



PSI 3212 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

1º Semestre de 2016

Experiência 9

REDES DE SEGUNDA ORDEM

GUIA EXPERIMENTAL

Elisabete Galeazzo e Leopoldo Yoshioka

Lista de materiais

- Fonte de tensão E3631A da Agilent
- Gerador de funções
- Osciloscópio
- Multímetro Tektronix TX3 portátil
- Medidor LCR
- Resistores (2) $R = 470 \text{ k}\Omega$
- Capacitores (2) $C = 3,3 \text{ nF}$; (2) 10 nF ; (1) $4,7 \text{ nF}$; (2) 1 nF
- Indutores (2) $L = 3,3 \text{ mH}$
- Potenciômetro de $10 \text{ k}\Omega$
- Protoboard, fios e cabos

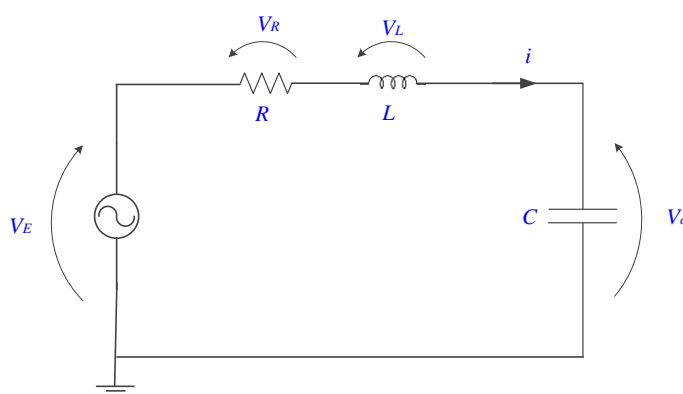
INTRODUÇÃO

Neste experimento as redes elétricas de segunda ordem serão constituídas por um resistor, um indutor e um capacitor associados em série ou em paralelo (circuitos RLC).

1. RESPOSTA TRANSITÓRIA DE UM CIRCUITO RLC SÉRIE

O objetivo deste item é analisar as três possíveis respostas transitórias de circuitos RLC série, categorizadas como oscilação subamortecida, oscilação criticamente amortecida e oscilação superamortecida, por meio de valores apropriados dos componentes dos circuitos.

Execute os itens **1.1**, **1.2**, **1.3** antes de montar o circuito abaixo (Figura 1):



Valores nominais:

R = 10 kΩ (potenciômetro),

L = 3,3 mH;

C = 3,3 nF.

Figura 1 – Circuito RLC série.

1.1 Avalie a faixa de excursão de resistência do potenciômetro (Figura 02). A seguir, ajuste-o para fornecer “zero” ohms ou a menor resistência possível (escolher pinos 1-2 ou 2-3).

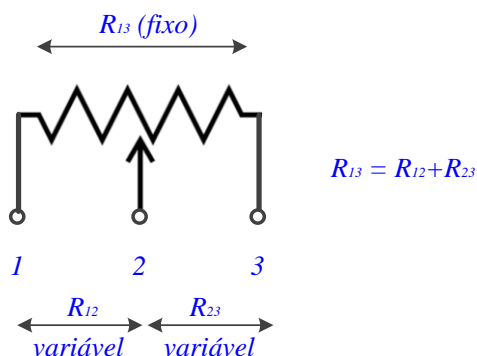


Figura 02 – Potenciômetro de 10 kΩ adaptado para o experimento.

1.2 Meça a resistência série (R_{LS}) e a indutância série (L_s) do indutor L, cujo valor comercial é 3,3 mH, com um LCR meter na frequência de 1 kHz;

1.3 Meça a capacitância paralela C_P e a resistência paralela (R_{Cp}) do capacitor C (valor comercial de 3,3 nF) na frequência de 1 kHz com o LCR meter;

1.4 A seguir, monte o circuito RLC série conforme indicado na Figura 1. Ajuste o sinal de entrada adequadamente para visualizar a resposta transitória do circuito até alcançar o regime permanente em corrente contínua. Adote 10 Vpp do sinal de entrada para melhor visualização dos sinais.

