

Universidade Federal do Pará
Centro de Ciências Exatas e Naturais
Departamento de Física
Laboratório Básico III

Experiência 03
CIRCUITO R.L.C. EM SÉRIE (RESSONÂNCIA).

1. OBJETIVO

Estudar o comportamento de um circuito RLC série em ressonância.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Em um conjunto de elementos de circuito ligados em série (figura 01), a tensão total é igual a soma das tensões nos terminais de cada elemento. A impedância equivalente do circuito é igual a soma das impedâncias individuais, sendo a corrente circulante a mesma em todos os trechos do circuito.

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots \quad (1)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (2)$$

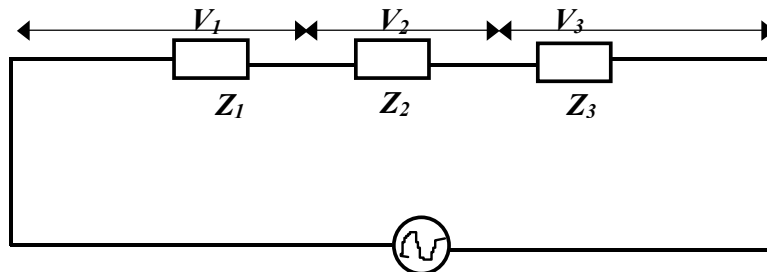


Figura 01

Seja o circuito em série constando de R , L e C (figura 02), onde

$$V_R = Ri \quad V_L = L \frac{di}{dt} \quad V_C = \frac{1}{C} \int idt \quad (3)$$

Neste circuito temos que o valor absoluto da impedância é

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

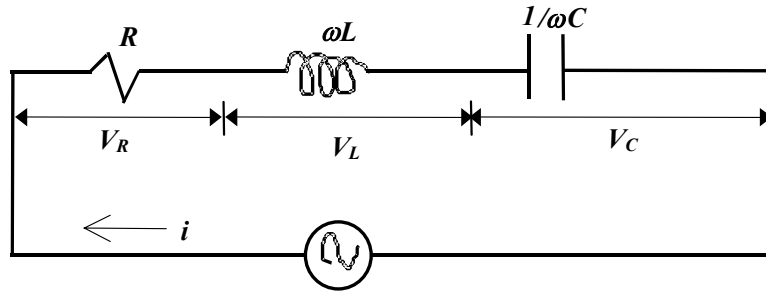


Figura 02

Para este circuito o ângulo de fase é dado por

$$\phi = \arctan \left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \right). \quad (5)$$

Este circuito estará em ressonância quando a reatância do mesmo for nula, $X = 0$, isto é, quando o circuito se tornar puramente resistivo. Nestas condições teremos que $X_L = X_C$, implicando que

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (6)$$

Assim teremos que para um circuito RLC em ressonância, sua frequência será dada por

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\text{Hz}] \quad (7)$$

O amortecimento relativo de um oscilador é expresso por um número para o qual usa-se em geral a letra Q como símbolo representativo. Q é denominado “*Fator de Qualidade*”, sendo definido como

$$Q = 2\pi \frac{\text{máxima energia armazenada}}{\text{energia média dissipada por ciclo}} \quad (8)$$

Para o circuito RLC em série aqui considerado, o fator de qualidade é dado pela expressão

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega C R} \quad (9)$$

O fator de qualidade de um circuito R.L.C. em série pode também ser expresso em função da *largura de faixa* ou *banda* (B) e da *frequência de ressonância*.

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{f_0}{B} \quad (10)$$

onde f_1 e f_2 são denominadas *freqüências de corte*, ou *freqüências dos pontos de meia potência*, e correspondem aos pontos em que $i = \frac{i_{\max}}{\sqrt{2}}$ ou $V = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}}$ sendo a potência fornecida igual a metade do valor máximo obtido em ressonância.

