

Corrente Alternada

$$V_{eficaz} = U / \sqrt{2}$$

$$I_{eficaz} = I_{comp} / \sqrt{2}$$

$$f_{frequência\ de\ corte\ (f_c)} = \frac{1}{2\pi RA}$$

$$2\pi RA$$

$$f_c = \frac{\omega C}{2\pi}$$

$$\omega C = \frac{1}{RA}$$

$$amplitude = \frac{1}{\sqrt{1 + (R/f_c)^2}}$$

$$Z_R = R$$

$$Z_L = \omega L$$

$$Z_C = 1/\omega C$$

$$Z_{RL} = \sqrt{Z_R^2 + Z_L^2}$$

$$Z_{RC} = \sqrt{Z_R^2 + Z_C^2}$$

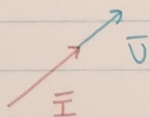
$$Z_{LC} = |Z_L - Z_C|$$

$$\omega = 2\pi f$$

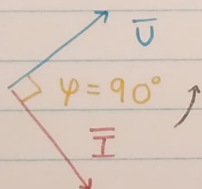
$$Z = U/I$$

pode ser C ou L
 conforme
 contexto

Tipos de Reatores monofásicos

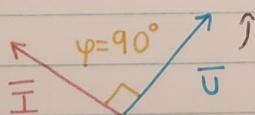


tensão e corrente em fase \rightarrow resistência



Corrente 90° atrasada relativamente à tensão
 circuito com bobine (L)

Se $\varphi \neq 90^\circ \rightarrow$ circuito predominantemente indutivo



Corrente avançada 90° relativamente à tensão
 circuito com condensador

Se $\varphi \neq 90^\circ \rightarrow$ circuito predominantemente capacitivo.

Resistência \rightarrow tensão e corrente em fase

Bobine (L) \rightarrow corrente 90° atrasada, impedância com ângulo de 90°

Condensador (C) \rightarrow corrente 90° avançada, impedância ângulo -90°

Circuito Resistivo R \rightarrow não há defasamento entre I e U ($\varphi = 0$);

$$Z = R$$

$$S = P_{\text{útil}}$$

$$Q = 0$$

Circuito Puramente Indutivo L $\rightarrow Z_L = X_L$ $S = Q$ $Z_L = \omega L$

Corrente 90° atrasada, não há componente resistiva

Circuito puramente capacitivo C $\rightarrow S = |Q|$ $Z_C = -1/\omega C$

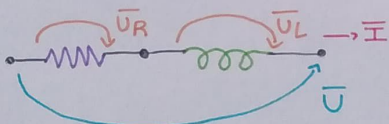
corrente 90° avançada, não há componente resistiva

Circuito Predominantemente Indutivo RL \rightarrow corrente atrasada em relação à tensão $0 < \alpha < \pi/2$

Circuito Predominantemente Capacitivo RC \rightarrow corrente avançada em relação à tensão $0 < \alpha < \pi/2$

Circuito RL resistência, bobine

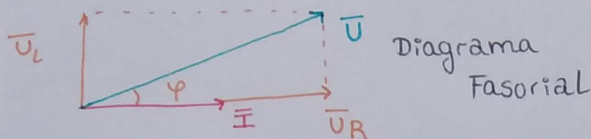
Série



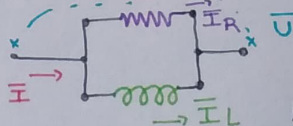
Em série, $I_R = I_L$

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L$$

Na bobine, a corrente está 90° atrasada.



Paralelo

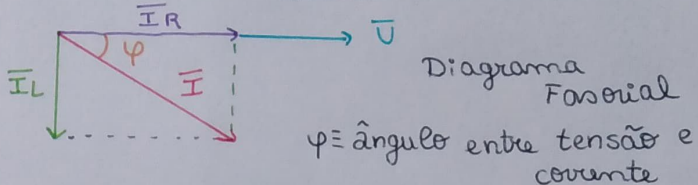


Em paralelo, $\vec{I} = \vec{I}_L + \vec{I}_R$

$$\vec{U}_R = \vec{U}_L = \vec{U}$$

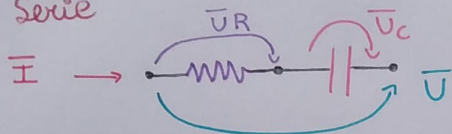
Na resistência, U e I estão em fase.

Na bobine, a corrente está 90° atrasada.



Circuito RC resistência, condensador

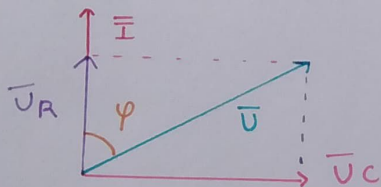
Série



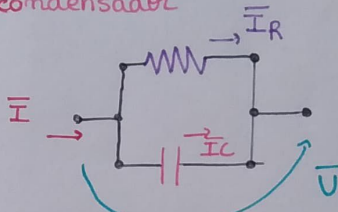
Em série, $I_R = I_C = I$

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_C$$

Na condensador, a corrente está 90° avançada.



