

# Eletricidade e Magnetismo II – 2º Semestre/2014

## Experimento 6: RLC – Ressonância

Nome: \_\_\_\_\_ Nº USP: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Nº USP: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Nº USP: \_\_\_\_\_

### 1. Objetivo

Observar o fenômeno de ressonância no circuito RLC, verificando as diferenças de fase entre as tensões no capacitor, resistor e indutor em relação à fonte. Medir a amplitude da tensão dos componentes em função da frequência e comparar com os valores teóricos para a frequência de ressonância.

### 2. Introdução

Uma forma de suprir as perdas de energia num circuito RLC é introduzir uma fonte de tensão que seja variável no tempo. Assim, a energia perdida devido às resistências no circuito vai ser compensada pela energia externa adicional cedida pela fonte. Um circuito elétrico com estas características é representado na Figura 1. Note que esse circuito é similar ao estudado no experimento 3, contudo agora a fonte não é mais do tipo quadrada, mas ela varia senoidalmente em função do tempo.

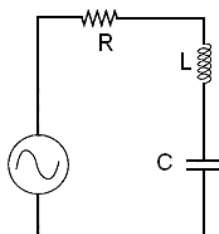


Figura 1: Circuito RLC em série com fonte de corrente alternada.

Assumimos que a fonte externa oscila com uma frequência angular  $\omega$  da seguinte forma:

$$V(t) = V_0 \cos \omega t$$

Aplicando a segunda lei de Kirchhoff, teremos;

$$V_L + V_R + V_C = V_0 \cos \omega t$$

Cuja equação diferencial é

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = V_0 \cos \omega t$$

Uma análise física do sistema leva-nos a concluir que o mesmo oscilará indefinidamente (após um período transiente), pois, as perdas de energia promovidas pelo resistor serão compensadas pela fonte externa, que fornece energia continuamente. Desta forma, uma solução para a equação diferencial acima estabelece que a carga no capacitor deva ter uma variação temporal do tipo senoidal:

$$q(t) = q_0 \sin(\omega t - \phi)$$

sendo  $q_0$  a carga máxima no capacitor,  $\omega$  a frequência angular do circuito e  $\phi$  uma fase inicial.

$$\frac{dq}{dt} = q_0 \omega \cos(\omega t - \phi) \quad \text{e} \quad \frac{d^2q}{dt^2} = -q_0 \omega^2 \sin(\omega t - \phi)$$

De onde tiramos que a corrente no circuito será igual a,

$$i = i_0 \cos(\omega t - \phi)$$

Nos circuitos RLC com fonte alternada pode ocorrer o fenômeno denominado ressonância. Isso ocorrerá sempre que a frequência angular da fonte externa for igual à frequência natural de oscilação do circuito. Nessa situação a impedância do circuito deve ser mínima, isto implica que  $X_L$  (**reatância indutiva**) e  $X_C$  (**reatância capacitiva**) devem ser iguais em módulo, então temos que:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

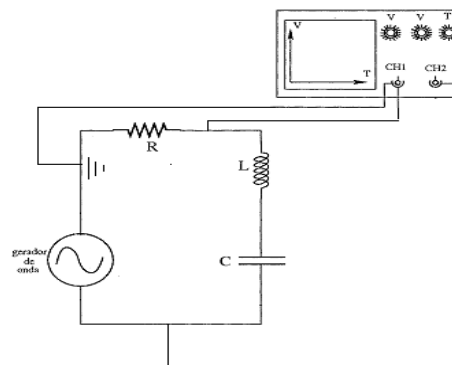
Como consequência, a **amplitude da tensão** nos componentes do circuito (resistor, capacitor e indutor) terá seu **valor máximo** quando a frequência angular da fonte assumir o valor acima. O valor da amplitude nos componentes no regime de ressonância pode **superar a amplitude da tensão na fonte**, pois o circuito está **aproveitando ao máximo a energia** cedida pela mesma.

### 3. Procedimento Experimental

O experimento consiste de: 1° determinação da frequência de ressonância; 2° ângulo de defasagem entre os componentes (capacitor, resistor, indutor) e a fonte.

#### Parte I

Primeiramente monte o circuito mostrado na figura a seguir:



**Figura 2:** Circuito RLC com corrente alternada. Estamos medindo a tensão no resistor (CH1) e fonte (CH2).

Em seguida aperte o botão *<autoset>* para que o osciloscópio ajuste as escalas automaticamente; mude as mesmas manualmente (se achar necessário) para uma melhor visualização das ondas.

Agora coloque **0,01 $\mu$ F** no capacitor; use um resistor de **100 $\Omega$**  e na fonte utilize uma frequência de aproximadamente **6kHz** inicialmente, com amplitude de tensão da ordem de 2V (pico a pico). Use ondas senoidais. O indutor tem o valor de 30mH aproximadamente.

Para calcular a frequência natural de oscilação de um circuito RLC utilizamos a seguinte expressão:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

E para a frequência de ressonância:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Sabendo disso, responda as questões a seguir:

1. Calcule a frequência de ressonância (em Hz) teoricamente e obtenha seu valor experimental (variando a frequência no gerador e considerando a maior amplitude no componente) fazendo a leitura no osciloscópio.

