

Resistencia de una bobina en un circuito de corriente alterna

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA INDUCTIVA EN DEPENDENCIA CON LA INDUCTIVIDAD Y LA FRECUENCIA

- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia inductiva en dependencia con la inductividad de la bobina.
- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia inductiva en dependencia con la frecuencia de la corriente.

UE3050211

04/18 UD

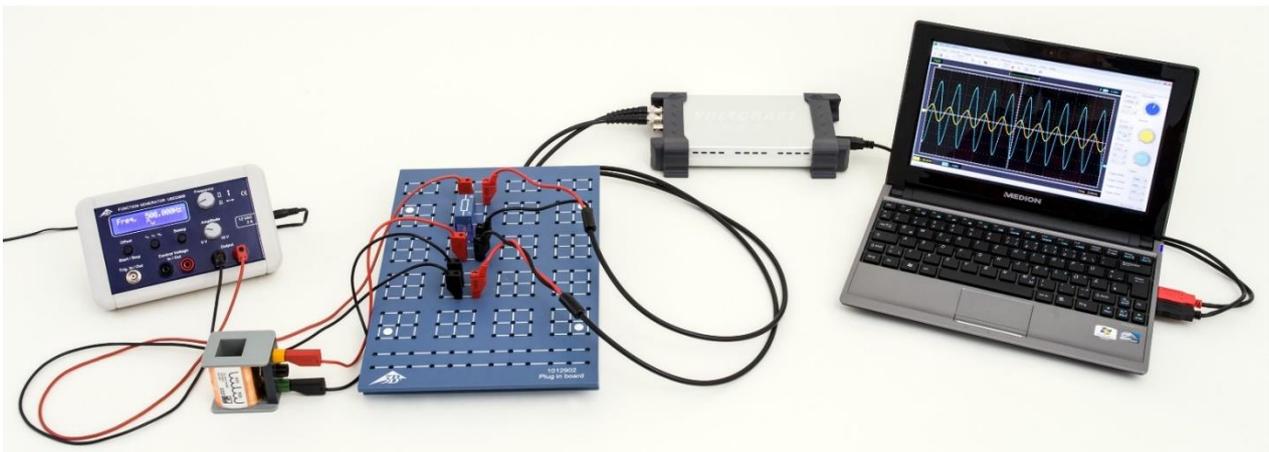


Fig. 1: Disposición de medición.

FUNDAMENTOS GENERALES

Cualquier cambio de la corriente a través de una bobina induce una tensión contraria que se opone al cambio de la corriente. Por lo tanto, en circuitos de corriente alterna la corriente en la bobina va adelantada con respecto a la tensión en la bobina. Matemáticamente esta relación se puede describir en la forma más sencilla cuando la corriente, la tensión y la resistencia se consideran como magnitudes complejas y se observa la parte real de las mismas.

La relación Corriente-Tensión para una bobina se escribe como:

$$(1) \quad U = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

I : Corriente, U : Tensión, L : Inductividad

Con un tensión de la forma

$$(2) \quad U = U_0 \cdot \exp(i\omega t)$$

la corriente se expresa como:

$$(3) \quad I = \frac{U_0}{i \cdot \omega \cdot L} \cdot \exp(i\omega t)$$

Por lo tanto, a la inductividad L se le puede asociar la resistencia compleja

$$(4) \quad X_L = \frac{U}{I} = i \cdot \omega \cdot L = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

Medible es cada vez la parte real de esas magnitudes, así que

$$(5) \quad U = U_0 \cdot \cos \omega t$$

$$(6) \quad I = \frac{U_0}{\omega \cdot L} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = I_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$(7) \quad X_L = \frac{U_0}{I_0} = \omega \cdot L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

En el experimento, un generador de funciones entrega una tensión alterna con frecuencia variable hasta 2 kHz. Un osciloscopio de dos canales registra la corriente y la tensión al mismo tiempo, de tal forma que se pueden captar las amplitudes

y las fases de las dos magnitudes. La corriente a través de la bobina corresponde a una caída de tensión en una resistencia de medida R cuyo valor es despreciable con respecto al de la resistencia inductiva.

