

Circuito LC oscilante

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE RESSONÂNCIA DE UM CIRCUITO LC OSCILANTE EM SÉRIE

- Registro das curvas de ressonância de amplitude do circuito LC oscilante em série para diferentes abafamentos.
- Determinação da frequência de ressonância do circuito LC oscilante em série.

UE3050400

05/18 UD

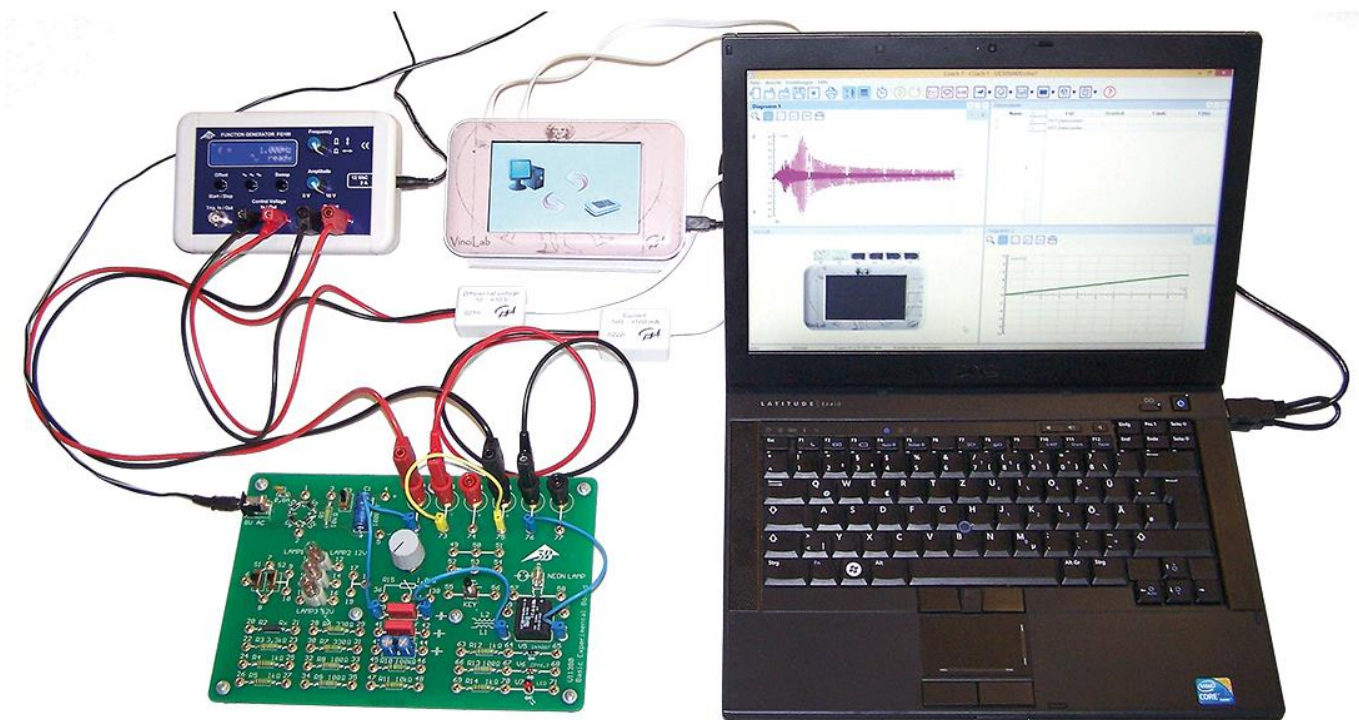


Fig. 1: Disposição de medição

FUNDAMENTOS GERAIS

Um circuito oscilante elétrico é uma ligação capaz de ressonância, constituída de uma bobina com a indutividade L e de um capacitor com a capacidade C . Pela troca periódica da energia entre o campo magnético da bobina e o campo elétrico do capacitor, o circuito oscilante realiza oscilações elétricas. A troca leva alternadamente à máxima amperagem na bobina ou à máxima voltagem no capacitor.

