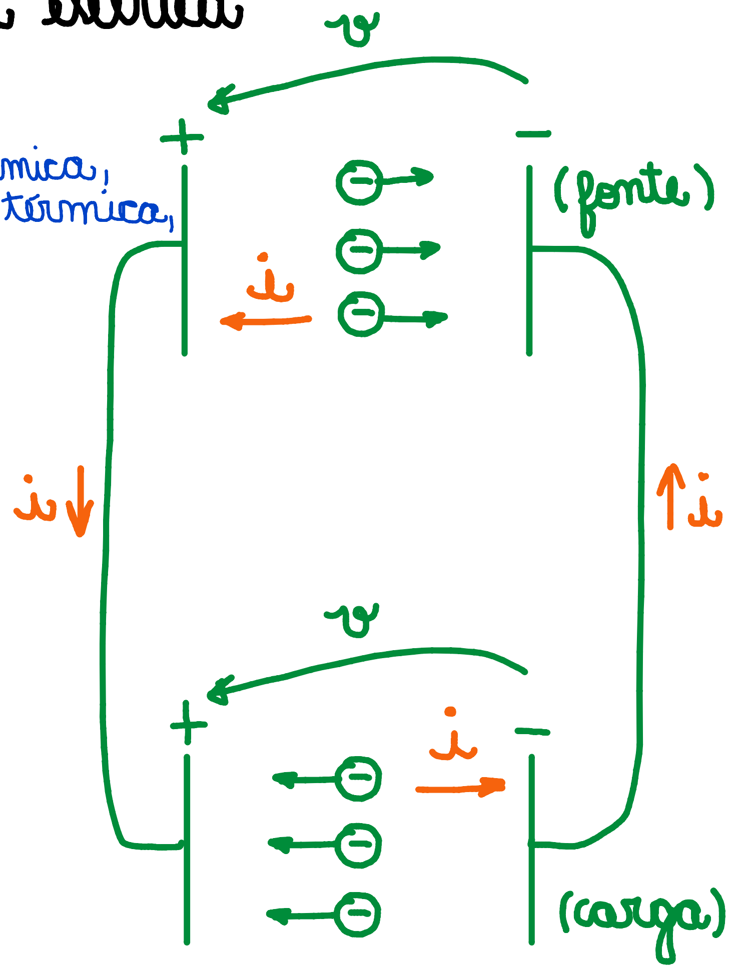
Intro Potência CA

sexta-feira, 10 de abril de 2020 14:13

Potência elétrica

energia química, mecânica, térmica, solar...



Definição de tensão elétrica:

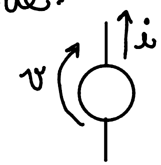
Energia potencial elétrica por unidade de carga.

Potência elétrica: $\frac{d\,Energia}{dt} = \frac{d(qv)}{dt} = q\frac{dv}{dt} + v\frac{dq}{dt}$.

Considerando apenas cargas em movimento,

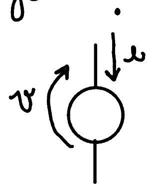
$$p(t) = \frac{d\,Energia}{dt} = v\frac{dq}{dt} \longrightarrow \boxed{p(t)=v(t).i(t)}$$

Fonte:



com os sentidos indicados (corrente sai pelo terminal positivo), fonte fornece potência

Carga:



com os sentidos indicados (corrente entra pelo terminal positivo), carga consome potência

Potência, R

sexta-feira, 10 de abril de 2020 15:54

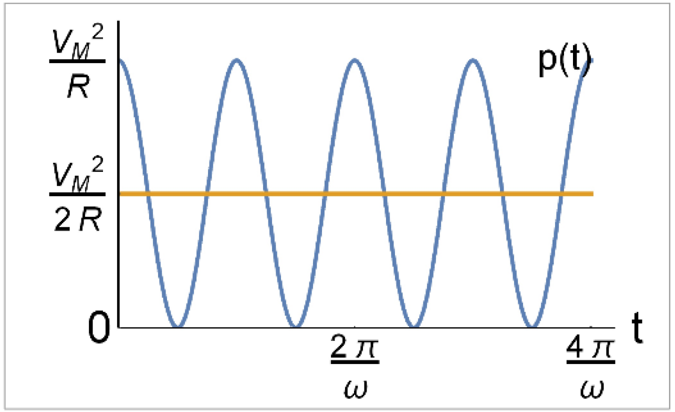
Potência instantânea em um resistor em circuito CA