O potenciômetro, que apresenta resistência variável, será o componente do circuito que deverá ter seu valor ajustado para atender as diferentes solicitações do experimento. Analisaremos a tensão de saída do circuito sobre o capacitor $v_c(t)$.

1.5 Encontre a condição de oscilação “sub-amortecida” do circuito, alterando-se o valor do potenciômetro. Procure obter 5 a 10 ciclos de oscilação num mesmo intervalo de tempo que descreve a resposta transitória do circuito.

1.6 Meça a resistência do potenciômetro ajustada para a condição acima e calcule a resistência equivalente que o capacitor enxerga no circuito.

1.7 Visualize no osciloscópio apenas um dos transitórios da tensão de saída com a melhor resolução possível, e que contenha os ciclos de oscilação mais significativos. Faça um esboço das curvas obtidas no osciloscópio em gráfico apropriado no seu relatório ($v_e(t)$ e $v_c(t)$).

1.8 Meça a frequência de oscilação subamortecida (f_d) a partir das curvas experimentais. Calcule ω_d .

1.9 Para que valor tende a tensão no capacitor após cada transitório? Por quê?

1.10 O objetivo deste item é determinar experimentalmente a função que descreve o comportamento da queda das amplitudes máximas da oscilação amortecida num transitório. Para isso, é necessário determinar o fator de amortecimento (α) do circuito, analisando-se a tensão de pico nos diversos ciclos de um mesmo transitório.

Dica: Para obtenção de α , meça a tensão em dois picos da curva de oscilação num transitório, conforme indicação da Tabela 1 do seu relatório (por exemplo, meça a tensão máxima no primeiro e no sexto pico da oscilação, para minimizar erros).

Na sequência, obtenha a relação matemática entre α e os parâmetros experimentais (v_1 , v_n e Δt_n , (sendo $\Delta t_n = t_n - t_1$)). A partir da relação encontrada e dos dados experimentais, determine α experimental.

1.11 Faça uma análise do resultado obtido, respondendo os tópicos abaixo:

- a) Qual é a relação entre o fator de amortecimento e a constante de tempo associada à oscilação amortecida?
- b) A frequência de oscilação amortecida do circuito depende do sinal de alimentação do circuito? Justifique sua resposta.
- c) A partir do fator de amortecimento, calcule a resistência equivalente do circuito. Compare o valor calculado com o valor da resistência equivalente do circuito calculado através dos valores dos componentes. Justifique eventuais diferenças.

1.12 Altere a resistência do circuito para visualizar a condição de oscilação criticamente amortecida. Meça a resistência do potenciômetro nesta condição e calcule a resistência equivalente do circuito. Faça um esboço do sinal nesta condição em gráfico apropriado, utilizando-se a mesma escala adotada no experimento anterior.

1.13 Altere a resistência do circuito para visualizar a condição de oscilação superamortecida. Meça a resistência do potenciômetro e calcule a resistência equivalente do circuito nesta condição. Faça um esboço da curva obtida no osciloscópio em gráfico apropriado, adotando-se a mesma escala dos dois gráficos anteriores.

2. RESPOSTA DO CIRCUITO RLC EM FREQUÊNCIA

O objetivo deste item é obter a frequência de ressonância do circuito RLC série experimentalmente.

2.1 Altere o circuito RLC analisado para a mesma condição de oscilação subamortecida indicada no item 1.5. A seguir, altere gradativamente a frequência da onda quadrada (sinal de alimentação) até chegar em 45 kHz. No osciloscópio, visualize como a tensão sobre o capacitor se comporta até chegar neste valor. Pede-se:

- a) Esboçar o sinal observado no capacitor ao chegar a 45 kHz.
- b) Explicar por que não se observou o fenômenos transitórios visto no item 1?

2.2 Encontre a frequência de ressonância do circuito (f_0), alterando-se a frequência do sinal de alimentação (onda quadrada) até obter a máxima amplitude da tensão sobre o capacitor.

