

CIRCUITOS RL E RC PARA CORRENTE ALTERNADA

Leandro Teodoro

Jan/2017

1. INTRODUÇÃO

Neste artigo estudaremos o comportamento dos indutores e capacitores em regime de corrente alternada. O entendimento das características desses circuitos é um pilar para a compreensão de circuitos mais complexos como os filtros, amplificadores sintonizados e muitos outros.

2. DEFASAGEM ANGULAR DE TENSÃO E CORRENTE

Diferentemente dos circuitos resistivos onde a tensão e corrente estão sempre em fase os capacitores e indutores têm como característica uma defasagem angular entre suas tensões e correntes. Como segue na tabela abaixo:

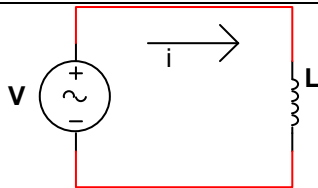
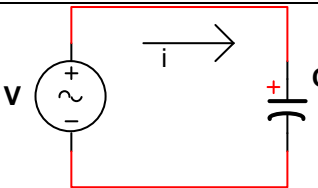
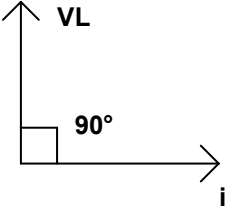
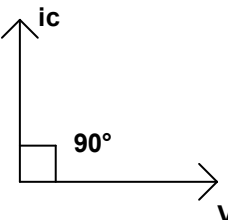
	
	
A tensão no indutor está adiantada 90° em relação a corrente.	A corrente no capacitor está adiantada em 90° em relação a tensão.

Tabela 1 – Defasagem angular no capacitor e no indutor

Abaixo serão propostos dois circuitos em série um RL e outro RC dentro de uma tabela síntese que explicará essas características com a utilização de fasores. Como o circuito está em série, utilizaremos o fasor corrente como referência.

A tensão V_L está adiantada em 90° em relação a tensão em V_R .	A tensão em V_C está atrasada em 90° em relação a tensão em V_R .

Tabela 1 – Defasagem nos circuitos RL e RC em série

Nota-se que V_R , que é a tensão no resistor, como se espera, está em fase com a referência, sendo as tensões V_L e V_C adiantada e atrasada, respectivamente. No caso do circuito RC é possível prever o comportamento fasorial simplesmente rotacionando o bloco de fasores $I_C \times V$ da tabela 1 até I ficar em posição horizontal (referência).

Agora, representaremos os circuitos RL e RC em paralelo e tomaremos a tensão como referência. Novamente é possível utilizar os blocos de fasores da tabela 1 e rotacionar até que V fique na posição de horizontal. A corrente I_R está sempre em fase com V (referência) como já vimos da tabela 2.

A corrente I_L está atrasada em 90° em relação à tensão V de referência.	A corrente I_C está adiantada em 90° em relação à tensão V de referência.

Tabela 3 – Defasagem nos circuitos RL e RC em paralelo

3. REATÂNCIAS INDUTIVAS E CAPACITIVAS

As reatâncias são resistências a passagem de corrente elétrica provocada por capacitores e indutores quando submetidos a um sinal alternado. Quando provocado por indutor tem o nome de reatância indutiva e por capacitor, reatância capacitiva. Ambas são medidas em ohms (Ω).

A reatância indutiva é dada por:

$$X_L = \omega \cdot L \quad \text{onde:}$$

L : indutância em Henry [H]

ω : velocidade angular em [rad/s]

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

f : frequência do sinal

E a reatância capacitiva é dada por:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{onde:}$$

C : capacitância em Faraday[F]

4. IMPEDÂNCIA

A impedância é a interação total dos valores puramente resistivos (resistores) e das reatâncias capacitivas e indutivas. Pelo fato da defasagem do sinal da corrente e tensão, a impedância é um valor vetorial (figura 1). Sendo descrita como um número complexo e tendo como valor absoluto seu módulo.

$$\vec{Z} = R + Xj$$

\vec{Z} : vetor impedância

R : interação total dos valores puramente resistivos

X : interação total das reatâncias

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Z : valor absoluto da impedância