De manera opcional también se puede determinar la corriente y la tensión por medio del registrador de datos VinciLab, el programa Coach 7 y los sensores de tensión.

LISTA DE APARATOS

1	Placa enchufable para componentes electrónicos	1012902 (U33250)
2	Bobina S con 1200 espiras	1001002 (U8498085)
1	Resistencia 10 Ω , 2 W, P2W19	1012904 (U333012)
1	Generador de funciones FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
6		
1	Generador de funciones FG 100 @115V	1009956 (U8533600-115)
1	Osciloscopio de 2x25 MHz para PC	1020857 (U11830)
2	Cable HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748 (U11257)
1	Juego de 15 cables de experimentación, 1 mm ²	1002840 (U13800)
opcionalmente		
1	VinciLab	1021477 (UCMA-001)
1	Coach 7, licencia de 5 años para instituto educativo	1021522 (UCMA-18500)
6		
1	Coach 7, licencia de 5 años para universidad	1021524 (UCMA-185U)
2	Sensor de tensión diferencial de 10 V	1021680 (UCMA-0210i)
1	Sensor de tensión diferencial de 500 mV	1021681 (UCMA-BT32i)
1	Cable de sensor	1021514 (UCMA-BTsc1)

MONTAJE Y REALIZACIÓN

- Ensamble el montaje de medición (Fig. 1) según el diagrama de circuito (Fig. 2) con la resistencia $R=10 \Omega$ y una bobina de 1200 espiras ($L = 23 \text{ mH}$, $R_L = 19 \Omega$).
- Conecte la línea de medición para el registro de la curva de tensión $U_R(t) = R \cdot I(t)$ al canal CH1 a través de la resistencia de medición, mientras que la línea para registrar la curva de tensión $U_L(t)$ se debe conectar al canal CH2 del osciloscopio a través de la bobina.
- Ajuste en el osciloscopio del PC los siguientes parámetros:
 Horizontal:
 Base de tiempo: 500 $\mu\text{s}/\text{div}$
 Posición horizontal de disparo: 0,0 ns
 Vertical:
 CH1:
 División de la escala de tensión: 200 mV/div CC
 Posición del punto cero: 0,0 divs
 CH2:
 División de la escala de tensión: 1 V/div CC
 Posición del punto cero: 0,0 divs

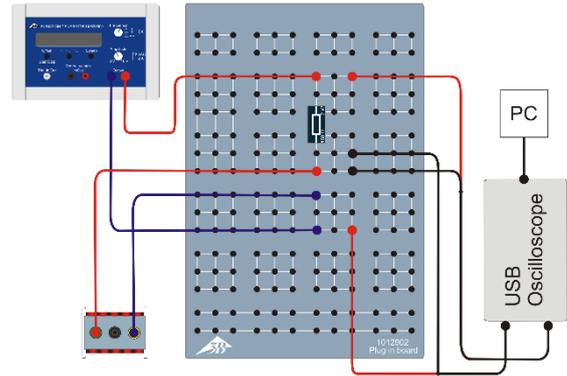
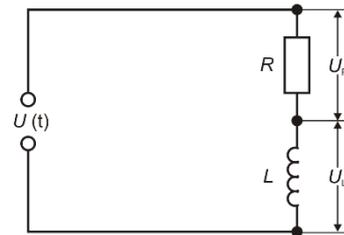


Fig. 2: Diagrama de circuito (arriba) y esquema de montaje (abajo).

Disparo: Simple (no alterno)
 Fuente: CH2
 Modos: flanco
 Flanco: ascendente
 Umbral: 0,000 mV
 Modo de disparo: Automático

Dado el caso, reajuste los parámetros de tiempo/DIV y de voltios/DIV durante las series de medición de manera que su representación se optimice.

- Ajuste una frecuencia de $f = 500 \text{ Hz}$.
- Seleccione la forma de onda senoidal en el generador de funciones así como una amplitud de señal de entrada de $U_0 = 4 \text{ V}$. Para ello ajuste el regulador de amplitud de manera que un máximo o un mínimo de la señal senoidal en el canal CH2 del osciloscopio (con 1 V / división) corresponda a 4 casillas.