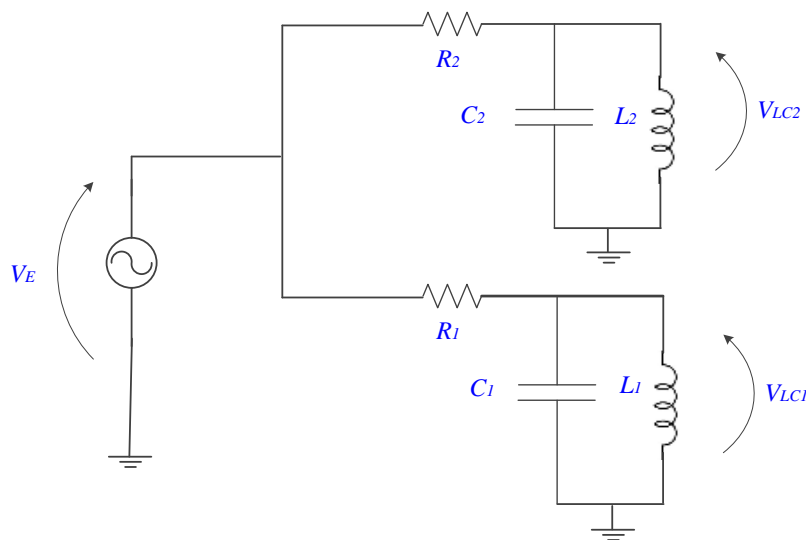
2.2.1 Dada a relação entre ω_0 , ω_d e α apresentada na introdução teórica, calcule f_0 a partir de ω_d e α obtidos experimentalmente no item 1. Compare o valor calculado com o valor de frequência de ressonância obtida experimentalmente. O que se pode concluir?

2.3 Aumente a frequência do sinal de alimentação em torno de 150 kHz. Descreva o sinal observado (forma de onda, frequência, amplitude). Justifique a razão do sinal visualizado.

3. BATIMENTO AMORTECIDO COM CIRCUITOS RLC

O objetivo aqui é visualizar o efeito denominado batimento amortecido ao se somar os sinais de transitórios de dois circuitos RLC com frequências de oscilação amortecidas muito próximas entre si.

3.1 Monte os dois circuitos RLC paralelos, conforme esboço da Figura 3.



Valores nominais:

$$R_1 = R_2 = 470 \text{ k}\Omega;$$

$$L_1 = L_2 = 3,3 \text{ mH};$$

$$C_1 = 10 \text{ nF e } C_2 = 15 \text{ nF}$$

(dica: utilize associações entre capacitores para alcançar este valor).

Figura 03 – Circuitos RLC paralelo com alimentado com o mesmo gerador.

Os dois circuitos devem ser alimentados com o mesmo gerador e ao mesmo tempo, para que seja possível visualizar suas respostas transitórias em conjunto no osciloscópio. Utilize um sinal com **20 V_{pp}** e baixa frequência para melhor visualização dos sinais num transitório. Note que ambos os circuitos apresentam oscilação amortecida como resposta transitória. Obs: As tensões V_{LC1} e V_{LC2} são bem atenuadas com relação aos 20 V_{pp} da entrada!

- 3.2 Determine a frequência de oscilação amortecida de cada circuito.
- 3.3 A seguir some ponto a ponto os sinais de saída de cada circuito. Ajuste a taxa de varredura do osciloscópio para visualizar apenas as amplitudes de oscilação de um transitório, a fim de melhorar a resolução das medições.
- 3.4 Imprima o gráfico do sinal de batimento observado no intervalo.
- 3.5 Determine experimentalmente:
 - a) o período e a frequência da soma gerada. Compare o resultado com o valor esperado teoricamente. Apresente o erro relativo.
 - b) O período e a frequência do sinal da onda moduladora. Compare com o valor esperado teoricamente. Apresente o erro relativo.
 - c) O período e a frequência do batimento. Compare com o valor esperado teoricamente. Apresente o erro relativo.

Indique os períodos medidos na curva esboçada do batimento.