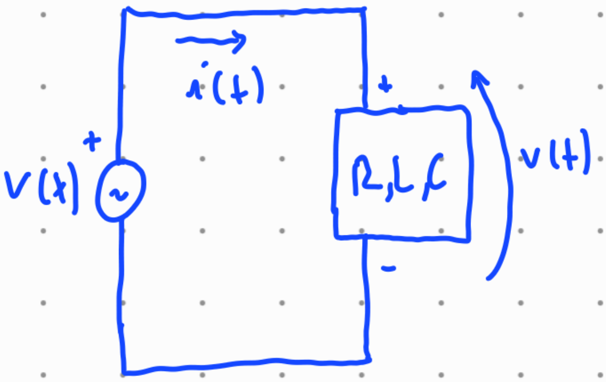
6) Potência em circuitos CA

6.1) Potências ativa e reativa

6.2) Potência complexa (triâng. de pot.)

6.3) Correção do fator de potência

6.1)



A pot. instantânea absorvida pela carga.

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

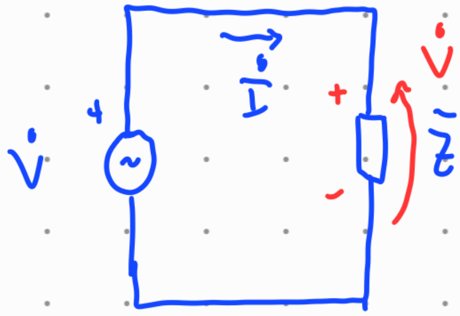
Sendo: $v(t) = V_{max} \cos(\omega t + \theta)$

$i(t) = I_{max} \cos(\omega t + \delta)$

Assim:

$$p(t) = V_{max} \cos(\omega t + \theta) \cdot I_{max} \cos(\omega t + \delta)$$

Em fasores e impedâncias



$\bar{Z} = |\bar{Z}| \angle \varphi$

$$\dot{V} = \bar{Z} \cdot \dot{I}$$

$$\bar{Z} = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = \frac{|\dot{V}| \angle \theta}{|\dot{I}| \angle \delta}$$

$$\bar{Z} = \frac{|\dot{V}|}{|\dot{I}|} \angle(\theta - \delta) = |\bar{Z}| \angle \varphi$$

Voltando à equação da potência:

Substituindo δ:

$$\varphi = \theta - \delta \rightarrow -\delta = \varphi - \theta \rightarrow \boxed{\delta = \theta - \varphi}$$

$$p(t) = V_{max} I_{max} \cos(\omega t + \theta) \cos(\omega t + \theta - \varphi)$$

Por trigonometria:

$$p(t) = \frac{V_{max} I_{max}}{2 \rightarrow \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} \cos\varphi [1 + \cos(2\omega t + 2\theta)] +$$

$$\frac{V_{max} I_{max}}{2 \rightarrow \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}} \operatorname{sen}\varphi \cdot \operatorname{sen}(2\omega t + 2\theta)$$

valores eficazes de $v(t)$ e $i(t)$

$$p(t) = \underbrace{|\dot{V}||\dot{I}| \cos\varphi [1 + \cos(2\omega t + 2\theta)]}_{\rightarrow P_p(t)} +$$

$$\underbrace{|\dot{V}||\dot{I}| \operatorname{sen}\varphi \cdot \operatorname{sen}(2\omega t + 2\theta)}_{\rightarrow P_q(t)}$$

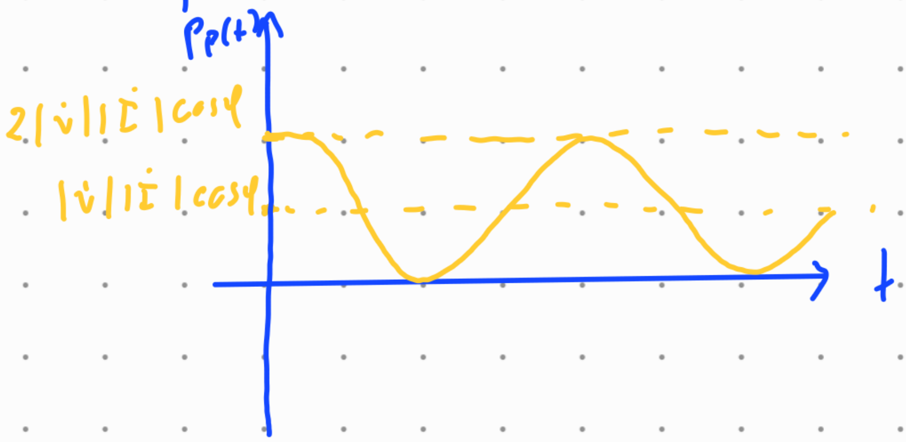
a) Analisando $P_p(t)$:

