



POTÊNCIA MONOFÁSICA NO DOMÍNIO DO FASORES EM CIRCUITOS CA

Este roteiro de laboratório foi convertido para simulação computacional usando o software PSIM, tendo sido mantido os objetivos da prática original.

OBJETIVOS

- Determinar a potência complexa de cargas de natureza indutiva e capacitiva.
- Determinar o fator de potência de cargas monofásicas.

MATERIAL A SER UTILIZADO NA PRÁTICA

- Computador
- Simulador PSIM

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Banco de Resistores
Valor Nominal 125 Ω
- Banco de Indutores
Valor Nominal 1,47 H
- Banco de Capacitores
Valor Nominal 9,22 μF
- Voltímetro C.A.
- Amperímetro C.A.
- Wattímetro

CONCEITO TEÓRICO

Seja uma tensão senoidal $v(t)$ aplicada a um circuito elétrico, com corrente $i(t)$ suprida pela fonte, definidas como:

$$v(t) = V_p \cos(\omega t + \theta_v) \quad (1)$$

$$i(t) = I_p \cos(\omega t + \theta_i) \quad (2)$$

em que θ_v , θ_i são ângulos de fase da tensão e corrente, respectivamente, sendo $\theta = \theta_v - \theta_i$ a defasagem angular entre tensão e corrente.

No domínio dos fasores, tensão e corrente podem ser expressas como fasores que giram com frequência angular ω , representados por função exponencial, tendo-se omitido o termo $e^{j\omega t}$.

$$\vec{V} = V_{EF} e^{j\theta_v} \quad (3)$$

$$\vec{I} = I_{EF} e^{j\theta_i} \quad (4)$$

O produto do fasor de tensão pelo conjugado do fasor de corrente é chamado de potência complexa S .

$$S = \vec{V} \vec{I}^* = V_{EF} I_{EF} e^{j(\theta_v - \theta_i)} = V_{EF} I_{EF} e^{j\theta}$$

$$= V_{EF} I_{EF} \cos\theta + j V_{EF} I_{EF} \sin\theta \quad (5)$$

A potência média, ativa ou real que a fonte entrega ao circuito é então definida como:

$$P = \operatorname{Re}(\vec{V} \cdot \vec{I}^*) = \operatorname{Re}(V_{EF} I_{EF} e^{j\theta}) = V_{EF} I_{EF} \cos\theta \quad (6)$$

A potência reativa do circuito é calculada por:

$$Q = \operatorname{Im}(\vec{V} \cdot \vec{I}^*) = \operatorname{Im}(V_{EF} I_{EF} e^{j\theta}) = \pm j V_{EF} I_{EF} \sin\theta \quad (7)$$

Em circuitos *cc*, a potência real é simplesmente obtida pelo produto da tensão vezes a corrente. No entanto, em *ca* o produto da tensão vezes corrente, em seus valores eficazes, recebe o nome de *potência aparente* ($|S| = V_{EF} I_{EF}$), pois “aparentemente” é a potência convertida em trabalho útil por uma carga em *ca*. No entanto, quando há circulação de potência reativa, a potência útil não será igual à potência aparente.

Em um circuito *ca*, a relação entre a potência real, média ou ativa P e a potência aparente $|S|$ é chamada de *fator de potência*, FP .

$$FP = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{V_{EF} I_{EF}} \quad (8)$$

Na análise de circuitos puramente senoidais, o fator de potência é simplesmente $\cos\theta$, sendo chamado de *fator de potência de deslocamento*, $FPD = \cos\theta$. O ângulo de defasagem θ entre tensão e corrente é simplesmente o ângulo da impedância.

Quando a carga é tipicamente indutiva, o FP é dito em atraso ou indutivo; quando a carga é tipicamente capacitiva, o FP é dito em avanço ou capacitivo.

A potência ativa P depende pois do fator de potência:

$$P = V_{EF} I_{EF} \cos\theta = V_{EF} I_{EF} \cdot FPD \quad (9)$$

A unidade da potência complexa S e da potência aparente é o volt-ampère VA. A unidade da potência ativa P é o watt W, e o módulo da componente imaginária a unidade da potência reativa Q medida em *var*. Se o sinal da componente imaginária de S é positivo, a carga é tipicamente indutiva; se for negativo, a carga é tipicamente capacitiva.