Paralelo

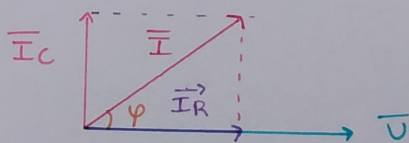


Em paralelo:

$$U = U_R = U_C$$

$$\vec{I} = \vec{I}_C + \vec{I}_R$$

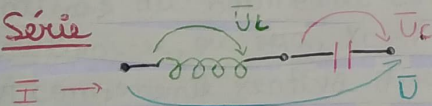
No condensador, a corrente está 90° avançada



Circuito LC bobine, condensador

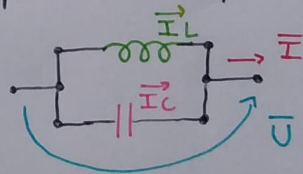
Frequência de Ressonância \rightarrow as componentes reativas da bobine e do condensador anulam-se $\rightarrow X_C = X_L$. A componente reativa desaparece e a impedância é resistiva.

Série



Corrente \rightarrow valor máximo
Impedância \rightarrow valor mínimo

Paralelo



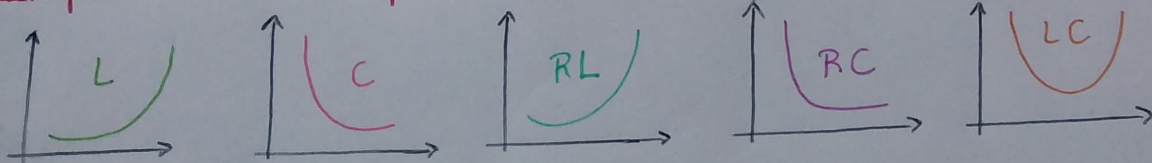
Corrente \rightarrow mínima
Impedância \rightarrow máxima

Circuito RLC

• Série $\rightarrow Z_{total} = Z_R + Z_C + Z_L$

• Paralelo $\rightarrow \frac{1}{Z_{total}} = \frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_C}$

Impedância Vs Frequência



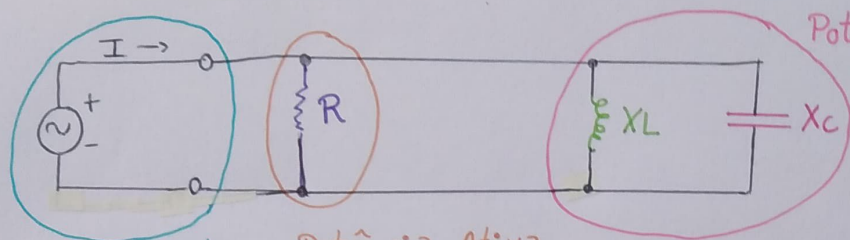
• Frequência de Ressonância = $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Potência

Potência Ativa (P/W) → produz trabalho, dissipada sob a forma de calor nos componentes resistivos. Potência útil.

Potência Reativa (Q, Var) → medida da energia armazenada no circuito.
 Reatores indutivos → $Q > 0$; resistivos → $Q = 0$; capacitivos → $Q < 0$

Potência Aparente (S, VA) → medida da potência do reator

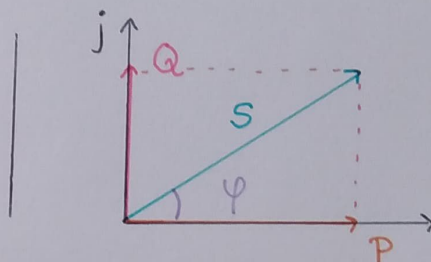


Apenas os componentes não reativos/resistivos têm potência ativa.

Potência Ativa → $P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \varphi$ (W)

Potência Reativa → $Q = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin \varphi$ (VAR)

Potência Aparente → $S = V_{ef} \cdot I_{ef}$ (VA)



$$P = S \cos \varphi \quad Q = S \sin \varphi \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Não se pode fazer o diagrama fasorial pois o sinal de tensão/corrente não tem a mesma frequência que a potência.

Potência reativa, caráter indutivo → semi-eixo positivo imaginário.
 " " " " capacitivo → " " negativo

Fator de Potência

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

≡ % convertida em calor

Circuitos puramente resistivos → f.p. = 1 ($\varphi = 0^\circ$)
 com Q, IT aumenta e f.p. diminui

Energia Reativa

$$W_r = Q \cdot \Delta t \quad (\text{kVA} \cdot \text{h})$$

$W_r > 0$ → reator indutivo
 $W_r = 0$ → reator resistivo
 $W_r < 0$ → reator capacitivo

Energia Ativa

$$W_a = P \cdot \Delta t \quad (\text{kWh})$$

Conjunto

$$P_{conj} = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$Q_{conj} = \sum_{i=1}^n Q_i$$