El valor de la resistencia de medición R resulta despreciable frente a la resistencia inductiva X_L en lo concerniente a las frecuencias observadas; no obstante, la resistencia óhmica R_L de la bobina se debe tomar en consideración de modo explícito.

Desfase entre corriente y tensión

- Observe y anote la posición relativa de las curvas de tensión $U_L(t)$ y $U_R(t)$ entre la bobina y la resistencia de medición.

Dependencia entre la resistencia inductiva y la inductancia

- Genere por medio de las dos bobinas de 1200 espiras ($L = 23 \text{ mH}$, $R_L = 19 \Omega$), a través de la variación de ese número, las inductancias anotadas en la tabla 1, lea en cada caso las amplitudes U_{L0} y U_{R0} en el osciloscopio t anótelas en la tabla 1.

Las inductancias $N = 400$ y 800 (tomas de una bobina) se pueden calcular por medio de:

$$(8a) \frac{L}{23 \text{ mH}} = \left(\frac{N}{1200}\right)^2 \Leftrightarrow L = \left(\frac{N}{1200}\right)^2 \cdot 23 \text{ mH},$$

y las de $N = 1600, 2000$ y 2400 (circuito en serie de dos bobinas) según:

$$(8b) L = L_{1200} + L_{N-1200} = 23 \text{ mH} + L_{N-1200}$$

L_{N-1200} : inductancia de la bobina de $N-1200$ espiras

Las correspondientes resistencias óhmicas R_L se pueden calcular por medio de:

$$(9) \frac{R_L}{19 \Omega} = \frac{N}{1200} \Leftrightarrow R_L = \frac{N}{1200} \cdot 19 \Omega.$$

Dependencia entre la resistencia inductiva y la frecuencia

- Utilice una bobina de 1200 espiras ($L = 23 \text{ mH}, R_L = 19 \Omega$) al igual que un resistor de 10Ω como resistencia de medición.
- Ajuste en el generador de funciones una tras otra las frecuencias anotadas en la tabla 2, lea las amplitudes U_{L0} y U_{R0} en el osciloscopio y anótelas en la tabla 2.

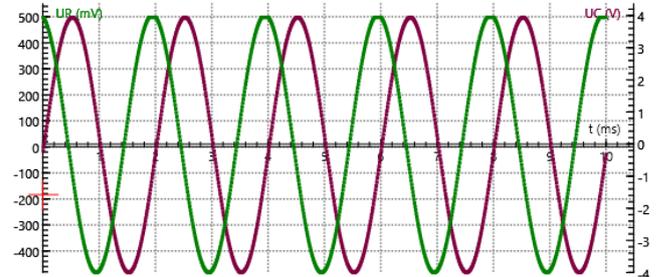
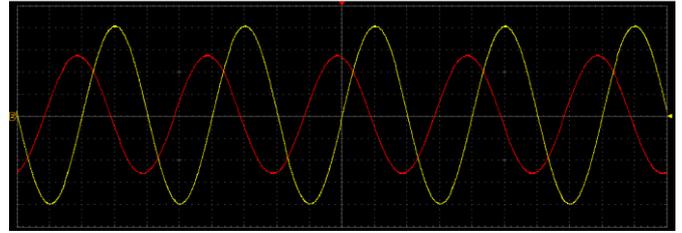


Fig. 3: Bobina en un circuito de corriente alterna: Curso de la corriente; curso de la tensión. Arriba: registro con el osciloscopio del PC (corriente en rojo, tensión en amarillo). Abajo: registro con VinciLab / Coach7 (corriente en verde, tensión en violeta).

EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

Desfase entre corriente y tensión

La señal de la corriente está desfasada en comparación con la de tensión en un cuarto de periodo hacia la izquierda (Fig. 3).

La corriente que circula por la bobina sigue a la tensión en 90° puesto que cada cambio en la corriente induce una tensión antagónica.

Dependencia entre la resistencia inductiva y la inductancia al igual que con la frecuencia

- Calcule la amplitud de la corriente que circula a través de la bobina por medio de:

$$(10) I_0 = \frac{U_{R0}}{R} = \frac{U_{R0}}{10 \Omega}$$

y anote este valor en la tabla 1.

