PEA3390 - Eletricidade Aplicada I (2023)

Conteúdo de hoje:

5. Senoides e fasores (continuação)
   ...
   5.5. Potência instantânea
   5.6. Potência complexa, ativa, reativa e fator de potência
   5.7. Correção do fator de potência

6. Circuitos trifásicos
   6.1. Conceitos gerais de sinais trifásicos
   6.2. Sequência de fases e operador alfa
   6.3. Carga equilibrada - Ligação Y e D
   6.4. Linha de transmissão equilibrada e sem mútuas
   6.5. Fontes simétricas - Ligação Y e D

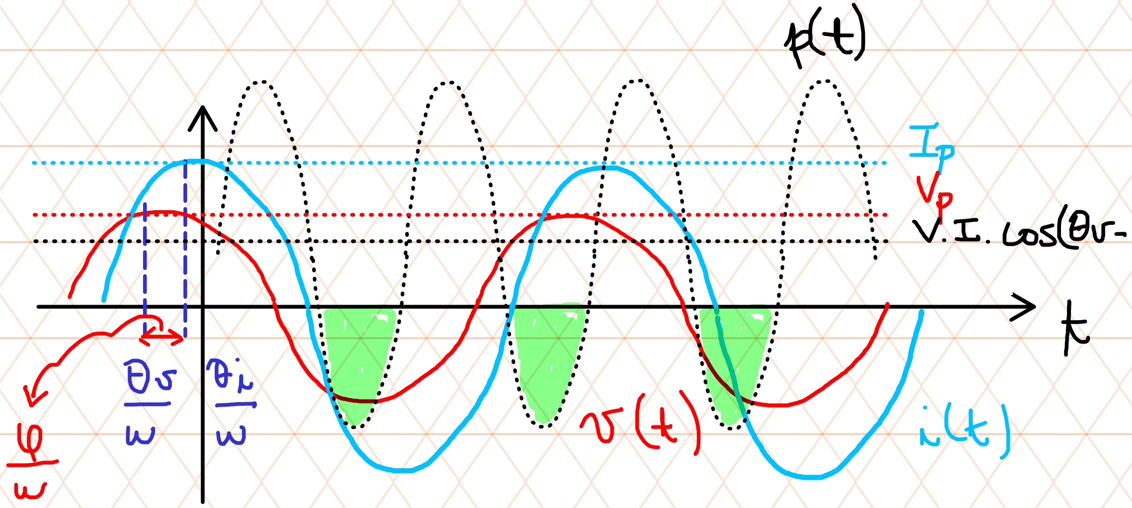
Começamos em breve

27/09/23

L·PROT

5. Senoides e fasores (continuação)

5.5. Potência instantânea



$$\begin{cases} v(t) = V_p \cos(\underbrace{\omega t + \theta_v}_{a}) \rightsquigarrow \dot{V} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}\angle\theta_v \\ i(t) = I_p \cos(\underbrace{\omega t + \theta_i}_{b}) \rightsquigarrow \dot{I} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}\angle\theta_i \end{cases}$$

V, I

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad [W]$$

$$\begin{cases} \cos(a+b) = \cos a \cos b - \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \\ \cos(a-b) = \cos a \cos b + \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \end{cases} +$$

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2}\left\{\cos(a+b) + \cos(a-b)\right\}$$

defasagem $= \varphi$

$$p(t) = \frac{V_p I_p}{2} \cdot \left\{\underbrace{\cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i)}_{\text{varia no tempo}} + \underbrace{\cos(\theta_v - \theta_i)}_{\text{invariante no tempo}}\right\}$$

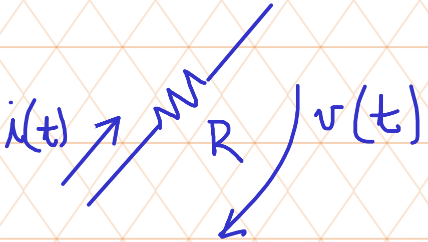
$$p(t) = \underbrace{\frac{V_p}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_p}{\sqrt{2}}}_{V.I.} \cdot \left\{\cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) + \cos(\overbrace{\theta_v - \theta_i}^{\varphi})\right\}$$

L·PROT

O valor médio da potência instantânea é:

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_1 - T/2}^{t_1 + T/2} p(t)\,dt = V.I\cos\overbrace{(\theta_v - \theta_i)}^{\varphi} \quad [W]$$