1) Possui média $= |\dot{V}||\dot{I}| \cos\varphi$

2) Valor máximo $= 2 |\dot{V}||\dot{I}| \cos\varphi$

3) Valor mínimo = 0

Graficamente:



O que nos interessa de $p_p(t)$ é o seu valor médio:

$$\boxed{P = |\dot{V}||\dot{I}|\cos\varphi} \rightarrow \text{potência ativa [W]}$$

$\downarrow$ watts

OBS: Se $\bar{Z} = R$: $\varphi = 0 \rightarrow P = |\dot{V}||\dot{I}|$ (R)

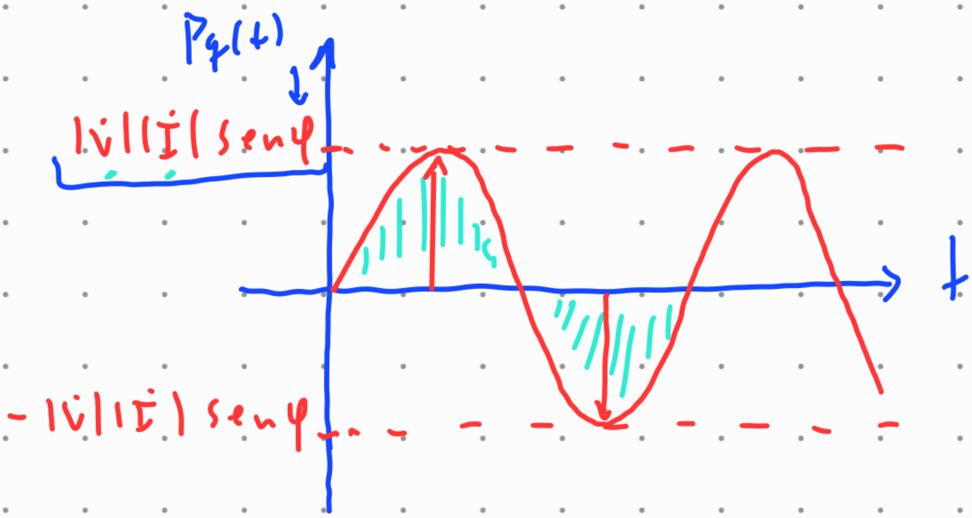
Se $\bar{Z} = j\omega L$: $\varphi = \frac{\pi}{2} \rightarrow P = 0$ (L)

Se $\bar{Z} = -j\frac{1}{\omega C}$: $\varphi = -\frac{\pi}{2} \rightarrow P = 0$ (C)

b) Analisando $p_q(t)$:

1) Possui média = 0
2) Valor máximo = $|\dot{V}||\dot{I}|\,\text{sen}\,\varphi$
3) Valor mínimo = $-|\dot{V}||\dot{I}|\,\text{sen}\,\varphi$

Graficamente:



O que nos interessa de $p_q(t)$ são os valores máximos e mínimos.

$$\boxed{Q = |\dot{V}||\dot{I}|\,\text{sen}\,\varphi} = \text{potência reativa } [VAr]$$

Volt-Ampere reativo

OBS: se $\bar{Z} = R$: $\varphi = 0 \rightarrow Q = 0$

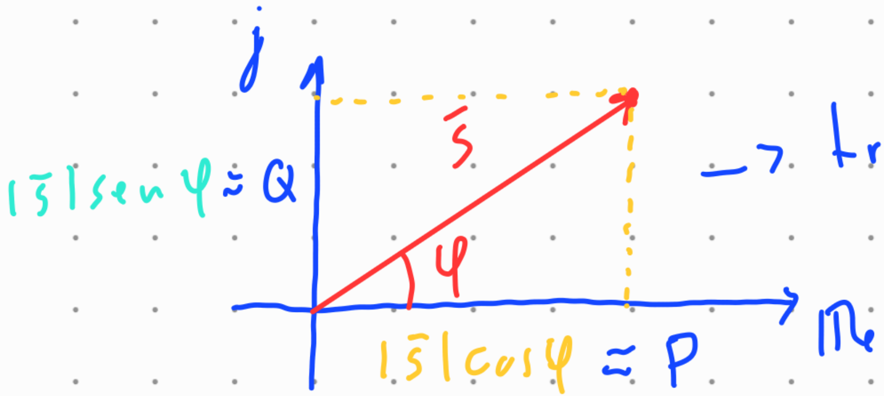
se $\bar{Z} = j\omega L$: $\varphi = \frac{\pi}{2} \rightarrow Q = |\dot{V}||\dot{I}|$

se $\bar{Z} = -j\frac{1}{\omega C}$: $\varphi = -\frac{\pi}{2} \rightarrow Q = -|\dot{V}||\dot{I}|$