3. QUESTÕES

1. Na condição de ressonância, o que acontece com o valor da impedância e o valor da corrente? Por que?

2. Qual o valor do ângulo de fase na condição de ressonância?

3. Em um circuito RLC em série ressonante, a energia armazenada é constante?

4. Demonstre as expressões do fator de qualidade. Dê o significado físico.

$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad \text{e} \quad Q = \frac{f_0}{B}$$

5. Mostre que a frequência de ressonância é a média geométrica das frequências de corte ou frequências de meia potência.

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

6. Nas frequências de meia potência inferior e superior, o que ocorre com as reatâncias indutivas e capacitivas?

7. Demonstre que

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \text{e} \quad \phi = \arctan\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}\right)$$

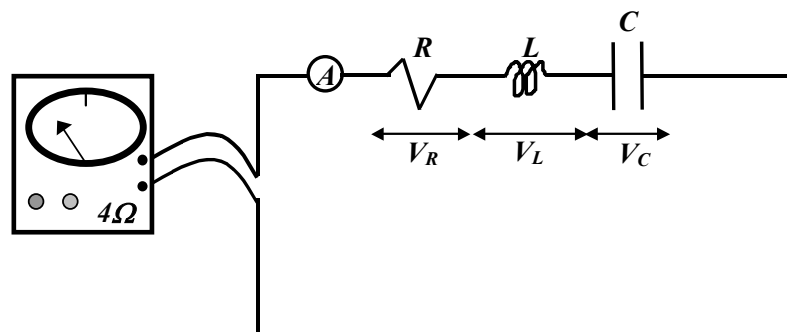
8. Na condição de ressonância, tensão e corrente estão em fase. Por que?

4. MATERIAL UTILIZADO

- Resistência
- Indutor
- Capacitor
- Gerador de audio
- Cabos de conexão
- Papel milimetrado (traga de casa)

5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Monte o circuito da figura abaixo



2. Certifique-se de que a montagem está correta, chame o professor ou monitor.
3. Faça uma previsão teórica da frequência de ressonância. Verifique se é compatível com as frequências fornecidas pelo gerador.
4. Verifique a escala da fonte de frequência.
5. Obtenha a curva de ressonância qualitativamente, variando a frequência em um intervalo largo ao redor do valor por você previsto e observe as indicações nos multitestes (voltímetros e amperímetros). Agora que você já tem uma idéia geral de como se comportarão os elementos, vamos efetuar as medidas de fato. Observe no amperímetro quando a corrente inverte o sentido e nos voltímetros, quando $V_L = V_C$.
6. Varie a frequência (escolha intervalos adequados) e anote em uma tabela os respectivos valores de I , V_R , V_L , V_C e V .

f	I	V_R	V_L	V_C	V	Obs.

7. Troque o valor da resistência e faça novas medidas.

6. TRATAMENTO DE DADOS

1. Construa as curvas $I \times f$, $V_R \times f$, $V_L \times f$ e $V_C \times f$. Observação: construa o gráfico para as diferentes resistências no mesmo eixo para você poder comparar melhor.
2. Construa os gráficos $Z \times f$, $X_C \times f$, $X_L \times f$ e $R \times f$, todos em um mesmo gráfico.
3. Determine a frequência de ressonância. Compare o valor teórico e o valor experimental.
4. Determine o fator de qualidade experimentalmente na frequência de ressonância e compare com o valor teórico determinado para a mesma frequência. Qual a influência do valor de R ?
5. Qual o valor da largura de banda de sua experiência? Determine-o.
6. Determine as reatâncias indutivas e capacitivas para as frequências dos pontos de meia potência.
7. Faça um comentário geral após comparar os diferentes gráficos obtidos para diferentes resistências.

7. BIBLIOGRAFIA

1. RESNICK, R. , HALIDAY, D. , *Fundamentos da Física*, Volume IV, 6ª Edição, Livros Técnicos Científicos, 1996
2. SERWAY, R. A., *Física*, Volumes IV, , 3ª Edição, Livros Técnicos e Científicos, 1992.
3. RAMOS, Luis Antônio Macedo, *Física Experimental*, Porto Alegre, Mercado Aberto, 1984.
4. DANO, Higinio S., *Física Experimental I e II*, Caxias do Sul, Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1985.
5. SILVA, Wilton Pereira, CLEIDE M. D. , *Tratamento de Dados Experimentais*, 2ª Edição, João Pessoa, Editora Universitária, 1998.
6. VUOLO, Jose Henrique, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ª Edição, Editora Edgar BLUCHER
7. GOLDEMBERG, JOSÉ, *Física Geral e Experimental*, Volume II.