Corrente Contínua

- Valor médio $= \frac{\text{área}}{T}$ $\quad \omega = \frac{2\pi}{T}$

- Valor eficaz → onda (rms)

onda	
sinusoidal	$V_{rms} = V_{máx}/\sqrt{2}$
triangular	$V_{rms} = V_{máx}/\sqrt{3}$
quadrada	$V_{rms} = V_{máx}$

Gráficos:
Componente Contínua
valor médio no eixo dos yy
Componente Alternada
Gráfico original menos componente contínua

Ligação em Série

$\boxed{R_T = \sum_{i=1}^{n} R_i}$ $\quad I = I_1 = I_2 = \ldots$ $\quad \boxed{U = \sum_{i=1}^{n} U_i}$

Lei de Kirchoff para a tensão → $\sum U = 0$ (a soma das tensões ao longo de um percurso fechado é 0)

Regra divisor de Tensão → $U_x = U \frac{R_x}{R_T}$

Para 2 resistências: $\boxed{U_x = \frac{R_x}{R_x + R_y} \cdot U_T}$

Amperímetro → R ideal = 0 Ω

Ligação em Paralelo

$\boxed{\frac{1}{R_T} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}}$ $\quad \boxed{I = \sum_{i=1}^{n} I_i}$ $\quad U = U_1 = U_2 = \ldots$

Lei de Kirchoff para a corrente → $\sum I_{converge} = \sum I_{sai}$

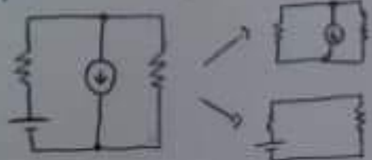
Regra divisor de corrente → $\boxed{I_x = I \frac{R_y}{R_x + R_y}}$

Para 2 resistências → $R_T = \frac{R_x R_y}{R_y + R_x}$

Voltímetro → R ideal = ∞ Ω

Teorema da Sobreposição

O valor de uma grandeza é a soma algébrica dos valores dessa grandeza. Analisar o circuito com uma fonte de cada vez. Não aplicável a potências.



Teorema de Thevenin

Redução do circuito a apenas uma fonte de tensão e resistência em série.

Encontrar R_{Th} → retirar a carga, neutralizar as fontes e calcular Req.

Encontrar U_{Th} → colocar fontes sem carga, encontrar tensão em circuito aberto.

Thevenin → Norton: $I_N = \frac{V_{Th}}{R_{Th}}$ $\quad R_N = R_{Th}$

Teorema de Norton

Redução do circuito a um circuito com apenas uma fonte de corrente e resistência em paralelo.

R_N → neutralizar as fontes e calcular Req

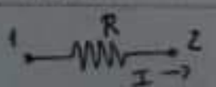
I_N → corrente de curto-circuito

Norton → Thevenin: $R_{Th} = R_N$ $\quad V_{Th} = I_N R_N$

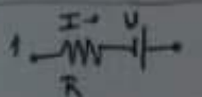
Teorema da Máxima Transferência de Potência

A m.t.p. ocorre quando a resistência da carga é igual à resistência da carga.

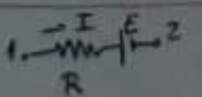
Quanto maior a resistência da carga, maior a eficiência.



$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$



$I = \frac{V_1 - V_2 + E}{R}$



$I = \frac{V_1 - V_2 - E}{R}$

Método das Malhas

Uso da lei de Kirchoff para as tensões. Descobrir correntes nas malhas.

nº de equações:
(nº de malhas) - (nº fontes corrente pertencentes a malhas).

Usado em circuitos só com fontes de Tensão.

Método dos Nós

Uso da lei de Kirchoff das Correntes, descobrir tensões nos nós.

n-1 equações (n = fontes de tensão diretamente ligadas a nós essenciais). Usado em circuitos só com fontes de correntes.