$v(t) = V_M \cos(\omega t + \theta)$ $\quad i(t) = \frac{V_M}{R} \cos(\omega t + \theta)$

$p(t) = v(t)\,i(t) = \frac{V_M^2}{R} \cos^2(\omega t + \theta)$. Em termos de cossenos de soma e cossenos de diferença:

$$p(t) = \frac{V_M^2}{R}\left[\frac{1}{2}\left(\cos^2(\omega t+\theta)+\text{sen}^2(\omega t+\theta)\right)+\frac{1}{2}\left(\cos^2(\omega t+\theta)-\text{sen}^2(\omega t+\theta)\right)\right] = \frac{V_M^2}{2R}\left[\cos(\omega t+\theta-(\omega t+\theta))+\cos(\omega t+\theta+(\omega t+\theta))\right]$$

$$p(t) = \frac{V_M^2}{2R}\left[\cos 0 + \cos(2\omega t + 2\theta)\right] = \frac{V_M^2}{2R}\left[1 + \cos(2\omega t + 2\theta)\right]$$



Para um resistor, p(t) é sempre > 0 (resistor nunca "devolve" potência)

$$\boxed{\text{média de } p(t) = P = V_M^2/2R}$$

• Se o mesmo resistor R fosse alimentado por uma fonte CC de valor E, qual deveria ser a relação entre V_M e E para que a potência média fosse a mesma?

$P = E^2/R = V_M^2/2R \longrightarrow \boxed{E = \frac{V_M}{\sqrt{2}}}$

ex.: $R = 10\,\Omega$, $E = 150\,V$

CC:

$P = \frac{150^2}{10}$

$P = 2250\,W$

CA: se $V_M = 150\sqrt{2} = 212{,}13\,V$

VALOR EFICAZ $= \frac{V_M}{\sqrt{2}} = 150\,V$

$P = \frac{(150\sqrt{2})^2}{2 \cdot 10} = 2250\,W$

Potência, L

sábado, 11 de abril de 2020 06:22

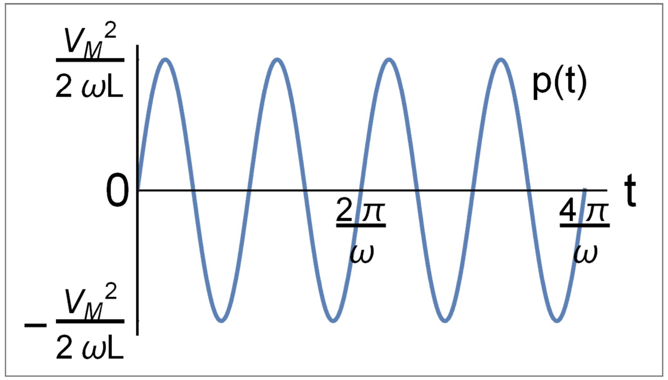
Potência instantânea em um indutor em circuito CA

$v(t) = V_M \cos(\omega t + \theta)$ $i(t) = \frac{V_M}{\omega L} \cos(\omega t + \theta - 90°)$

$$p(t) = v(t)\,i(t) = \frac{V_M^2}{\omega L} \cos(\omega t + \theta)\cos(\omega t + \theta - 90°) =$$

$$= \frac{V_M^2}{\omega L}\left[\frac{1}{2}\Big(\cos(\omega t+\theta)\cos(\omega t+\theta-90°) - \mathrm{sen}(\omega t+\theta)\,\mathrm{sen}(\omega t+\theta-90°)\Big) + \frac{1}{2}\Big(\cos(\omega t+\theta)\cos(\omega t+\theta-90°) + \mathrm{sen}(\omega t+\theta)\,\mathrm{sen}(\omega t+\theta-90°)\Big)\right]$$

$$= \frac{V_M^2}{2\omega L}\Big[\cos\big(\omega t+\theta+(\omega t+\theta-90°)\big) + \cos\big(\omega t+\theta-(\omega t+\theta-90°)\big)\Big] = \frac{V_M^2}{2\omega L}\Big[\cos(2\omega t + 2\theta - 90°) + \cancel{\cos(90°)}^{=0}\Big]$$



Em um indutor, a média de $p(t) = 0$.

O indutor consome e fornece potência instantânea, de forma cíclica.