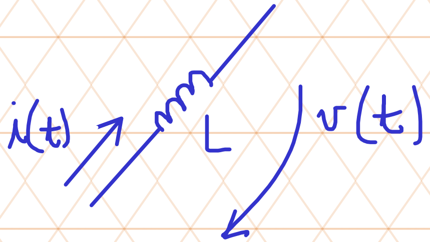
a) Para o resistor



$$v(t) = R \cdot i(t) \longrightarrow \theta_v = \theta_i$$

$$P = V I$$

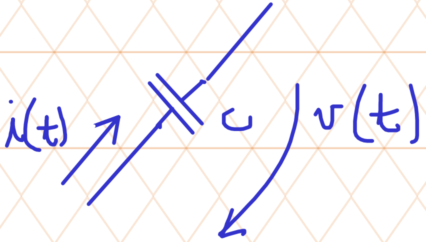
b) Para o indutor



$$v(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt} \longrightarrow \theta_v = \theta_i + 90^\circ$$

$$P = V.I.\cos(90^\circ) = 0$$

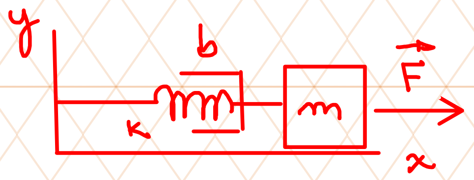
c) Para o capacitor



$$i(t) = C \cdot \frac{dv(t)}{dt} \longrightarrow \theta_i = \theta_v + 90^\circ$$

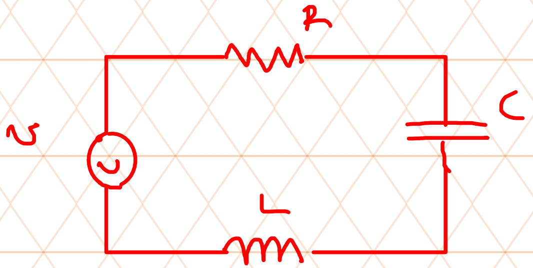
$$P = V.I.\cos(-90^\circ) = 0$$

Sistema massa-mola-amortecedor



$$F = m\cdot\frac{d^2x}{dt^2} + K\cdot x + b\cdot\frac{dx}{dt}$$

Circuito RLC



$$v = R\cdot i + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt \qquad \left(\frac{d}{dt}\right)$$

$$\frac{dv}{dt} = R\cdot\frac{di}{dt} + L\frac{di^2}{dt} + \frac{1}{C}\cdot i$$

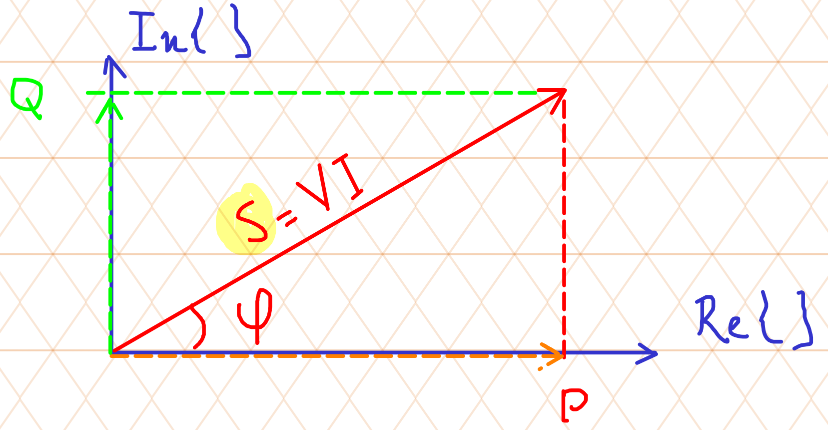
5.6. Potência complexa

Potência complexa é uma definição que se usa para obter matematicamente, a partir dos fasores, os valores de potência média e do impacto da troca energética entre capacitores e indutores (energia armazenada no campo elétrico, trocada com o campo magnético e armazenada nesse último, num ciclo infinito) no restante do circuito.

