

Electricidad

Inducción electromagnética

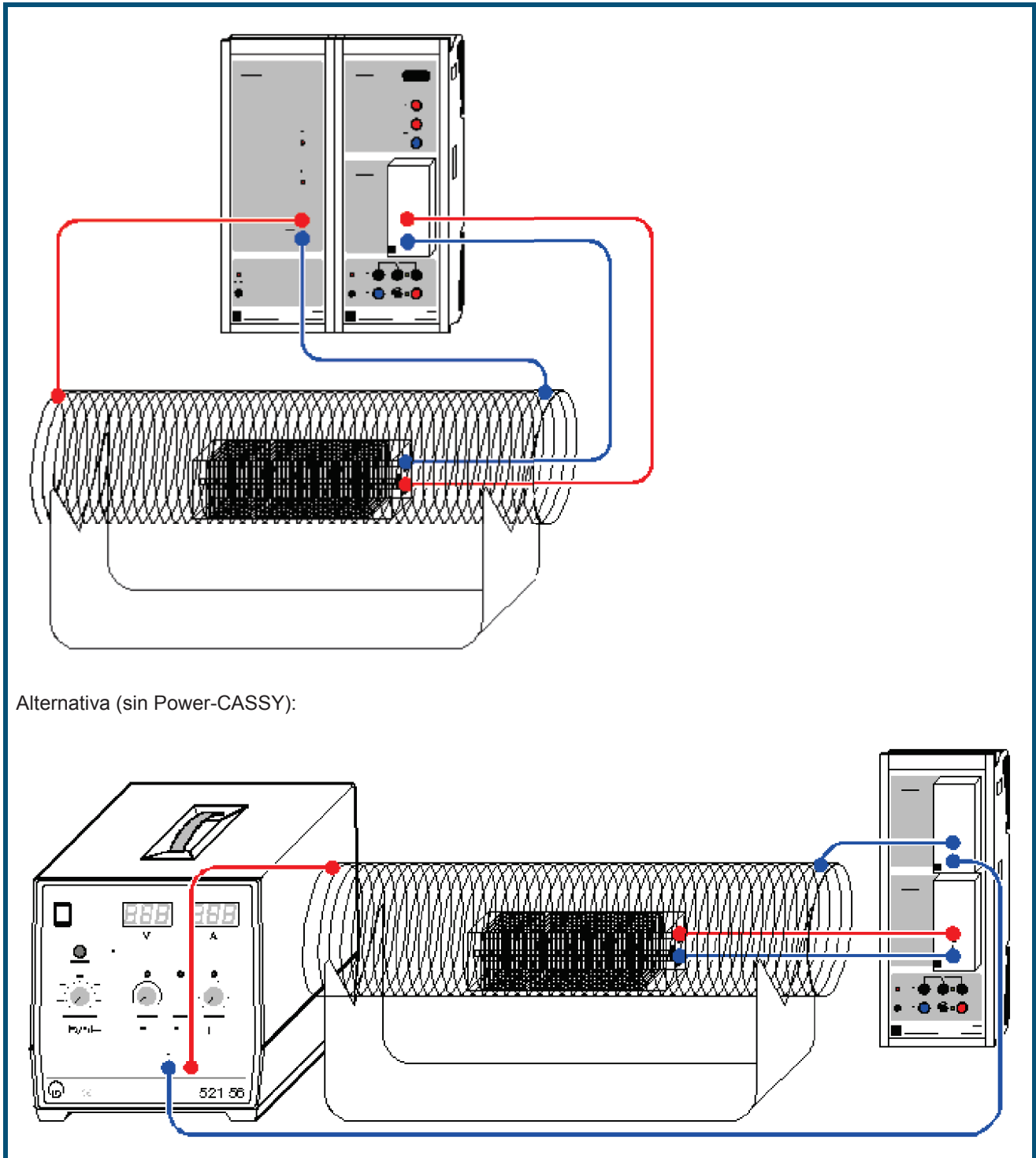
Inducción causada por un campo magnético variable

Medición de la tensión de inducción en un lazo conductor con un campo magnético variable

Descripción del CASSY Lab 2

Para descargar ejemplos y ajustes utilice por favor la ayuda del CASSY Lab 2.

Inducción causada por un campo magnético cambiante



Alternativa (sin Power-CASSY):



Apropiado también para el [Pocket-CASSY](#) y [Mobile-CASSY](#).