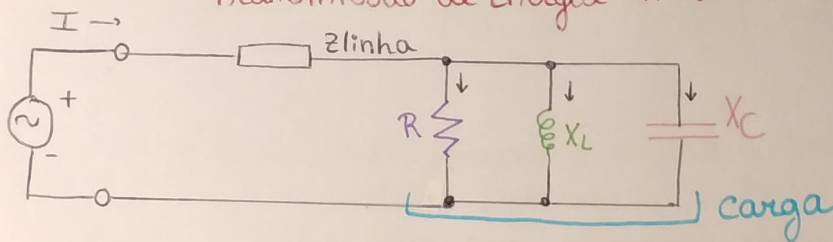
$$S_{conj} = \sqrt{P_{conj}^2 + Q_{conj}^2}$$

$$f.p. \cdot conj = \frac{P_{conj}}{S_{conj}} = \cos \varphi$$

$$W_{rconj} = Q_{conj} \cdot \Delta t$$

$$W_{aconj} = P_{conj} \cdot \Delta t$$

Transmissão de Energia em Linhas de Energia



Potência elétrica perdida no transporte de energia da fonte para a carga: $P_{\text{perdas}} = Z_{\text{linha}} \cdot I^2$

Para que $V_{\text{carga}} = V_{\text{fonte}} - V_{\text{linha}}$ e $V_{\text{carga}} \approx V_{\text{fonte}}$, é necessário que I_{linha} seja mínima para a mesma potência ativa na carga, pois $V_{\text{linha}} = Z_{\text{linha}} \cdot I_{\text{linha}}$

Ao diminuir o valor eficaz de I_{linha} , aumentando V_{fonte} para manter a potência:

- A fonte alimenta a mesma carga com menos perdas na linha
- Pode-se, com a mesma fonte, alimentar cargas mais potentes (ou mais cargas)

Se a instalação se aproximar das condições de ressonância paralela:

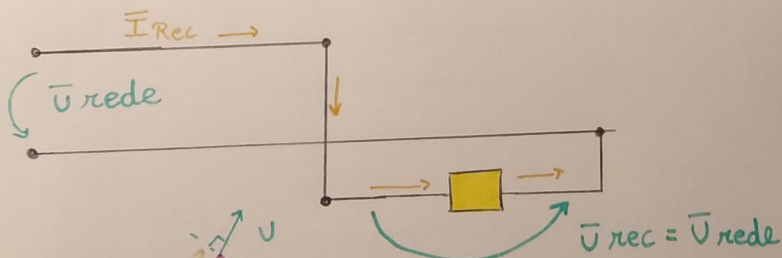
- o valor eficaz da corrente na linha diminui
 - mantém-se o valor eficaz da tensão que alimenta a carga
 - mantém-se a potência ativa em jogo na carga
- $\rightarrow Z$ máxima
 I_{ef} mínima

Impedância equivalente da carga puramente ôhmica $\rightarrow I$ mínimo.

Correção do Fator de Potência

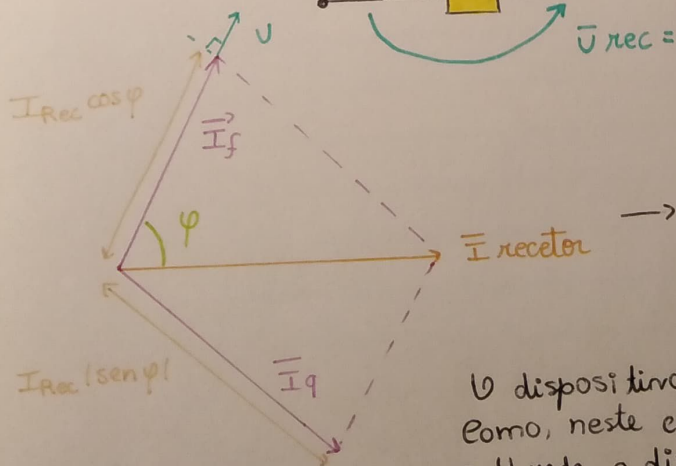
Objetivo: eliminar a potência reativa Q ($\sin \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0^\circ$)

Liga-se, em paralelo (para que fique sujeito à mesma tensão) um dispositivo de compensação tal que $\bar{I}_{\text{comp}} = -\bar{I}_q$, que não consome energia ativa.

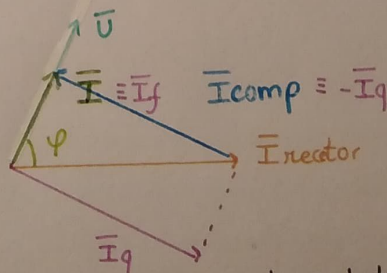


$$P = U_{\text{rec}} \cdot I_{\text{rec}} \cdot \cos \varphi = U_{\text{rec}} \cdot I_f$$

$$Q = U_{\text{rec}} \cdot I_{\text{rec}} \cdot \sin \varphi = U_{\text{rec}} \cdot I_q$$



$$I = I_{\text{rec}} \cos \varphi$$



O dispositivo deve ser puramente indutivo ou capacitivo. Como, neste caso, I_{comp} está 90° avançada relativamente a U_{rede} , o dispositivo será um condensador.

$$Z_c = \frac{U_{\text{rede}}}{I_c}$$

$$Z_c = \frac{I_c}{\omega U_1}$$