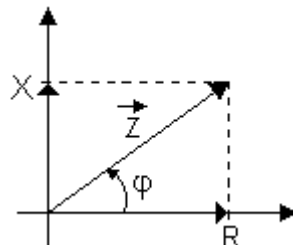
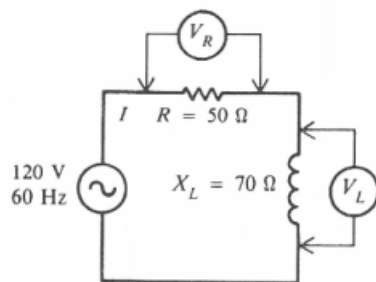


Figura 1 – Vetor impedância

5. CÁLCULO DOS PARÂMETROS DOS CIRCUITOS RC E RL EM SÉRIE

5.1 – Circuito RL série

Dado o circuito abaixo calcule: V_R , V_L , I , Z e ϕ .



A impedância total por:

$$Z = \sqrt{50^2 + 70^2} = 86\Omega$$

A corrente total I:

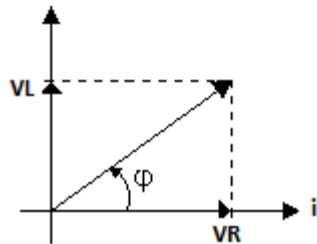
$$I = \frac{VT}{Z} = \frac{120}{86} = 1,4A$$

As quedas de tensão sobre os componentes:

$$VR = I.R = 1,4 \times 50 = 70V$$

$$VL = I.XL = 1,4 \times 70 = 98V$$

O ângulo de defasagem φ :

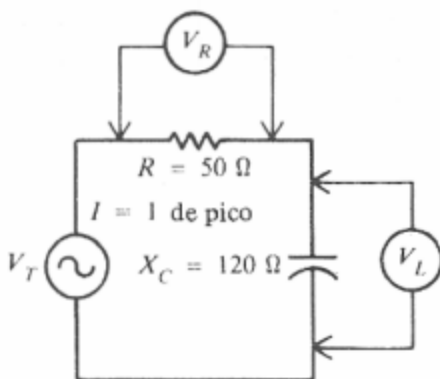


$$\varphi = \arctg\left(\frac{V_L}{V_R}\right) = \arctg\left(\frac{I.XL}{I.XR}\right) = \arctg\left(\frac{XL}{XR}\right)$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{70}{50}\right) = 54,5^\circ$$

5.2 – Circuito RC série

Dado o circuito abaixo calcule: V_R , V_C , V_T , Z e φ .



A impedância total por:

$$Z = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130\Omega$$

As quedas de tensão sobre os componentes:

$$VR = I.R = 1 \times 50 = 50V$$

$$VC = I.XC = 1 \times 120 = 120V$$

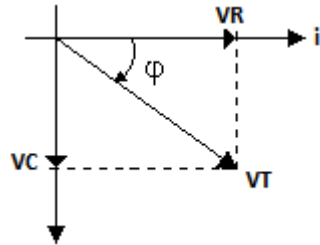
Como a corrente e a tensão estão defasadas VT e dado por:

$$VT = \sqrt{VR^2 + VC^2} = \sqrt{50^2 + 120^2} = 130V$$

Ou

$$VT = Z.I = 130 \times 1 = 130V$$

O ângulo de defasagem φ :

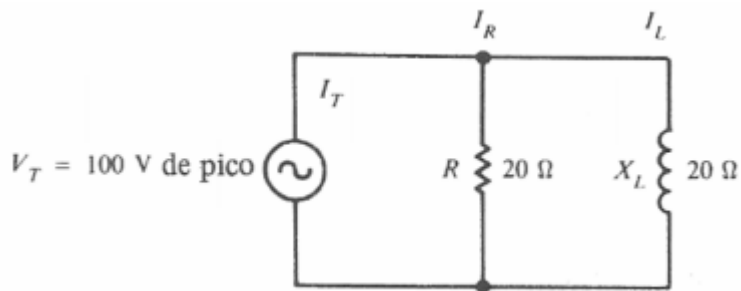


$$\varphi = -\arctan\left(\frac{VR}{VC}\right) = -\arctan\left(\frac{I.R}{I.XC}\right) = -\arctan\left(\frac{XR}{XC}\right)$$

$$\varphi = -\arctan\left(\frac{120}{50}\right) = -67,4^\circ$$

5.3 – Circuito RL paralelo

Dado o circuito abaixo calcule: IR , IL , IT , Z e φ .



