

Circuito oscilante de LC

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE RESONANCIA DE UN CIRCUITOS OSCILANTE DE LC EN SERIE

- Registro de las curvas de resonancia de amplitud de un circuito oscilante de LC en serie para diferentes amortiguamientos.
- Determinación de la frecuencia de resonancia del circuito oscilante de LC en serie.

UE3050400

05/18 UD

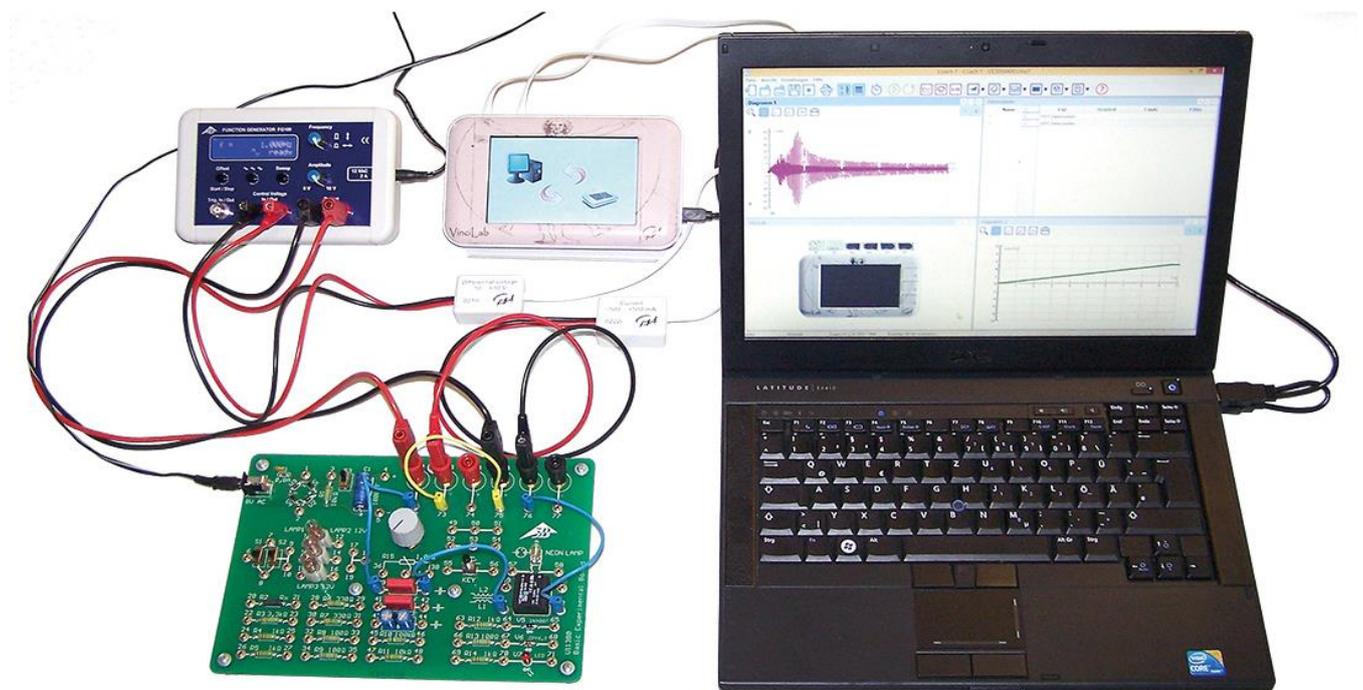


Fig. 1: Disposición de medición.

FUNDAMENTOS GENERALES

Un circuito eléctrico oscilante es una conexión que puede entrar en resonancia compuesta de una bobina de inductividad L y un condensador de capacidad C . Por intercambio periódico entre el campo magnético de la bobina y el campo eléctrico del condensador el circuito oscilante realiza oscilaciones eléctricas. El intercambio conduce alternativamente a la máxima intensidad de corriente en la bobina y a la máxima tensión en el condensador.

Cuando el circuito oscilante no oscila libremente sino que es excitado desde fuera por una señal senoidal, éste oscila entonces con la misma frecuencia de la excitación y las amplitudes de la corriente y la tensión en cada uno de los componentes dependen de la frecuencia. La corriente I se obtiene de la ley de Ohm:

$$(1) \quad I = \frac{U}{Z} = \frac{U_0 \cdot e^{j\omega t}}{Z}$$

U : Tensión senoidal de entrada

U_0 : Amplitud, ω : Frecuencia angular

Z : Impedancia total

En una conexión en serie, la impedancia total es la suma de las impedancias de los componentes individuales. Se agrega una resistencia óhmica R que en un circuito oscilante real tiene en cuenta las pérdidas internas que aparecen y que puede ser completado por una resistencia óhmica externa R_{ext} . Es decir que

$$(2) \quad Z = R + i\omega L + \frac{1}{i\omega C}$$

De (1) y (2) se obtiene para la corriente

$$(3) \quad I(\omega) = \frac{U_0 \cdot e^{i\omega t}}{R + i\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