Se o circuito oscilante não oscilar livremente, mas também for excitado externamente por sinal senoidal, ele oscila com a

mesma frequência da excitação e as amplitudes da corrente e das tensões nos componentes individuais são dependentes da frequência. A corrente I é obtida através da lei de Ohm:

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

U : Tensão de entrada senoidal

U_0 : Amplitude, ω : Frequência do circuito

Z : Impedância total

Em uma ligação em série, a impedância total é a soma das impedâncias dos componentes individuais. A isto se soma uma resistência ôhmica R , que considera as perdas que surgem em um circuito oscilante e eventualmente é completada por uma resistência externa R_{ext} . Então

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

A partir de (1) e (2), resulta, para a corrente

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

O valor da corrente corresponde a sua amplitude, que é dependente da frequência:

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

Ela chega ao máximo na frequência de ressonância

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

e ali, alcança o valor

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

O circuito oscilante em série, portanto, se comporta, em caso de ressonância, como se ele se constituísse somente de uma resistência ôhmica. Em especial, uma capacidade e uma indutividade ligadas em série representam, em caso de ressonância, um curto-circuito.

Na experiência, é gerada uma tensão alternada com o gerador de funções, com a qual o circuito oscilante é excitado. A corrente I é medida em dependência da frequência f com amplitude de tensão mantida constante. A corrente é medida com uma interface de medição e registrada por um *software* de medição e avaliação e representada graficamente. A curva de ressonância de amplitude da corrente, ou seja, a dependência da amplitude da corrente da frequência, é registrada automaticamente.

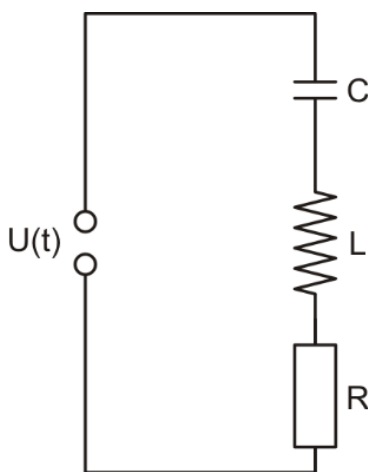


Fig. 2: Esquema de ligação para o circuito LC oscilante em série.

LISTA DE APARELHOS

1	Painel de experimentação com fundamentos @230V	1000573 (U11380-230)
ou	@115V	1000572 (U11380-115)
1	Gerador de funções FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
ou	@115V	1009956 (U8533600-115)
1	Conjunto de cabos para experiências, 1 mm², 75 cm	1002840 (U13800)
1	VinciLab	1021477 (UCMA-001)
1	Coach 7, licença escolar 5 anos	1021522 (UCMA-18500)
ou	Coach 7, licença universitária 5 anos	1021524 (UCMA-185U)
2	Sensor de voltagem 10 V, diferencial	1021680 (UCMA-0210i)
1	Sensor de corrente 500 mA	1021679 (UCMA-0222i)

MONTAGEM E AJUSTES

Cabeamento

- Realizar as seguintes conexões:
 - FG 100 Control Voltage OUT → Sensor de voltagem → VinciLab A1
 - FG 100 Output → Board X2, X5
 - Board X3, X6 → Sensor de corrente → VinciLab A2
 - Board 72 ↔ 39
 - Board 40 ↔ 61
 - Board 62 ↔ 76
 - Board 75 ↔ 73


Gerador de funções FG 100

- Selecionar a forma de sinal seno.
 - Girar o ajuste de amplitude para a direita até o final, ou seja, $U_0 = 10 \text{ V}$.
 - Pressionar a tecla “sweep” e selecionar os ajustes a seguir:
 - Início: 1 Hz
 - Parada: 1000 Hz
 - Modo: int. single
 - Tempo: 10.00 sec
- Na tela, aparecerá “ready”.


O FG 100 está configurado para a medição.

VinciLab e Coach 7

- Instalar o software Coach 7 no computador de medição.
- Conectar o VinciLab ao computador com o cabo USB.
- Inicializar VinciLab e Coach 7. Clicar no botão , selecionar, na janela que se abre “Login (registrar-se)”, o nome de usuário “User level: Author (autor)” do menu suspenso, inserir a senha do autor “Author key:” e confirmar com OK.

- Clicar no botão . Na janela que se abre “Activity Options (ajustes para atividades)”, confirmar as pré-seleções “Activity type: Measurement (tipo atividade: Medição)” e “Interface: VinciLab”, clicando nelas e confirmar com OK.

O software realiza a conexão com o VinciLab. Uma imagem do VinciLab com pictogramas dos sensores conectados surge na janela mais inferior à esquerda das quatro.


- Clicar no botão , inserir os parâmetros a seguir e, em seguida, confirmar com OK.