As correntes nos ramos são dadas por:

$$IR = \frac{VT}{R} = \frac{100}{20} = 5A$$

$$IL = \frac{VT}{XL} = \frac{100}{20} = 5A$$

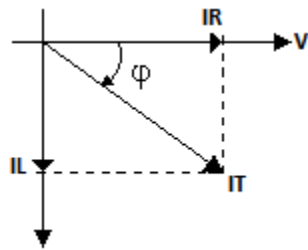
Como a corrente está defasada IT e dado por:

$$IT = \sqrt{IR^2 + IL^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7,07A$$

A impedância total por:

$$Z = \frac{VT}{IT} = \frac{100}{7,07} = 14,1\Omega$$

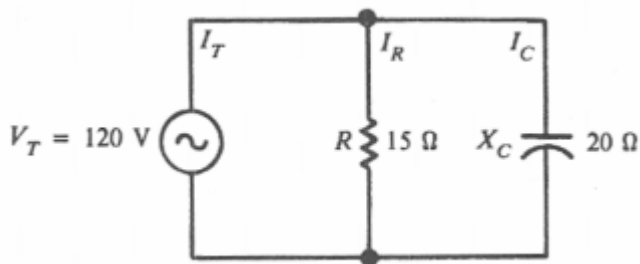
O ângulo de defasagem φ :



$$\varphi = -\arctan\left(\frac{I_L}{I_R}\right) = -\arctan\left(\frac{5}{5}\right) = -45^\circ$$

5.4 – Circuito RC paralelo

Dado o circuito abaixo calcule: I_R , I_L , I_T , Z e φ .



As correntes nos ramos são dadas por:

$$I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{120}{15} = 8A$$

$$I_C = \frac{V_T}{X_C} = \frac{120}{20} = 6A$$

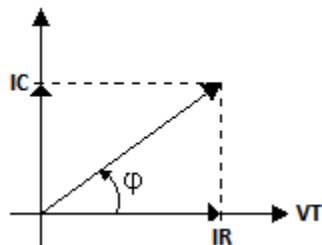
Como a corrente está defasada I_T e dado por:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10A$$

A impedância total por:

$$Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{120}{10} = 12\Omega$$

O ângulo de defasagem φ :



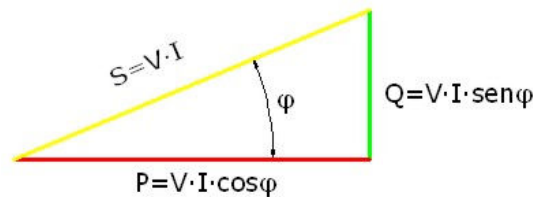
$$\varphi = \arctan\left(\frac{I_C}{I_R}\right) = \arctan\left(\frac{6}{8}\right) = 36,8^\circ$$

6. POTÊNCIAS NOS CIRCUITOS REATIVOS

Pelo fato dos sinais de corrente e tensão não estarem em fase, existem três tipos de potências nos circuitos reativos:

- Potência Aparente: É a potência fornecida pela fonte para alimentar o circuito, medido em VA (Volt Ampere);
- Potência Real: É a que efetivamente é utilizada para realizar trabalho, medida em W (Watts);
- Potência Reativa: Fica armazenada dentro do campo elétrico do capacitor ou no campo magnético do indutor, medida em VAR (Volt Ampere Reativo).

São representadas pelo triângulo de potência e com defasagem angular φ , a potência real e reativa são decompostas pela potência aparente, da forma:



Os cálculos seguem a mesma forma para os circuitos RL e RC série quanto para os circuitos RL e RC paralelo, a título de exemplo utilizaremos os valores do item 5.4.

$$S = VT \cdot IT = 120 \times 10 = 1200VA$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = 1200 \times \cos(36,8^\circ) = 960,8W$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 1200 \times \sin(36,8^\circ) = 718,8VAR$$

O Fator de Potência é dado por $\cos \varphi$ (em algumas literaturas como $\cos \theta$, sendo $\varphi = \theta$), no exemplo acima o Fator de Potência é:

$$FP = \cos \varphi = \cos(36,8^\circ) = 0,80 = 80\%$$

7. REFERÊNCIAS

[1]. R Eletricidade Básica, Milton Gussow, 2ª Edição – Makron Books.