Descripción del ensayo

Tensiones y corrientes que surgen por la variación de campos magnéticos se denominan tensiones de inducción o corrientes de inducción respectivamente, y el proceso mismo inducción magnética. Si en un campo magnético \mathbf{B} se encuentra un bucle conductor, entonces el flujo magnético que atraviesa el bucle viene expresado por la integral de superficie siguiente:

$$\Phi = \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

Si se trata de una bobina con N_1 espiras en lugar de un bucle conductor, con todas las espiras situadas perpendicularmente al campo magnético, entonces Φ se incrementa de acuerdo con

$$\Phi = B \cdot A \cdot N_1.$$

Si el campo magnético B no cambia, entonces el flujo magnético Φ también permanece constante. Si el campo magnético varía con el tiempo y con ello el flujo magnético a través del área de la bobina, entonces en la bobina se induce una tensión y con ello una corriente, cuya intensidad y dirección depende del tipo de variación. Se cumple la ley de inducción de Faraday

$$U = - \frac{d\Phi}{dt}$$

y con ello

$$U = - \frac{dB}{dt} \cdot A \cdot N_1.$$

Por otro lado una corriente eléctrica genera un campo magnético, por ej. cuando por una bobina fluye una corriente I . Para el campo magnético en el interior de una bobina cilíndrica grande de longitud L y un número de espiras N_2 se cumple

$$B = \mu_0 \frac{N_2}{L} I$$

con $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am (permeabilidad magnética del vacío).

En el experimento se utiliza una bobina cilíndrica grande como bobina de excitación por donde se hace pasar un corriente cambiante $I(t)$, la cual genera en el interior de la bobina un campo magnético cambiante $B(t)$. En esta bobina de excitación se colocan bobinas de inducción rectangulares de diferentes áreas A y número de espiras N_1 . En estas bobinas de inducción se induce una tensión U , la cual puede ser calculada mediante

$$U = - \frac{dI}{dt} \cdot \mu_0 \cdot A \cdot \frac{N_2}{L} \cdot N_1$$

En el experimento se verifica las proporcionalidades entre la tensión inducida U y la variación temporal dI/dt de la corriente de la bobina de excitación I , del área A de las bobinas de inducción y del número de espiras N_1 de las bobinas de inducción. El Power-CASSY (524 011) o la Fuente de alimentación de forma de onda triangular (521 56) son muy apropiados para tal propósito, ya que el curso temporal de la corriente de salida I puede ser controlado de tal manera que la pendiente $|dI/dt|$ sea constante. Además, se dispone de tres bobinas de inducción cada una con $N_1 = 300$ espiras: bobina 1 con una sección transversal $A = 50 \times 50 \text{ mm}^2$, la bobina 2 con $A = 30 \times 50 \text{ mm}^2$ y la bobina 3 con $A = 20 \times 50 \text{ mm}^2$. Adicionalmente, la bobina 1 tiene derivaciones para $N_1 = 100$ y $N_1 = 200$ espiras.

Equipo requerido

1	Sensor-CASSY	524 010 ó 524 013
1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Unidad μV	524 040
1	Bobina de excitación, $d = 120 \text{ mm}$	516 244
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Juego de 3 bobinas de inducción	516 241
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows XP/Vista/7	

Alternativa (sin Power-CASSY)

1	Sensor-CASSY	524 010 ó 524 013
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Unidad μV	524 040
1	Unidad 30-A	524 043
1	Bobina de excitación, $d = 120 \text{ mm}$	516 244
1	Soporte para bobinas y tubos	516 249
1	Juego de 3 bobinas de inducción	516 241
1	Fuente de alimentación de forma de onda triangular	521 56
1	Cable, 50 cm, azul	501 26
2	Cables, 100 cm, rojos	501 30
2	Cables, 100 cm, azules	501 31
1	PC con Windows XP/Vista/7	


Montaje del ensayo (véase el esquema)

La bobina grande es alimentada con $|dl/dt|$ constante, o bien desde el Power-CASSY o desde la fuente de alimentación con corriente de forma triangular. En el segundo caso la corriente que fluye debe ser medida con la unidad 30-A a la entrada A del Sensor-CASSY. La tensión inducida de las bobinas de inducción se registra con la unidad μV conectada a la entrada B.

Realización del ensayo


a) Medición de la tensión de inducción U en función del área A de las bobinas de inducción

■ Cargar ajustes

- Coloque la bobina 1 ($A = 0,0025 \text{ m}^2$, $N_1 = 300$ espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad μV .
- Realice la medición con .
- Repita la medición con las bobinas 2 ($A = 0,0015 \text{ m}^2$) y 3 ($A = 0,0010 \text{ m}^2$).


b) Medición de la tensión de inducción U en función del número de espiras N_1 de la bobina

■ Cargar ajustes

- Coloque la bobina 1 ($N_1 = 100$ espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad μV .
- Realice la medición con .
- Repita la medición con $N_1 = 200$ y $N_1 = 300$ de la bobina 1.

c) Medición de la tensión de inducción U en función de dl/dt



■ Cargar ajustes

- Conecte la bobina 1 ($N_1 = 300$ espiras), situada en la bobina de excitación grande, a la unidad μV .
- Realice la medición con .
- Repita la medición con una corriente máxima I_{\max} o dl/dt menores; para ello desplace el la aguja del instrumento indicador con el ratón hacia la posición deseada.