La magnitud de la corriente corresponde a su amplitud, la cual depende de la frecuencia y es:

$$(4) \quad I_0(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

Se hace máxima con la frecuencia de resonancia

$$(5) \quad f_r = \frac{\omega_r}{2\pi} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

y llega allí al valor

$$(6) \quad I_0(\omega_r) = \frac{U_0}{R}$$

Es decir, que el circuito oscilante en serie, en caso de la resonancia, se comporta como si sólo estuviese compuesto de una resistencia óhmica. En especial una capacidad y una inductividad conectadas en serie representan un cortocircuito en caso de resonancia.

En el experimento se genera una tensión alterna por medio de un generador de funciones, con la cual se excita el circuito oscilante. Se mide la corriente I en dependencia con la frecuencia f manteniendo constante la amplitud de la tensión. La corriente se mide con un interface de medición y se capta con un software de medición y evaluación, luego se representa gráficamente. La curva de resonancia de la amplitud de la corriente, es decir, la dependencia de la amplitud de la corriente con la frecuencia se registra automáticamente.

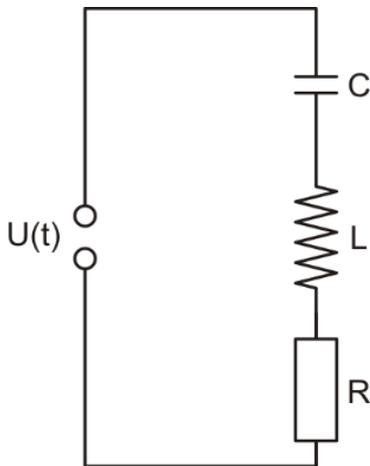


Fig. 2: Esquema de conexión para el circuito oscilante LC en serie.

LISTA DE APARATOS

1	Panel de experimentación de fundamentos @230V	1000573 (U11380-230)
ó	@115V	1000572 (U11380-115)
1	Generador de funciones FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
ó	@115V	1009956 (U8533600-115)
1	Juego de 15 cables de experimentación 1 mm ² , 75 cm	1002840 (U13800)
1	VinciLab	1021477 (UCMA-001)
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)
2	Sensor de tensión diferencial de 10 V	1021680 (UCMA-0210i)
1	Sensor de corriente 500 mA	1021679 (UCMA-0222i)

MONTAJE Y AJUSTES

Cableado

- Establezca las siguientes conexiones:
 FG 100 Control Voltage OUT → sensor de tensión → VinciLab A1
 FG 100 Output → X2, X5 de la placa
 X3, X6 de la placa → sensor de corriente → VinciLab A2
 72 ↔ 39 de la placa
 40 ↔ 61 de la placa
 62 ↔ 76 de la placa
 75 ↔ 73 de la placa

Generador de funciones FG 100

- Seleccione la forma de señal senoidal.
- Gire hacia la derecha el regulador de amplitud hasta llegar al tope de manera que $U_0 = 10 \text{ V}$.
- Pulse la tecla «Sweep» y seleccione los siguientes ajustes:
 Start: 1 Hz
 Stop: 1000 Hz
 Mode: int. single
 Time: 10.00 segundos

En la pantalla aparece entonces la palabra «ready»

La unidad FG 100 se encuentra ahora configurada para la medición.

VinciLab y Coach 7

- Instale el software Coach 7 en el PC que vaya a emplear para la medición.
- Conecte la unidad VinciLab al PC por medio del cable USB.
- Inicie el VinciLab y el programa Coach 7. En el Coach 7 pulse el botón , en 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: VinciLab».

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

- Pulse el botón , introduzca los siguientes parámetros y, a continuación, confirme con «OK»:

Método

Tipo: Basado en tiempo
 Midiendo Tiempo: 10 segundos
 Frecuencia: 200 por segundo
 Número de Muestras: 2000

Disparo:

Canal de disparo: A2: Sensor Corriente Eléctrica
 Nivel de disparo 0,4 mA
 Dirección: Ariba
 Tiempo de Predisparo: 0 segundos

- Pulse el botón .