Corrente Alternada

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

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

fase → $-\arctan\left(\frac{f}{f_c}\right)$

frequência de corte (f_c) = $\frac{1}{2\pi R A}$ ↗ pode ser C ou L conforme contexto

$f_c = \frac{w_c}{2\pi}$ $w_c = \frac{1}{RA}$ amplitude = $\frac{1}{\sqrt{1+(f/f_c)^2}}$

$Z_R = R$

$Z_L = wL$

$Z_C = 1/wC$

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

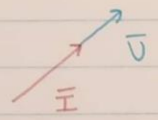
$Z_{RC} = \sqrt{Z_R^2 + Z_C^2}$

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

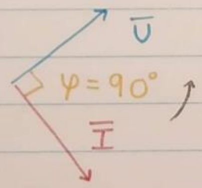
$w = 2\pi f$

$Z = U/I$

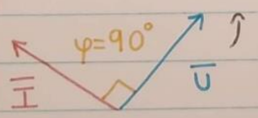
Tipos de Recetores monofásicos



tensão e corrente em fase → resistência



Corrente 90° atrasada relativamente à tensão
circuito com bobine (L)
Se $\varphi \neq 90°$ → circuito predominantemente indutivo



Corrente avançada 90° relativamente à tensão
circuito com condensador
Se $\varphi \neq 90°$ → circuito predominantemente capacitivo.

Resistência → tensão e corrente em fase

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

Condensador (C) → corrente 90° avançada, impedância ângulo −90°

Circuito Resistivo R → não há desfasamento entre I e U ($\varphi = 0$).

$Z = R$ $S = P_{útil}$ $Q = 0$

Circuito Puramente Indutivo L → $Z_L = X_L$ $S = Q$ $Z_L = wL$

Corrente 90° atrasada, não há componente resistiva

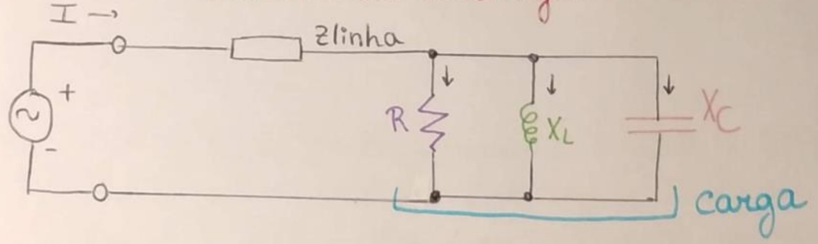
Circuito puramente capacitivo C → $S = |Q|$ $Z_C = -1/wC$

corrente 90° avançada, não há componente resistiva

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

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

Transmissão de Energia em Linhas de Energia



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

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

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 paralelo:

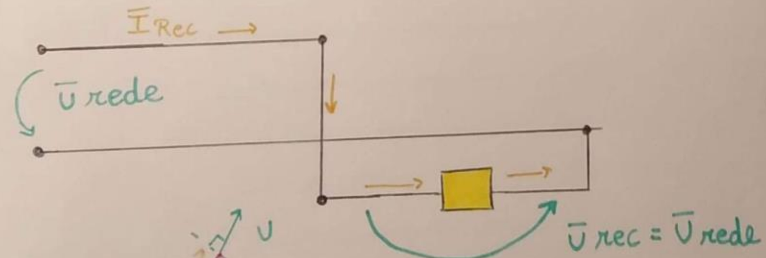
↳ Z máxima
I_{ef} mínima

- 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

Impedância equivalente da carga puramente óhmica → I mínimo.

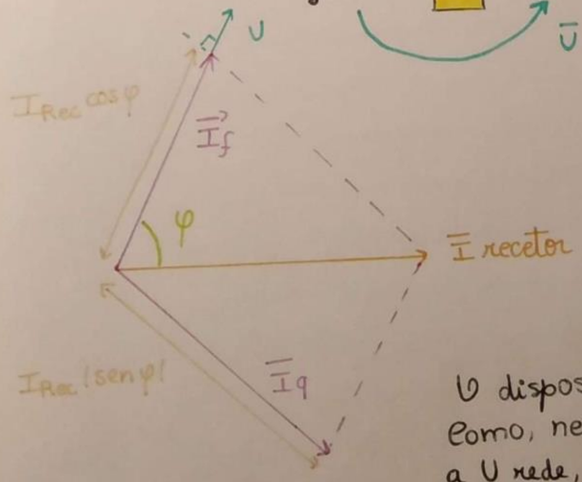
Correção do Fator de Potência

Objetivo: eliminar a potência reativa Q ($\operatorname{sen}\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0°$)
Liga-se, em paralelo (para que fique sujeito à mesma tensão) um dispositivo de compensação tal que $\bar{I}_{comp} = -\bar{I}_q$, que não consome energia ativa.