Alternativa (sin Power-CASSY)



a) Medición de la tensión de inducción U en función del área A de las bobinas de inducción

■ Cargar ajustes

- Coloque la bobina 1 ($A = 0,0025 \text{ m}^2$, $N_1 = 300$ espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad μV .
- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{\max}) justo siga todavía inactiva.
- Seleccione el ajuste medio dl/dt y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.
- Inicie la medición con  (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1} , eventualmente desactive el [trigger](#)).
- Después de algunos periodos de corriente detenga la medición nuevamente con .
- Repita la medición con las bobinas 2 ($A = 0,0015 \text{ m}^2$) y 3 ($A = 0,0010 \text{ m}^2$).

b) Medición de la tensión de inducción U en función del número de espiras N_1 de la bobina



■ Cargar ajustes

- Coloque la bobina 1 ($N_1 = 100$ espiras) en la bobina de excitación grande y conéctela a la unidad μV .
- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{\max}) justo siga todavía inactiva.
- Seleccione el ajuste medio dl/dt y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.
- Inicie la medición con  (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1} , eventualmente desactive el [trigger](#)).
- Después de algunos periodos de corriente detenga la medición nuevamente con .
- Repita la medición con $N_1 = 200$ y $N_1 = 300$ de la bobina 1.

c) Medición de la tensión de inducción U en función de la frecuencia de excitación del campo

■ Cargar ajustes

- Conecte la bobina 1 ($N_1 = 300$ espiras), situada en la bobina de excitación grande, a la unidad μV .
- Gire el botón de ajuste de la tensión de la fuente de onda triangular hasta el tope derecho y gire el botón de ajuste de la corriente hasta que la limitación de potencia (LED P_{\max}) justo siga todavía inactiva.
- Seleccione $dl/dt = 0,2 \text{ A/s}$ y presione el pulsador para activar el modo de corriente triangular.

- Inicie la medición con  (el registro de datos empieza con el flanco ascendente de la tensión de inducción U_{B1} , eventualmente desactive el [trigger](#)).
- Durante la medición aumente dI/dt en pasos de unos 0,4 A/s.
- Detenga la medición nuevamente con .

Evaluación

Según la parte del ensayo uno puede cambiarse hacia la representación apropiada después de la medición (con el ratón hacer un clic sobre **Area**, **Número de espiras** o **dI/dt**). Aquí se deberá llenar otra tabla, en donde se determinará la tensión de inducción U para el parámetro respectivo A , N_1 o dI/dt (introduzca en la tabla mediante el teclado, dI/dt puede ser determinada mediante un [ajuste con recta](#)). La tensión de inducción U se obtiene por ej. de la [determinación del valor medio](#). Esta podrá ser arrastrada con el ratón desde la [línea de estado](#) hacia la tabla (función drag & drop). El diagrama deseado aparecerá incluso durante la entrada de la tabla.

Los tres diagramas verifican las proporcionalidades entre la tensión de inducción U y el área A , el número de espiras N_1 y dI/dt .

En el ejemplo se obtiene un factor de proporcionalidad $U/A = 101 \text{ mV/m}^2$ (ó 129 mV/m^2 sin Power-CASSY) entre la tensión de inducción U y la sección transversal de la bobina A . La teoría exige el factor de proporcionalidad

$$\frac{U}{A} = - \frac{dI}{dt} \cdot \mu_0 \cdot \frac{N_2}{L} \cdot N_1.$$

Como ejemplo de comparación tenemos que del número de espiras $N_1 = 300$ de la bobina de inducción y $N_2 = 120$ de la bobina sin núcleo, de la longitud $L = 0,41 \text{ m}$ de la bobina sin núcleo, del incremento de corriente $dI/dt = 1,00 \text{ A/s}$ (ó $1,19 \text{ A/s}$) obtenido y de la permeabilidad magnética del vacío $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$ resulta un factor de proporcionalidad $U/A = -110 \text{ mV/m}^2$ (ó -131 mV/m^2), que concuerda muy bien con el resultado experimental. El signo depende de los dos sentidos de los enrollamientos y de la conexión a la unidad μV .

Notas

La unidad μV puede tener un pequeño offset, el cual puede ser eliminado en los [Ajustes UB](#) mediante **Corregir**, valor teórico 0 mV, **Corregir offset**; sin embargo, para ello se debe interrumpir el circuito de corriente de la bobina sin núcleo.

El Power-CASSY puede entregar también una frecuencia claramente más alta y con ello hacer innecesaria la unidad μV . Aquí se debe observar que la regulación de corriente del Power-CASSY en altas frecuencias y cargas inductivas tiende a sobreoscilar un poco, lo cual se observa en la tensión inducida (1. derivación de corriente) afeándola un tanto. Para contrarrestar ello se debe conectar en serie una resistencia óhmica de unos 10Ω .