- Calcule la resistencia total de la bobina según:

$$(11) Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = \frac{U_{L0}}{I_0}$$

y anote este valor en la tabla 1.

- Calcule la resistencia inductiva de acuerdo con:

$$(12) X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

y anote este valor en la tabla 1.

- Trace las curvas de la resistencia inductiva X_L en función de la inductancia (tabla 1, fig. 4) y de la frecuencia (tabla 2, fig. 5).

De acuerdo con la ecuación (4), la resistencia inductiva X_L es proporcional a la frecuencia f y a la inductividad L . En los correspondientes diagramas, los valores de medida se encuentran en una recta que pasa por el origen de coordenadas, teniendo en cuenta el marco de la exactitud de medida.

Tab. 1: Dependencia entre la resistencia inductiva y la inductancia, $f = 500 \text{ Hz}, R = 10 \Omega, U_0 = 4 \text{ V}$.

N	L mH	R_L Ω	U_{L0} V	U_{R0} mV	I_0 mA	Z_L Ω	X_L Ω
400	2,6	6,3	2,063	2220	222,0	9,3	6,8
800	10,2	12,7	3,475	860	86,0	40,4	38,4
1200	23,0	19,0	3,725	470	47,0	79,3	77,0
1600	25,6	25,3	3,850	453	45,3	85,0	81,1
2000	33,2	31,7	3,750	313	31,3	119,8	115,5
2400	46,0	38,0	3,775	234	23,4	161,3	156,8

Tab. 2: Dependencia entre la resistencia inductiva y la frecuencia, $L = 23 \text{ mH}, R_L = 19 \Omega, R = 10 \Omega, U_0 = 4 \text{ V}$.

f Hz	U_{L0} V	U_{R0} mV	I_0 mA	Z_L Ω	X_L Ω
100	2,850	995	99,5	28,6	21,4
300	3,525	725	72,5	48,6	44,7
500	3,725	488	48,8	76,3	73,9
800	3,800	325	32,5	116,9	115,3
1200	3,825	217	21,7	176,3	175,3
2000	3,875	131	13,1	295,8	295,2

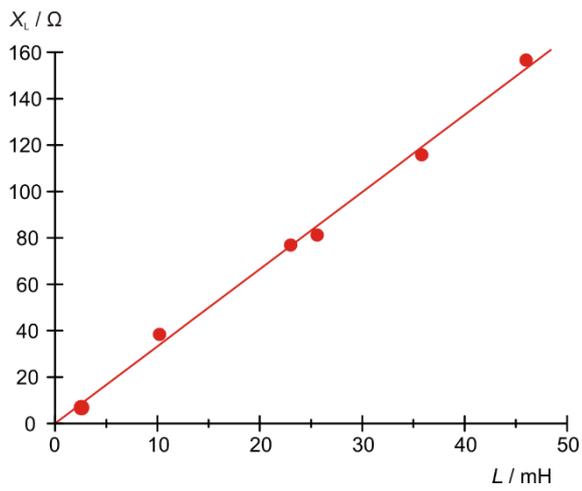


Fig. 4: Resistencia inductiva X_L como función de la inductividad L .

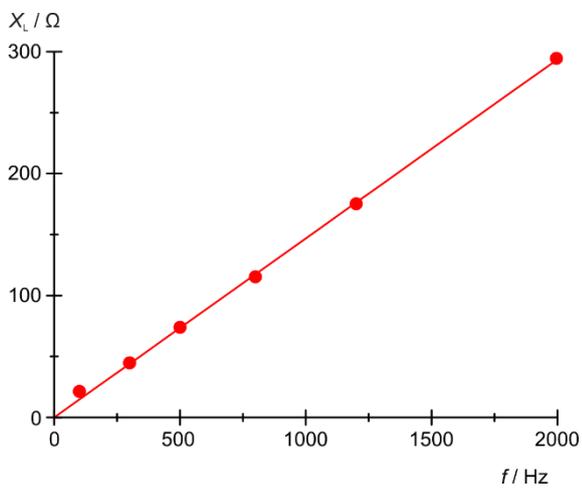


Fig. 5: Resistencia inductiva X_L como función de la frecuencia f .