de Actividad: Medición» y la «Interface: EuroLab».

El *software* establece la conexión con la unidad €Lab. En el marco inferior izquierdo de una de las cuatro ventanas aparece una imagen de €Lab con pictogramas de los sensores de tensión conectados.

- En la ventana que muestra €Lab, pulse con la tecla derecha del ratón el pictograma  del sensor de tensión. En el menú que se abre, pulse la opción de poner a cero («Llevar a Cero») y confirme con «OK».
- Pulse el botón , introduzca los siguientes parámetros y, a continuación, confirme con «OK»:

#### Método

Tipo: control por tiempo

Duración de la medición: 0,3 segundos

Frecuencia: 1000 por segundo

Número de mediciones: 300

#### Disparo:

Canal de disparo: Canal 1, voltímetro diferencial

Umbral de disparo 0,1 mA

Dirección: ascendente

Tiempo de predisparo: 0,01 segundos

#### Nota:

Con miras a la evaluación resulta importante, en particular, ya durante la introducción de los parámetros de medición, seleccionar una óptima duración de medición (aquí: 0,3 s).

- Pulse el botón .

En la ventana derecha superior aparece la tabla de datos. Contiene columnas (todavía vacías) para el tiempo  $t$  y la tensión  $U$ .

- Pulse el botón . En el menú que se abre, seleccione la opción que permite introducir un nuevo diagrama («Agregar nueva»), desplace el cursor del ratón sobre la ventana superior izquierda y pulse en ella.

En dicha ventana aparecerá un diagrama (todavía vacío).

- En la tabla de datos, pulse el símbolo «t(s)» del encabezamiento de la primera columna y llévelo, con la tecla del ratón pulsada, hacia el botón inferior del diagrama y, en cuanto aparezca un marco azul, púselo. Pulse el símbolo «V(mV)» del encabezamiento de la segunda columna y llévelo, con la tecla del ratón pulsada, hacia el botón izquierdo del diagrama y, en cuanto aparezca un marco azul, púselo.

Ahora se le ha asignado el eje X del diagrama al tiempo y el Y a la tensión.

Las unidades €Lab y Coach 7 se encuentran ahora configuradas para la medición.

## REALIZACIÓN

El signo de la tensión se fija de tal forma que durante la fase de entrada del imán en el bucle conductor se induce una tensión positiva. Para ello, dado el caso, se deberá realizar dos veces la secuencia de medición descrita a continuación puesto que el signo de la tensión depende de cómo se deje caer el imán en el tubo; es decir, con el polo norte o sur por delante (Fig. 2).

- Inicie la medición con Coach 7 pulsando el botón . Se abre una ventana de espera por el disparo «Esperando un evento con condición».
- Sostenga el imán en la abertura superior del tubo y suéltelo. La medición se inicia automáticamente una vez que se alcanza el umbral de disparo seleccionado y se detiene también automáticamente en función de la duración de medición ajustada.

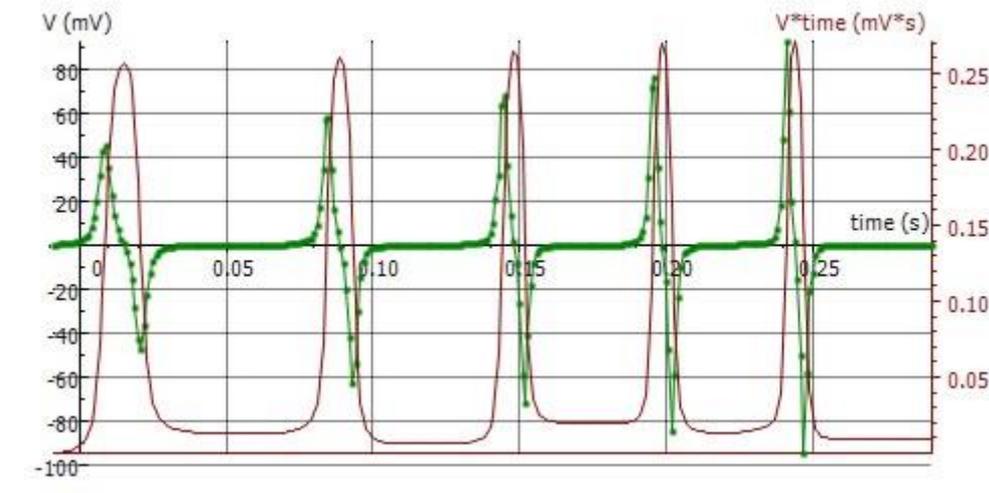


Fig. 3: Curvas en el tiempo de la tensión  $U$  inducida y del flujo magnético  $\Phi$  (captura de pantalla de Coach 7).

## EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

### Tensión de inducción

La curva verde de la figura 3 muestra la curva de tensión registrada.

Cómo se indicó en el apartado dedicado a la realización, durante la fase de inmersión del imán en la bobina del conductor se induce una tensión positiva. Esta tensión llega a cero cuando el imán alcanza el centro de la bobina. Durante la fase de salida del imán se induce una tensión negativa. Dado que la velocidad del imán aumenta al progresar en su movimiento de bobina a bobina, por una parte, aumentarán siempre los valores de las señales de tensión pero el ancho de estos picos se hará más delgado, esto significa que el área de las superficies que se encuentran por debajo de las señales positivas y negativas permanecen iguales en términos de su valor absoluto.

### Flujo magnético

- Pulse el botón  del diagrama y, en el menú que se abre, elija la opción de integración («Integral»). En la ventana que se abre pulse la opción de «Integral» en el botón « Graficar».

En la ventana «Integral» del diagrama se muestra la variable «V\*t» en la unidad «mV\*s» (curva violeta de la Fig. 3). Esta corresponde al flujo magnético  $\Phi$  según la ecuación (2).

- Cierre la ventana «Integral» pulsando «OK».

En la tabla de datos aparece una tercera columna «V\*t (mV\*s)» y en la punta del cursor el símbolo  «V\*t».

- Pulse en la ventana inferior derecha, la única todavía vacía de las cuatro.

Se representa en forma de diagrama la variable «V\*t (mV\*s)» en función del tiempo. Proceda de la siguiente manera para representar en la ventana izquierda de manera conjunta la tensión de inducción y el flujo magnético.

- En la tabla de datos, pulse el símbolo «V\*t (mV\*s)» del encabezamiento de la tercera columna y llévelo, con la tecla del ratón pulsada, hacia el botón derecho del diagrama y, en cuanto aparezca un marco azul, púlselo.

El eje Y del diagrama ha sido asignado ahora al flujo magnético. Para conseguir una representación óptima de la curva correspondiente proceda de la siguiente manera:

- Pulse con la tecla derecha del ratón el fondo del diagrama y, en el menú que se abre, seleccione la opción que permite modificar la sección visualizada («Acercamiento al Ajuste»).

La escala del eje se modifica automáticamente de manera que la curva aparece con una representación óptima. En el caso de otras mediciones, tanto la tensión de inducción como el flujo magnético se representan automáticamente en el diagrama.

El flujo magnético asume su valor mayor si la tensión inducida llega a cero (Fig. 3); es decir, el imán ha llegado al centro de la bobina. El área de debajo de todas las señales positivas y negativas permanece igual en términos de su valor absoluto (véase más arriba). Estas corresponden al flujo magnético  $\Phi$  máximo del imán permanente en el interior de una sola bobina. Por esto, el flujo magnético máximo, dentro del marco de la precisión de medida, llega en todas las bobinas al mismo valor de  $\Phi_{\max} \approx 250 \mu\text{Vs}$ .