2. Compare os valores obtidos, comentando-os. Eles são compatíveis?

-----

-----

-----

-----

### Parte II

Nesta parte vocês deverão determinar o ângulo de defasagem (diferença de fase dos componentes para a fonte). Para isso, meçam a distância de dois picos (ou vales) sucessivos da fonte (obtendo o período T), depois meçam a diferença entre o pico da fonte e do componente (obtendo a fase  $\Delta t$ ). E pela relação abaixo (“regra de três” simples), obterão o ângulo de defasagem:

$$T \rightarrow 2\pi$$

$$\Delta t \rightarrow \phi$$

O gráfico abaixo serve com auxílio:

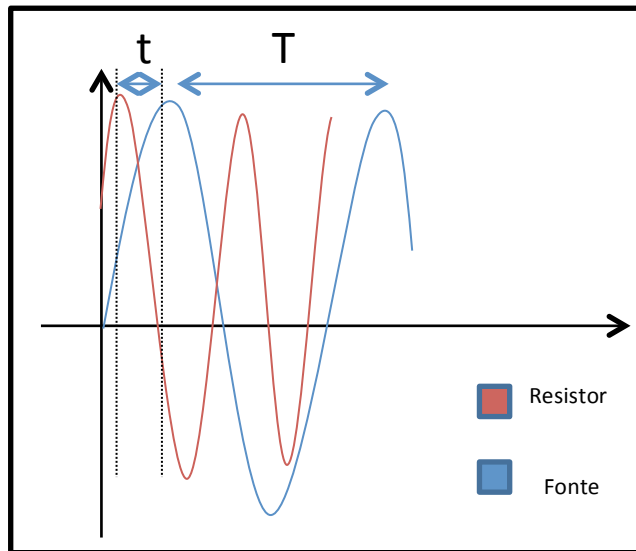


Figura 3: Gráfico para determinação do ângulo de defasagem.

## II.1 Resistor

3. Com o circuito que já está montado, determine o ângulo de defasagem e desenhe as duas ondas observadas no osciloscópio para cada situação a seguir:

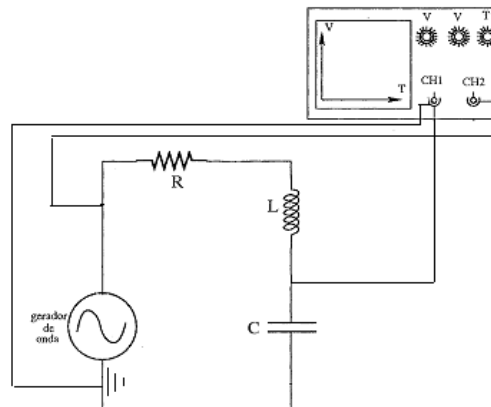
a) Para uma frequência abaixo da ressonância:

b) Para a frequência de ressonância:

c) Para uma frequência acima da ressonância

## II.2 Capacitor

Para o capacitor é necessário fazer uma mudança no circuito. Então observe a figura abaixo e monte o novo circuito.



**Figura 4:** Circuito RLC com corrente alternada. Estamos medindo a tensão no capacitor (CH1) e fonte (CH2).

Agora coloque **a frequência de ressonância experimental** no circuito e responda:

4. Comente o que você acredita que ocorrerá com a defasagem entre a tensão no capacitor em relação à fonte: ela está atrasada, adiantado ou em fase com a fonte? Justifique.

-----

-----

-----

-----

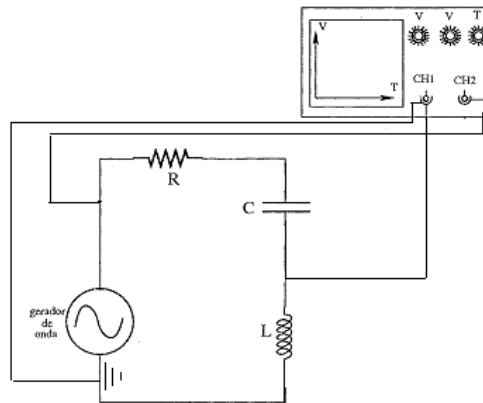
-----

-----

Observe as curvas apresentadas no osciloscópio. Desenhe-as, identificando cada uma e determine o ângulo de defasagem, se existir.

### II.3 Indutor

Para o indutor, vocês deverão inverter a posição do capacitor com o indutor. Observem o novo esquema de circuito:



**Figura 5:** Circuito RLC com corrente alternada. Estamos medindo a tensão no indutor (CH1) e fonte (CH2).

Neste caso também coloque a frequência de ressonância experimental no circuito e responda:

5. Comente o que você acredita que ocorrerá com a defasagem entre a tensão no indutor em relação à fonte. Se está atrasada, adiantada ou em fase e justifique a sua resposta.

-----

-----

-----

-----

Observe as curvas apresentadas no osciloscópio. Desenhe-as, identificando cada uma e determine o ângulo de defasagem, se existir.

