

## Experiência 4

### DEFASAGEM EM CIRCUITO R L C

Na experiência 3, vimos que em um circuito série RLC de corrente alternada, a tensão  $V_R$  no resistor e a corrente estão em fase, a tensão no capacitor  $V_C$  se atrasa  $90^\circ$ , enquanto a tensão no indutor  $V_L$  adianta  $90^\circ$  em relação a corrente. A diferença de fase  $\delta$  entre a tensão e a corrente em um circuito RLC é dada pela equação:

$$\tan \delta = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (1)$$

onde  $R$  é a resistência,  $X_L$  e  $X_C$  são as reatâncias indutivas e capacitivas, respectivamente.

Esta prática se destina à determinação experimental da diferença de fase entre a corrente e a tensão em um circuito RLC. A seguir descrevemos dois métodos. O primeiro consiste em representarmos num mesmo gráfico com um eixo de tempo comum, como mostrado na figura 1, os sinais senoidais da tensão e a corrente. A diferença de fase  $\delta$  entre os dois sinais pode ser facilmente calculada pela equação:

$$\delta = \frac{2\pi}{T} \Delta t \quad (2)$$

onde  $T$  é o período e  $\Delta t$  é o deslocamento relativo entre os dois sinais.

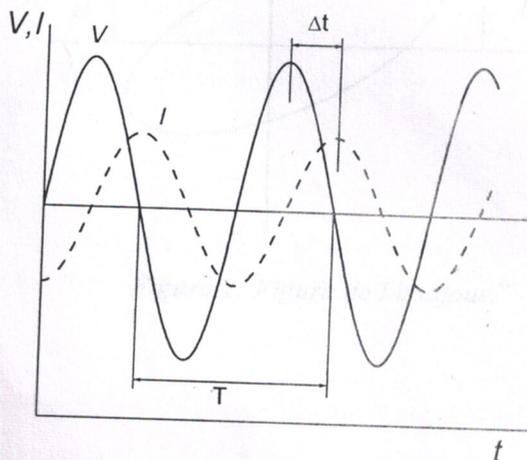
O segundo é o *método da elipse*, que consiste em aplicar às placas horizontais (ou verticais) do osciloscópio a tensão do elemento cuja fase se quer verificar e nas placas verticais (ou horizontais) um sinal proporcional à corrente. O sinal da corrente pode ser obtido através da inserção de uma resistência em série em algum ponto da malha que dê uma voltagem  $V_R = RI$  para o osciloscópio. Este método de medida de defasagem é assim obtido através de *Figuras de Lissajous*.

Considerando os sinais senoidais no osciloscópio são da forma:

$$V_x = V_{x\max} \text{sen}(\omega \cdot t) \quad \text{e} \quad V_y = V_{y\max} \text{sen}(\omega \cdot t + \delta), \quad (3)$$

Responda as questões abaixo:

- a) Mostre que a figura representada por estas duas equações paramétricas é tal que os pontos onde  $V_x = 0$  são caracterizados por:



**Figura 1:** Tensão e corrente senoidais.  $\Delta t$  é a diferença de tempo entre os dois máximos.

Circuitos Capacitivos

$$V_Y (V_X = 0) = \pm V_{Y_{max}} \text{sen} \delta \tag{4}$$

- b) Elimine o parâmetro  $\omega t$  das equações (3) e mostre que a curva  $V_Y(V_X)$  é uma elipse;
- c) Em que condições esta elipse dará um círculo? E uma reta?

Na figura 2 mostramos uma *Figura de Lissajous*, obtida pela aplicação de duas tensões senoidais (figura 1) defasadas de um ângulo  $\delta$  nos canais X e Y do osciloscópio. O valor da defasagem é obtido a partir dos valores de a e b mostrados na figura 2. Sendo assim  $\delta$  é dado por:

$$\delta = \text{arcsen}\left(\frac{a}{b}\right) \tag{5}$$

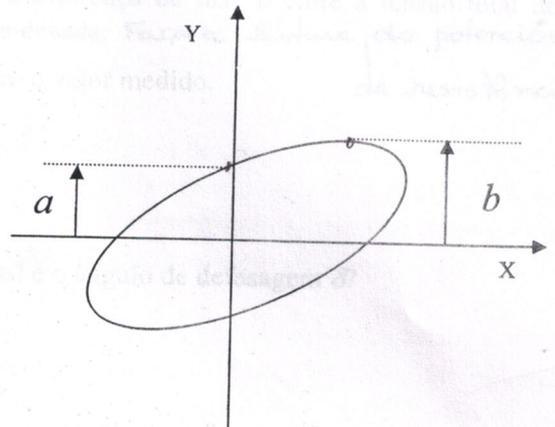


Figura 2: Figura de Lissajous.