Potência, C

sábado, 11 de abril de 2020   08:15

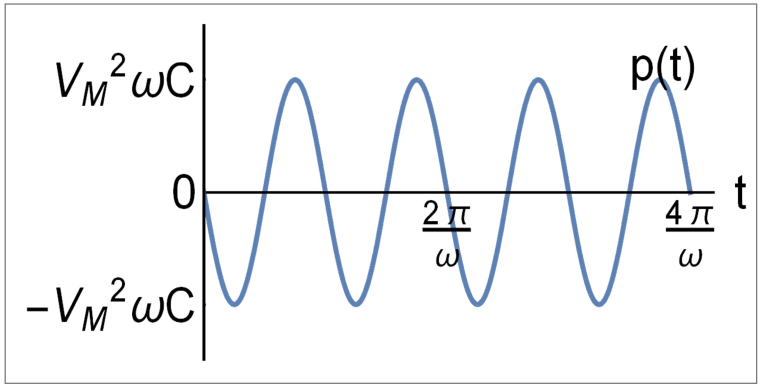
Potência instantânea em um capacitor em circuito CA $v(t)=V_M\cos(\omega t+\theta)$ $\quad i(t)=V_M\omega C\cos(\omega t+\theta+90°)$

$$p(t)=v(t)i(t)=V_M^2\omega C\cos(\omega t+\theta)\cos(\omega t+\theta+90°)=$$

$$=V_M^2\omega C\left[\frac{1}{2}\left(\cos(\omega t+\theta)\cos(\omega t+\theta+90°)-\mathrm{sen}(\omega t+\theta)\,\mathrm{sen}(\omega t+\theta+90°)+\frac{1}{2}\left(\cos(\omega t+\theta)\cos(\omega t+\theta+90°)+\mathrm{sen}(\omega t+\theta)\,\mathrm{sen}(\omega t+\theta+90°)\right)\right)\right]$$

$$=\frac{V_M^2}{2}\omega C\left[\cos(\omega t+\theta+(\omega t+\theta+90°))+\cos(\omega t+\theta-(\omega t+\theta+90°))\right]=\frac{V_M^2}{2}\omega C\left[\cos(2\omega t+2\theta+90°)+\cancelto{=0}{\cos(-90°)}\right]$$

Em um capacitor, a média de $p(t)=0$.
O capacitor fornece e consome potência instantânea, de forma cíclica.



Potência, RLC

sábado, 11 de abril de 2020 09:34

Potência instantânea, considerando uma difasagem qualquer entre $v(t)$ e $i(t)$

↳ por exemplo, considerando uma mescla de R, L, C... $\boxed{v(t) = V_M \cos(\omega t + \theta) \quad i(t) = I_M \cos(\omega t + \theta - \phi)}$

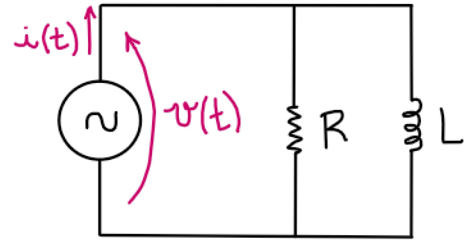
$p(t) = v(t)\,i(t) = V_M I_M \cos(\omega t + \theta)\cos(\omega t + \theta - \phi)$. Expressando o cosseno da diferença,

$$p(t) = V_M I_M \cos(\omega t + \theta)\left[\cos(\omega t + \theta)\cos\phi + \operatorname{sen}(\omega t + \theta)\operatorname{sen}\phi\right] = V_M I_M\left[\cos^2(\omega t + \theta)\cos\phi + \cos(\omega t + \theta)\operatorname{sen}(\omega t + \theta)\operatorname{sen}\phi\right]$$

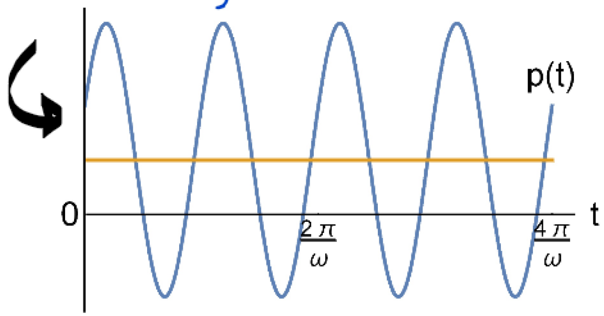
$$p(t) = \cos\phi \underbrace{V_M I_M \cos^2(\omega t + \theta)}_{\text{semelhante a } p(t) \text{ em um resistor}} + \operatorname{sen}\phi \underbrace{V_M I_M \cos(\omega t + \theta)\cos(\omega t + \theta - 90^\circ)}_{\text{semelhante a } p(t) \text{ em um indutor}} = \dots =$$

$$\boxed{p(t) = \cos\phi \frac{V_M I_M}{2}\left[1 + \cos(2\omega t + 2\theta)\right] + \operatorname{sen}\phi \frac{V_M I_M}{2}\left[\cos(2\omega t + 2\theta - 90^\circ)\right]}$$