A potência complexa entregue a várias cargas interligadas é a soma das potências complexas entregues a cada uma das cargas, individualmente, não importa a forma como as cargas estão interligadas.

Potência em Função da Impedância da Carga

Considerando um fasor de tensão $\vec{V} = V_{EF} \angle \theta_v$ alimentando uma impedância $Z = |Z| \angle \theta_z$, o fasor corrente é expresso por:

$$\vec{I} = \frac{V_{EF}}{|Z|} \angle (\theta_v - \theta_z) \quad (10)$$

E a potência complexa S será:

$$S = \vec{V} \vec{I}^* = V_{EF} \angle \theta_v \left(\frac{V_{EF} \angle \theta_v}{|Z| \angle \theta_z} \right)^* = \frac{V_{EF}^2}{|Z|} \angle \theta_z = |S| \angle \theta_z \quad (11)$$

O módulo da potência complexa monofásica (potência aparente) é a relação entre o módulo do fasor de tensão ao quadrado e módulo da impedância, e o argumento de S é o argumento da própria impedância Z .

No caso de um resistor, $|Z| = R$ e $\theta_Z = 0^\circ$, logo:

$$S = \frac{V_{EF}^2}{R} \quad (12)$$

Em elementos indutivos puros, o módulo de $|Z|$ é a própria reatância X_L e $\theta_Z = 90^\circ$, logo:

$$S = \left(\frac{V_{EF}^2}{X_L}\right) \angle 90^\circ = +jQ_L \quad (13)$$

sendo Q_L a potência reativa do indutor.

De forma semelhante, em um capacitor,

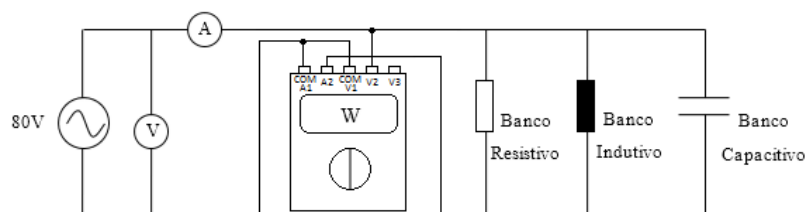
$$S = (V_{EF}^2/X_C) \angle -90^\circ = -jQ_C \quad (14)$$

sendo Q_C a potência reativa do capacitor.

PROCEDIMENTO

1. Montar e simular no PSIM o circuito da Figura 1, que é alimentado por uma fonte senoidal com tensão eficaz de 80 V em 60 Hz.

Figura 1 – Circuito com carga R, RC, RL e RLC.

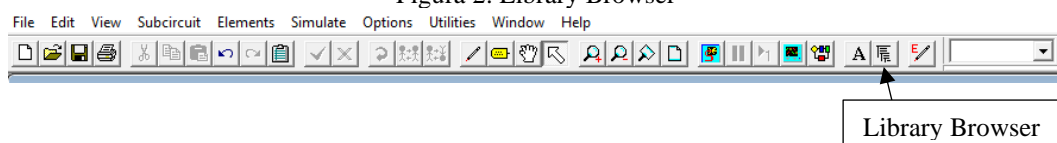


2. De acordo com a condição da carga mostrada na Tabela 1:
 - a) Medir a corrente suprida pela fonte à carga inserindo no circuito um *Current Probe*.
 - b) Usando o instrumento wattímetro do PSIM, medir a potência ativa do circuito.

Dica:

O wattímetro (Wattimeter) pode ser encontrado na barra de ferramentas em “**Library Browser**”, como ilustrado na Figura 2. Procurar os elementos de interesse.

Figura 2. Library Browser



- c) Calcular a potência aparente do circuito inserindo o instrumento *Voltage Probe* em paralelo à fonte de suprimento.
- d) Calcular o fator de potência de deslocamento *FPD*, a potência reativa *Q* e a potência complexa *S*.
- e) Comentar os valores de potência ativa *P* para as condições de carga *L* e *C*.

Dica:

Na janela de especificação do indutor e do capacitor, selecionar **Model Level 2**, e inserir em *Parallel Resistance* o valor desejado para a resistência interna **paralela** do indutor e capacitor a fim de considerá-los ‘*não ideal*’. Considere $R_L = 11.111,71 \text{ ohms}$ e $R_C = 5.766,38 \text{ ohms}$ para **cada componente individual**. Utilizar o valor de resistência indicado acima no campo *Parallel Resistance*.