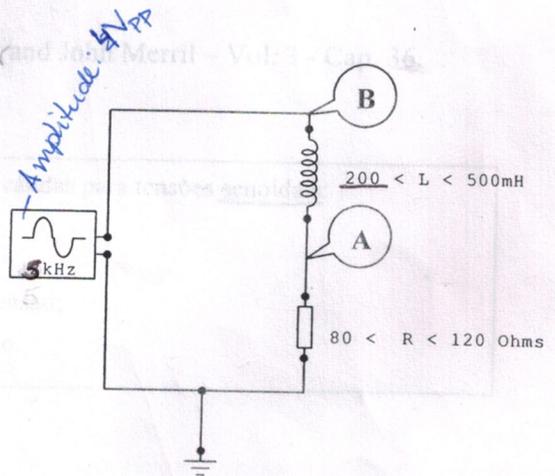
**II – PARTE EXPERIMENTAL**

Circuito Indutivo

1) Monte o circuito RL da figura ao lado, com um indutor L entre 200 e 500 mH. O valor do resistor R deve ser bem pequeno entre 80 a 120Ω (apenas para visualizar a corrente). Certifique-se que a resistência é muito menor que a reatância indutiva  $R \ll X_L = 2 \pi f L$ .

- 3) Ajuste a tensão do gerador de modo a obter uma elipse na tela com uma de frequência 5 kHz. Qual é esta tensão?
- 2) Entre no canal X do osciloscópio a tensão do ponto A para o terra, e no canal Y, a tensão de B para o terra. Selecione a posição X-Y no seu osciloscópio.
- 4) Qual é a defasagem entre a tensão V e a corrente I, que é proporcional à tensão no resistor  $V_R$  (ou seja, entre  $V_Y$  e  $V_X$ )? Lembre-se que você está observando os sinais  $V_X \equiv R I$  e  $V_Y \equiv V_{total}$ .
- 5) Faça um diagrama de fasores para este circuito.

*use 200mH e indutores em série.*



*Amplitude: 5Vpp*

**Circuito Capacitivo:**

- certifique-se que  $R \ll X_c!$
- 1) Troque o indutor por um capacitor  $C = 22 \text{ nF}$  e repita todos os passos anteriores.
  - 2) Insira <sup>um potenciômetro</sup> ~~uma década~~ entre o ponto B e o <sup>capacitor</sup> ~~indutor~~, e varie a resistência de  $0$  a  $9 \text{ K}\Omega$ . Desenhe e explique a *Figura de Lissajours* observada. Meça a diferença de fase  $\delta$  entre a tensão total do circuito e a corrente, <sup>com uma resistência de  $3 \text{ K}\Omega$  na década.</sup> ~~com uma resistência de  $3 \text{ K}\Omega$  na década.~~ <sup>faça a leitura do potenciômetro da resistência</sup>
  - 3) Calcule o valor esperado para a fase e compare com o valor medido.
  - 4) Faça um diagrama de fasores.

**Circuito Resistivo**

Retire o capacitor e feche o circuito em seu lugar. Qual é o ângulo de defasagem  $\delta$ ?

**Circuito RLC**

Com uma resistência em torno de  $3 \text{ K}\Omega$  na década, e com o indutor e capacitor anteriores, monte um circuito RLC em série, e meça a diferença de fase  $\delta$  entre  $V$  e  $I$ . Compare com o valor calculado obtido pelo diagrama de fasores.

**Responda:** Com o método da elipse pode determinar se a tensão está adiantada ou atrasada em relação a corrente, isto é, o sinal de  $\delta$  na equação 1?

Determine o fator de potência do circuito.

**Bibliografia**

- "Fundamentos de Física", D. Halliday, R. Resnick and John Merrill – Vol. 3 - Cap. 36.

**NOTA:** É importante memorizar as seguintes relações, válidas para tensões senoidais:

**Resistor:** Tensão e corrente estão em fase;

**Capacitor:** A corrente se adianta de  $90^\circ$  em relação à tensão;

**Indutor:** A corrente se atrasa de  $90^\circ$  em relação à tensão.