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

- Pulse la llave que se encuentra en la barra de encabezamiento de la ventana que contiene la tabla de datos. En el menú que se abre, y que permite introducir nuevas variables («Adicionar una Nueva Variable») seleccione las opciones de hacerlo en la serie de datos («Dentro de la Serie de datos») y en la «Fórmula». En la ventana «Propiedades de la Variable» que se abre y que permite elegir las propiedades de la variable, introduzca los siguientes parámetros:

Etiqueta: *f*
 Unidad: Hz
 Fórmula: $V/0,005$

La unidad FG 100, al conectarse con el terminal «Control Voltage» como salida («Out») genera una rampa de tensión de 0 a 5 V que corresponde a un voltaje de 0,005 V/Hz para el rango de frecuencia de 1 Hz a 1000 Hz que se va a explorar.

En la tabla de datos surge una nueva columna para la frecuencia *f*.

- Pulse el botón . En el menú que se abre «Agregar nueva», seleccione la opción que permite introducir un nuevo diagrama, 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 de tensión del encabezamiento de la segunda columna, llévelo hacia el botón izquierdo del diagrama y, en cuanto aparezca un marco azul, púlselo. Pulse el símbolo de frecuencia del encabezamiento de la cuarta columna, llévelo hacia el botón inferior del diagrama y, en cuanto aparezca un marco azul, púlselo.

Ahora se le ha asignado el eje X del diagrama a la frecuencia y el Y a la corriente.

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

REALIZACIÓN

- Inicie la medición con Coach 7 pulsando el botón . Se abre una ventana de espera por el disparo «Esperando un evento con condición».
- Pulse la tecla «Start» de la unidad FG 100. Apenas se sobrepase el umbral de disparo, se inicia automáticamente el escaneo de frecuencia. Los valores de medida registrados se representan en el diagrama que aparece en Coach 7.

Dado que se mide corriente continua, se representan los valores de las dos polaridades. La curva de resonancia corresponde a la envolvente del cuadrante positivo.

- Realice la medición en la bobina L2 (conexiones 59 y 60 en lugar de en los terminales 61 y 62 del panel de experimentación de base).

EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

La figura 3 muestra las curvas de resonancia de amplitud de la corriente de las bobinas L1 y L2 del panel de experimentación de base, además de $R_{ext} = 0$. Como era de esperarse, la frecuencia de resonancia f_r coincide con la máxima amplitud de la corriente I_0 .

- Pulse el botón  de Coach 7 y, en el menú que se abre, elija la opción de seleccionar o eliminar valores («Seleccionar/Remover Datos»). En la ventana que se abre ahora seleccione el método de punto a punto («Método de Selección: Punto por punto»). Aparece ahora un retículo rojo.
- Lleve el retículo al máximo y anote los valores de la frecuencia de resonancia y de corriente.

$$(7) \quad \begin{aligned} f_r &= \begin{cases} 178 \text{ Hz} & (\text{Bobina L1}) \\ 88 \text{ Hz} & (\text{Bobina L2}) \end{cases} \\ I_0(f_r) &= \begin{cases} 59 \text{ mA} & (\text{Bobina L1}) \\ 24 \text{ mA} & (\text{Bobina L2}) \end{cases} \end{aligned}$$

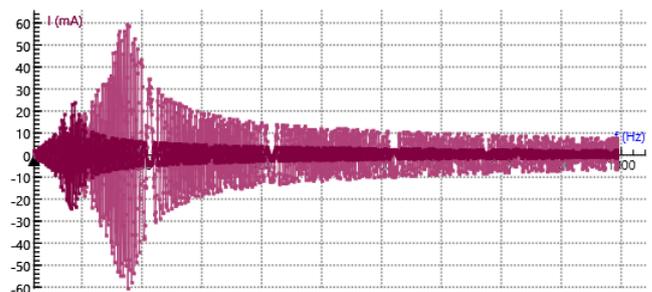


Fig. 3: Curvas de resonancia de amplitud de la corriente de las bobinas L1 y L2, además de $R_{ext} = 0$. Captura de pantalla del programa Coach 7.

Calcule las inductancias *L* desconocidas a partir de la capacitancia conocida $C = 2,2 \mu\text{F}$ aplicando la ecuación (5):

$$(8) \quad L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_r^2 \cdot C} = \begin{cases} 363 \text{ mH} & (\text{Bobina L1}) \\ 1487 \text{ mH} & (\text{Bobina L2}) \end{cases}$$

Calcule las resistencias óhmicas *R* a partir de las amplitudes máximas de la curva de resonancia por medio de la ecuación (6) ($U_0 = 10 \text{ V}$):

$$(9) \quad R = \frac{U_0}{I_0(f_r)} = \begin{cases} 169 \Omega & (\text{Bobina L1}) \\ 417 \Omega & (\text{Bobina L2}) \end{cases}$$

Dado que no se ha integrado al circuito ninguna resistencia externa R_{ex} , *R* corresponde a las pérdidas óhmicas en el circuito oscilante real.