- f) Comparar e analisar as diferenças entre as componentes imaginárias da potência complexa *S* para a condição de carga em paralelo ($R//L//C$) e as condições individuais *R*, *L* e *C*.

Tabela 1 – Determinação da Potência Complexa.

Condição de Carga	<i>V</i> [V]	<i>I</i> [A]	<i>P</i> [W]	<i>S</i> [VA]	<i>FPD</i>	<i>Q</i> [var]	<i>S</i>
Simplesmente 3R	80						
Simplesmente 6L							
Simplesmente 6C							
3R//6L							
3R//6C							
3R//6L//6C							

(*) 3R=3 resistores em paralelo; 6L= 6 indutores em paralelo; 6C=6 capacitores em paralelo. Símbolo //: paralelo
Símbolo //: paralelo

Dicas:

Tempo de simulação: Na janela *Simulation Control* ajustar para 0.5 s o tempo total de simulação;

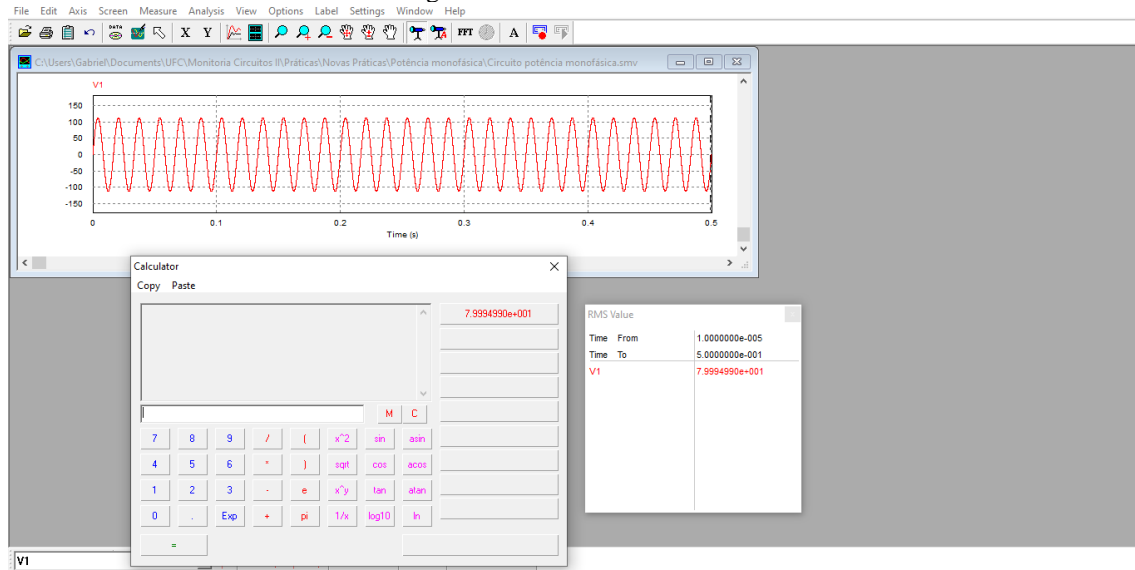
Funções Enable e Disable: Pode utilizá-las clicando em cima dos elementos para habilitá-los ou desabilitá-los. Por exemplo, desabilitar “L” e “C” no circuito da Figura 1 quando tiver uma condição de carga somente resistiva.

Obs.: Caso ocorra erro na leitura do wattímetro quando estiver sendo aferida a leitura de potência ativa no circuito somente com indutor ou capacitor, deve-se retirar o wattímetro e montar o circuito sem este.

Calculadora: É possível utilizar uma calculadora no PSIM em **Barra principal -> Utilities -> Calculator**.

Com um duplo click p.ex. em V1 na menor caixa da Figura 3 também abriria a calculadora e já jogaria o valor para a memória da mesma, como mostrado na Figura 4 na janela que possui o nome *Calculator*.

Figura 3 - Calculadora no PSIM



REFERÊNCIAS

HAYT, Jr., W.H., KEMMERLY, J.E. **Análise de Circuitos em Engenharia.**

McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1973.

EDMINISTER, J.A. **Circuitos Elétricos.** São Paulo: Editora McGraw-Hill, 2ª Ed. São Paulo, 1991.