Chegamos em:

$$\boxed{\begin{aligned} P &= |\dot{V}||\dot{I}|\cos\varphi \\ Q &= |\dot{V}||\dot{I}|\,\text{sen}\,\varphi \end{aligned}}$$

6.2) Potência complexa



→ triângulo de potências

$$P = |\bar{S}|\cos\varphi = |\dot{V}||\dot{I}|\cos\varphi$$
$$Q = |\bar{S}|\,\text{sen}\,\varphi = |\dot{V}||\dot{I}|\,\text{sen}\,\varphi$$

Comparando: $|\bar{S}| = |\dot{V}||\dot{I}|$

Vamos denominar $|\bar{S}|$: potência aparente
[VA]
↳ volt-Ampere

a) Na forma complexa (retangular):

$$\boxed{\bar{S} = P + jQ}$$ → potência complexa
[VA]

b) Na forma complexa (polar)

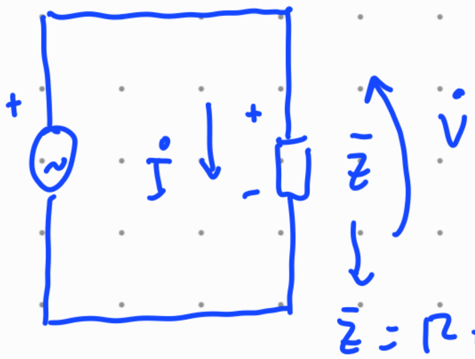
$$\bar{S} = |\bar{S}|\angle\varphi$$ → mesmo ângulo da impedância!

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

Correlacionando potências com fasores e impedâncias:

$$\bar{S} = |\dot{V}||\dot{I}| \angle \varphi$$

$$\bar{Z} = \frac{|\dot{V}|}{|\dot{I}|} \angle \varphi$$



$\bar{Z} = R + jX$

Fazendo:

$$\frac{\bar{S}}{\bar{Z}} = \frac{|\dot{V}||\dot{I}| \angle \varphi}{\frac{|\dot{V}|}{|\dot{I}|} \angle \varphi} = |\dot{I}|^2$$

Logo: $\boxed{\bar{S} = \bar{Z} \cdot |\dot{I}|^2} = \underbrace{R \cdot |\dot{I}|^2}_{P} + j\, \underbrace{X |\dot{I}|^2}_{Q}$

(a)

p/ o capacitor o valor de Q é negativo!
$[\bar{S} = P + j(-Q)]$

(b) $\dot{V} = \bar{Z}\dot{I} \rightarrow \dot{V} = \frac{\bar{S}}{|\dot{I}|^2} \cdot \dot{I} = \frac{\bar{S}}{\dot{I} \cdot \dot{I}^*} \cdot \dot{I}$

Logo: $\dot{V} = \frac{\bar{S}}{\dot{I}^*}$ ou $\boxed{\bar{S} = \dot{V} \cdot \dot{I}^*}$ (b)

(c) $\bar{S} = \dot{V} \cdot \left(\dfrac{\dot{V}}{\bar{Z}}\right)^* = \dot{V} \cdot \dfrac{\dot{V}^*}{\bar{Z}^*}$

Logo: $\boxed{\bar{S} = \dfrac{|\dot{V}|^2}{\bar{Z}^*}}$ ← (c) conjugado

Resumindo:

$$\boxed{\begin{gathered} \bar{S} = \bar{Z} \cdot |\dot{I}|^2 \\ \bar{S} = \dot{V} \cdot \dot{I}^* \\ \bar{S} = \frac{|\dot{V}|^2}{\bar{Z}^*} \end{gathered}}$$

6.3) Correção do fator de potência

Primeiramente, vamos definir fator de potência:

$$P = |\bar{S}| \cos\varphi = |\dot{V}||\dot{I}| \cos\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{|\bar{S}|} = \text{fator de potência (FP)}$$

- O valor máximo de FP é 1 (resistor puro)
- O valor mínimo de FP é 0 (indutor ou capacitor puro)

O valor do fator de potência deve vir acompanhado da informação se a natureza da impedância é indutiva ou capacitiva.