Method (Método)

Type (Tipo): Comandado por tempo
 Measuring time (Duração da medição): 10 segundos
 Frequency (Frequência): 200 por segundo
 Number of samples (Número de medições): 2000

Triggering (Trigger)

Trigger channel (Canal de trigger): A2: Current sensor (Amperímetro)
 Trigger level (Limiar de trigger): 0,4 mA
 Direction (Direção): up (para cima)
 Pre-trigger time (Tempo pré-trigger): 0 segundos

- Clicar no botão .


A tabela de dados aparece na janela superior direita. Ela contém colunas (ainda vazias) para o tempo *t*, a voltagem *U* e a corrente *I*.

- Na janela com a tabela de dados, clicar na chave de boca na barra de título. No menu que se abre, selecionar “Add a New Variable (adicionar nova variável)”, “into Data Series (na sequência de dados)” e “Formular (fórmula)”. Na janela que se abre “Variable Properties (variável – características)”, inserir os parâmetros a seguir:

Label (Tamanho): f
 Unit (Unidade): Hz
 Formula (Fórmula): V/0,005

O FG 100, no chaveamento da “Control Voltage” como saída (“Out”), gera uma rampa de voltagem 0 - 5 V, correspondente a uma tensão de 0,005 V/Hz para a faixa de frequência 1 - 1000 Hz a ser percorrida.

Na tabela de dados, aparece uma quarta coluna para a frequência *f*.

- Clicar no botão . No menu que se abre, selecionar “Add new (Adicionar novo)” mover o cursor do mouse para a janela superior esquerda e clicar na janela.


Na janela, aparece um diagrama (ainda vazio).

- Na tabela de dados, clicar no símbolo de voltagem da segunda coluna, arrastar para a área esquerda do diagrama e, quando aparecer um quadro azul, clicar no quadro. Clicar no símbolo de frequência no título da segunda coluna, arrastar para a área inferior do diagrama e, quando aparecer um quadro azul, clicar no quadro.

O eixo x do diagrama agora é a frequência que atribui a corrente ao eixo y.

O VinciLab e o Coach 7 estão configurados para a medição.

EXECUÇÃO


- Iniciar a medição no Coach 7 clicando no botão . Abre-se uma janela “Waiting for trigger event (Aguarde Trigger)”.
- Pressionar a tecla “iniciar” no FG 100. Assim que o limiar do trigger tiver sido ultrapassado, o escaneamento da frequência inicia automaticamente. Os valores de medição registrados são representados no Coach 7 no diagrama.

Como se mede corrente contínua, os valores de ambas as polaridades são representados. A curva de ressonância corresponde à envolvente no quadrante positivo.

- Realizar a medição com a bobina L2 (conexões 59 e 60 ao invés de 61 e 62 na placa de experiências fundamentais).

EXEMPLO DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

A Fig. 3 mostra as curvas de ressonância de amplitude para as bobinas L1 e L2 na placa de experiências fundamentais e $R_{ext} = 0$. Conforme esperado, com a frequência de ressonância f_r há respectivamente a amplitude máxima da corrente I_0 .

- No Coach 7, clicar no botão , e selecionar “Select/Remove Data (selecionar/apagar valores)” no menu que se abre. Na janela que se abre, selecionar “Selection method: Point by point (método: pontualmente)”. Aparece uma mira vermelha.
- Levar a mira até o máximo e anotar os valores para a frequência de ressonância e a corrente:

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

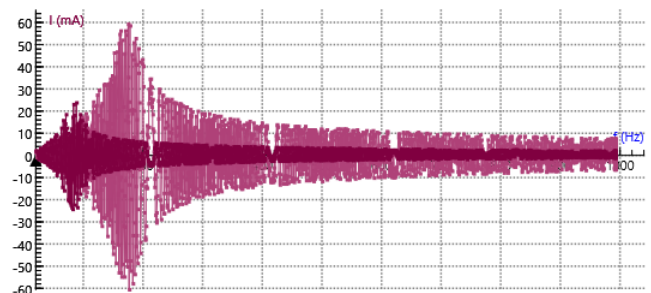


Fig. 3: Curvas de ressonância de amplitude da corrente para as bobinas L1 e L2 e $R_{ext} = 0$. Captura de tela do Coach 7.

Calcular as indutividades desconhecidas *L* a partir da capacidade conhecida $C = 2,2 \mu\text{F}$ mediante aplicação da equação (5):

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

Calcular as resistências ôhmicas *R* a partir das amplitudes máximas da curva de ressonância mediante aplicação da equação (6) ($U_0 = 10 \text{ V}$):

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

Como não há resistência externa R_{ext} conectada, *R* corresponde às perdas ôhmicas no circuito oscilante real.