Ex.:



$\left.\begin{array}{l} R = 7\,\Omega \\ L = 8\,mH \end{array}\right\} (\phi = 66{,}7^\circ)$



Potência, resumo

sábado, 11 de abril de 2020 13:12

Resumo:

Resistência: defasagem $\phi = 0°$ entre $v(t)$ e $i(t)$ $\rightarrow$ $p(t) = \frac{V_M^2}{2R}\left[1 + \cos(2\omega t + 2\theta)\right]$

Indutância: defasagem $\phi = 90°$ entre $v(t)$ e $i(t)$ $\rightarrow$ $p(t) = \frac{V_M^2}{2\omega L}\left[\cos(2\omega t + 2\theta - 90°)\right]$

Capacitância: defasagem $\phi = -90°$ entre $v(t)$ e $i(t)$ $\rightarrow$ $p(t) = \frac{V_M^2}{2}\omega C\left[\cos(2\omega t + 2\theta + 90°)\right]$

Defasagem ϕ qualquer entre $v(t)$ e $i(t)$ $\rightarrow$ $p(t) = \cos\phi \frac{V_M I_M}{2}\left[1 + \cos(2\omega t + 2\theta)\right] + \operatorname{sen}\phi \frac{V_M I_M}{2}\left[\cos(2\omega t + 2\theta - 90°)\right]$

Caso geral: média de $p(t) = P$ (**Potência ativa, W**) $= \frac{V_M I_M}{2}\cos\phi = \frac{V_M}{\sqrt{2}}\frac{I_M}{\sqrt{2}}\cos\phi$ $\rightarrow$ $\boxed{P = V_{ef} I_{ef} \cos\phi}$

- **P:** grandeza correspondente à média de $p(t)$
  grandeza correspondente à média da potência nos resistores do circuito

- $V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen}\phi =$ **Q (Potência reativa, VAr ou var)** $\rightarrow$ $\boxed{Q = V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen}\phi}$
  $\rightarrow$ grandeza representativa da parcela da potência nos indutores/capacitores

Potência complexa

sábado, 11 de abril de 2020 14:57

a partir de:

$\boxed{P = V_{ef} I_{ef} \cos\phi}$ $\boxed{Q = V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen}\phi}$, P e Q podem ser, respectivamente, a parte real e a parte imaginária de um mesmo número complexo $\bar{S}$

$\boxed{\bar{S} = P + jQ}$ unidades: P [watt, W]
Q [volt-ampère reativo, VAr ou var]
$\bar{S}$ [volt-ampère, VA]

Calculando $\bar{S}$ a partir dos fasores $\dot{V}$ e $\dot{I}$:

$$\bar{S} = V_{ef} I_{ef} \cos\phi + j V_{ef} I_{ef} \operatorname{sen}\phi = (V_{ef} I_{ef}) \angle \phi = (V_{ef} I_{ef}) \angle (\theta - \theta + \phi) = [V_{ef} \angle \theta] [I_{ef} \angle \overbrace{(-\theta + \phi)}^{-(\theta - \phi)}]$$

Potência complexa-2

sábado, 11 de abril de 2020 11:19

$$\boxed{\bar{S} = \dot{V}\dot{I}^*} \rightarrow \bar{S} = (\bar{Z}\dot{I})(\dot{I}^*) \longrightarrow$$

$$\bar{S} = \dot{V}\left(\frac{\dot{V}}{\bar{Z}}\right)^* \longrightarrow$$

$$\boxed{\begin{aligned} \bar{S} &= \bar{Z}\,|\dot{I}|^2 \\ \bar{S} &= \frac{|\dot{V}|^2}{\bar{Z}^*} \end{aligned}}$$

Potência aparente:

$$S = |\bar{S}| = |P + jQ| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$= |V_{ef} I_{ef} \angle \phi| = V_{ef} I_{ef}$$