↓ atrasado ↓ adiantado

Ex: $\varphi = +75°$

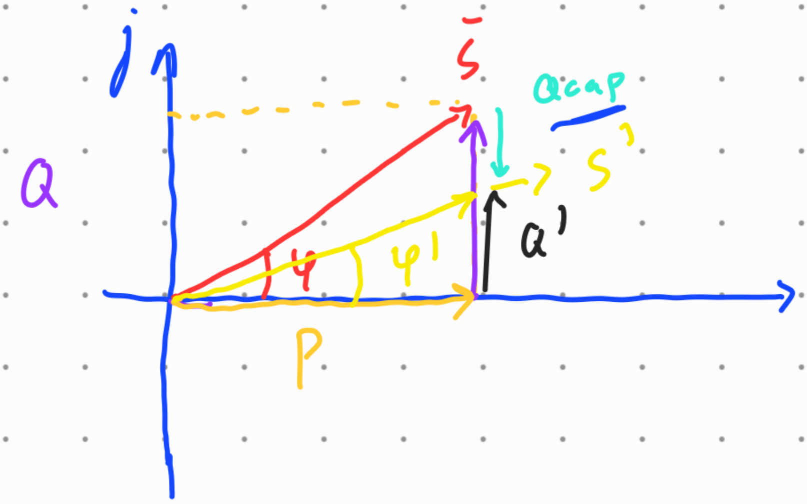
$FP = \cos\varphi = \cos 75° = 0{,}26$ indutivo ou atrasado
↓
(corrente atrasada em relação à tensão)

Se: $\varphi = -75°$

$FP = \cos(-75°) = 0{,}26$ capacitivo ou adiantado
(corrente adiantada em relação à tensão.)

Correção do fator de potência:

No triângulo de potências:



Dados, devo saber o FP desejado.

Queremos conhecer o novo ângulo φ.

$FP_{dado} = \cos\varphi'$ ind

$\varphi' = \cos^{-1} FP_{dado}$

$Q' = Q + Q_{cap}$ → valor negativo

Ainda: $Q' = P \, tg\, \varphi'$

$Q = P \, tg\, \varphi$

Logo: $\boxed{Q_{cap} = P\, tg\,\varphi - P\, tg\,\varphi'}$

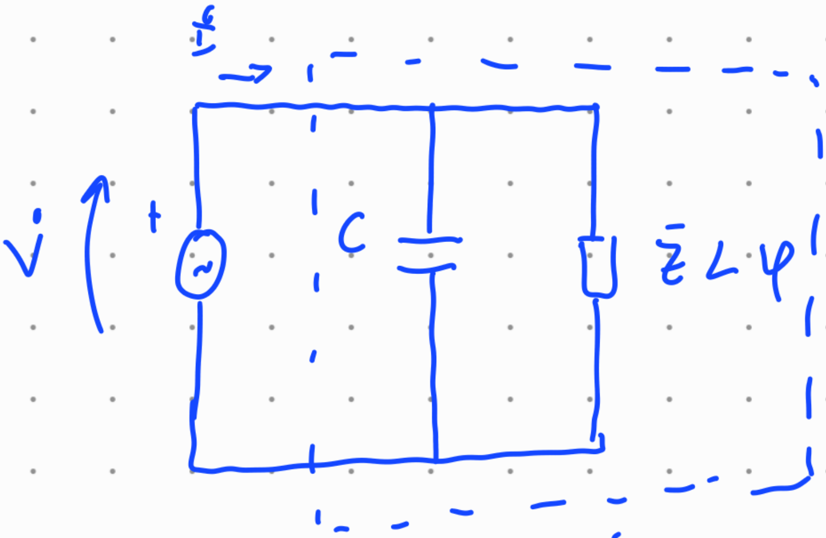
P/ determinar o valor da capacitância

$\bar{S}_{cap} = \dfrac{|\dot{V}|^2}{\check{Z}_{cap}^{*}}$

$X_{cap} = \dfrac{1}{wC}$

$Q_{cap} = \dfrac{-|\dot{V}|^2}{X_{cap}} = -wC|\dot{V}|^2$

$\boxed{C = -\dfrac{Q_{cap}}{w|\dot{V}|^2}}$ → Q_{cap} é um valor negativo



$\rightarrow$ FP: $\cos \varphi$ ind.

$\hookrightarrow \bar{Z}' \angle \varphi'$