$$\underbrace{\bar{S}}_{[VA]} = \dot{V} \cdot \dot{I}^{*} \longrightarrow V\angle\theta_v \cdot I\angle{-\theta_i} = V \cdot I \angle{\theta_v - \theta_i} = \underbrace{V \cdot I \cdot \cos(\theta_v - \theta_i)}_{P\ [W]} + j \cdot \underbrace{V \cdot I \cdot \text{sen}(\theta_v - \theta_i)}_{Q\ [VAr]}$$

complexo conjugado

Graficamente



Onde: $\varphi = \theta_v - \theta_i$

$\cos\varphi$ é o FATOR DE POTÊNCIA

$|\bar{S}| = S =$ potência aparente

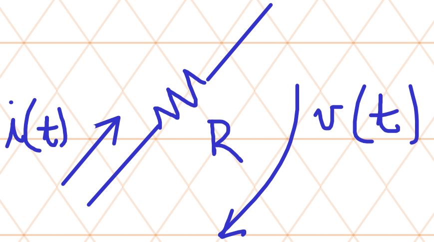
$P = S\cos\varphi$

$Q = S\,\text{sen}\,\varphi$

$Q = P \cdot \dfrac{\text{sen}\,\varphi}{\cos\varphi} = P\,\text{tg}\,\varphi$

Potência complexa para os bipolos

a) Para o resistor



$\bar{Z} = R$

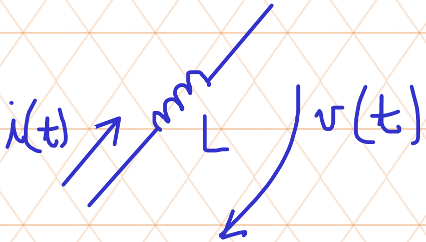
$\dot{V} = V\angle\theta_v = R.\dot{I}$

$\dot{I} = \dfrac{\dot{V}}{R} = \dfrac{V\angle\theta_v}{R} \therefore \theta_v = \theta_i$

$\bar{S} = \dot{V}.\dot{I}^* = V.I$

$= \dot{V}.\left\{\dfrac{\dot{V}}{R}\right\}^* = \dfrac{V^2}{R} = R.|I|^2$

b) Para o indutor



$\bar{Z} = j\omega L$

$\dot{V} = j\omega L.\dot{I} = \omega L I\angle\theta_i + 90°$

$\dot{I} = \dfrac{\dot{V}}{j\omega L} = \dfrac{V}{\omega L}.\angle\theta_v - 90°$

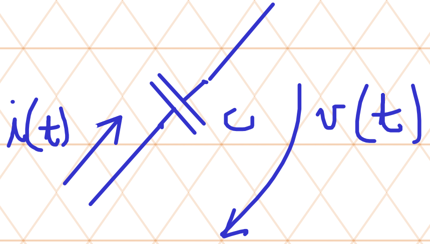
$\bar{S} = \dot{V}.\dot{I}^* = VI\angle 90°$

$= \dot{V}\left\{\dfrac{\dot{V}}{j\omega L}\right\}^* = j\dfrac{V^2}{\omega L}$

$= j\omega L|I|^2$

$Q > 0$

c) Para o capacitor



$\bar{Z} = \dfrac{1}{j\omega C} = -\dfrac{j}{\omega C}$

$\dot{V} = -j\dfrac{\dot{I}}{\omega C} = \dfrac{I}{\omega C}\angle\theta_i - 90°$

$\dot{I} = j\omega C\dot{V} = \omega C V\angle\theta_v + 90°$

$\bar{S} = \dot{V}.\dot{I}^* = VI\angle -90°$

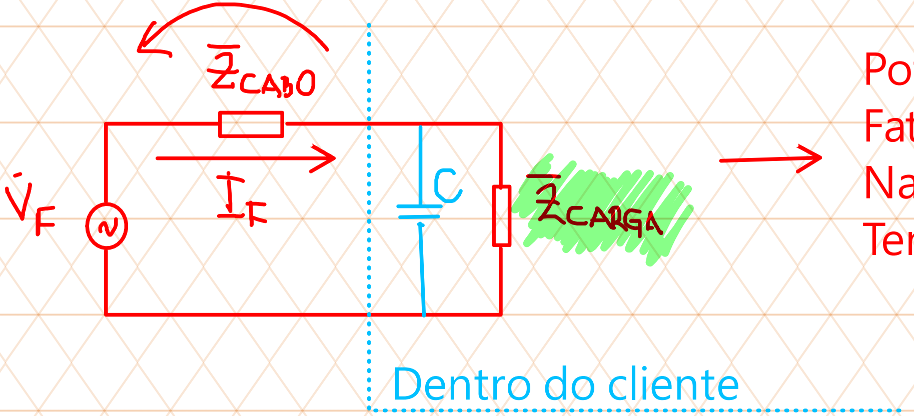
$= -j\omega C|V|^2$

$= \dfrac{|I|^2}{j\omega C}$

$Q < 0$

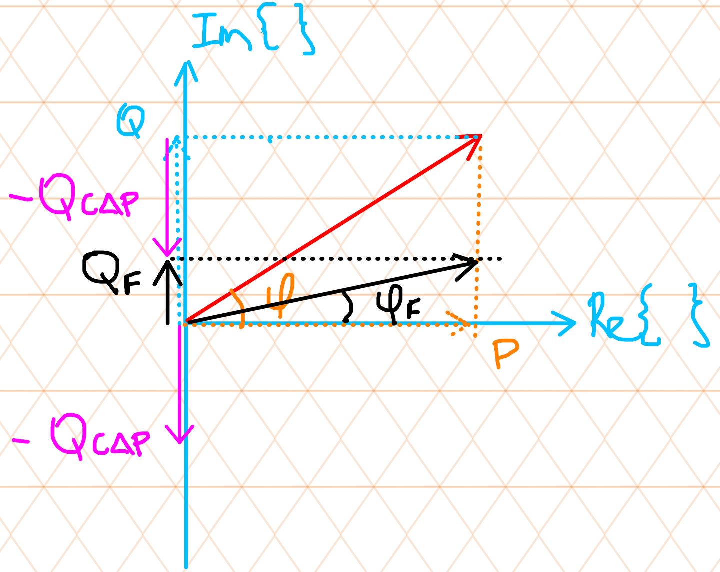
5.7. Correção do fator de potência

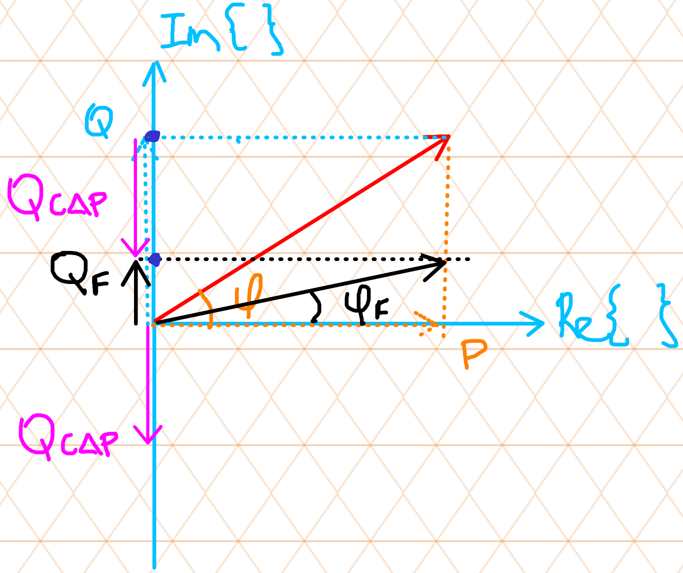
É a atividade de engenharia em que se especifica um circuito elétrico (normalmente composto por capacitores) para reduzir a potência reativa consumida pela carga, de modo a reduzir o seu impacto nos sitemas de transmissão e distribuição, QUE É OBRIGATÓRIO. Atualmente o fator de potência que não resulta em penalidade (MULTA) deve ser superior a 0,92.



Potência da carga (em [W]) ⟶ P
Fator de potência ⟶ $\cos\varphi$
Natureza da carga (indutiva ou capacitiva)
Tensão nominal (V)

$$\bar{Z}_{CABO} = R_C + jX_C$$





Condição da carga: $\bar{S} = P + jQ \rightsquigarrow Q = P\,tg\,\varphi$

Condição a ser atendida: $\bar{S} = P + jQ_F \rightsquigarrow Q_F = P\,tg\,\varphi_F$

$\underbrace{(\cos\varphi_F)}_{\text{p. ex. } 0{,}92}$

$\therefore\ Q_{CAP} = Q_F - Q = P\{tg\,\varphi_F - tg\,\varphi\}$

Mas: $-j\omega C|V|^2 = jQ_{CAP}$

$$\therefore\ \boxed{C = \frac{P\{tg\,\varphi - tg\,\varphi_F\}}{\omega\,|V|^2}}$$