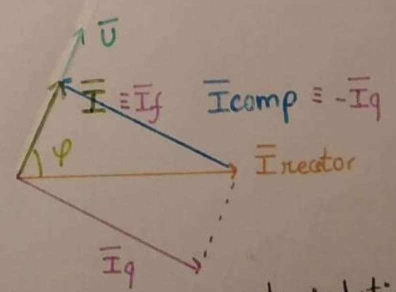


$$P = U_{rec} \cdot I_{rec} \cdot \cos\varphi = U_{rec} \cdot I_f$$

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



→



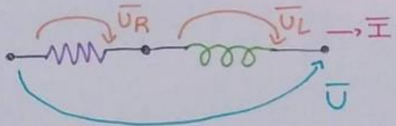
$$I = I_{Rec} \cos\varphi$$

O dispositivo deve ser puramente indutivo ou capacitivo. Como, neste caso, Icomp está 90° avançada relativamente a U rede, o dispositivo será um condensador.

$$Z_C = \frac{U_{rede}}{I_C} \qquad Z_C = \frac{I_C}{\omega U_1}$$

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.

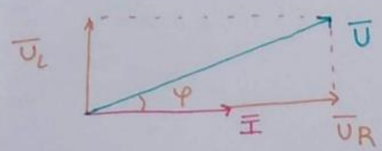
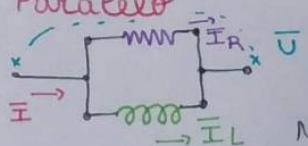


Diagrama Fasorial

Paralelo



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

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

Na resistência, U e I estão em fase.

Na bobine, a corrente está 90° atrasada.

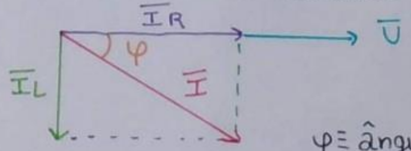
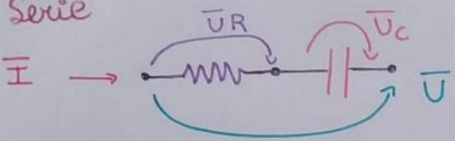


Diagrama Fasorial

$\varphi \equiv$ ângulo entre tensão e corrente

Circuito RC resistência, condensador

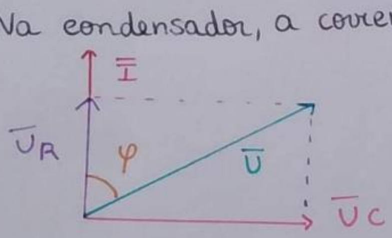
Série



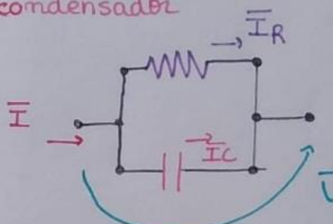
Em série, $\overline{I}_R = I_C = I$

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

Na condensador, a corrente está 90° avançada.



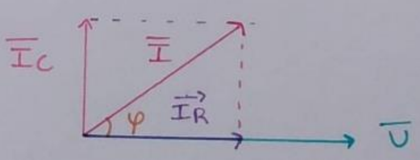
Paralelo



Em paralelo: $U = U_R = U_C$

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

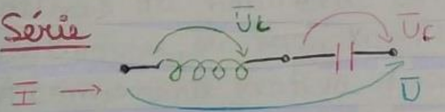
No condensador, a corrente está 90° avançada



Circuito LC bobine, condensador

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

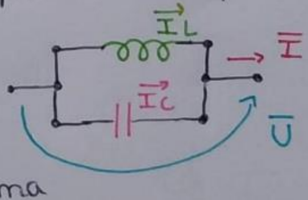
Série



Corrente → valor máximo

Impedância → valor mínimo

Paralelo



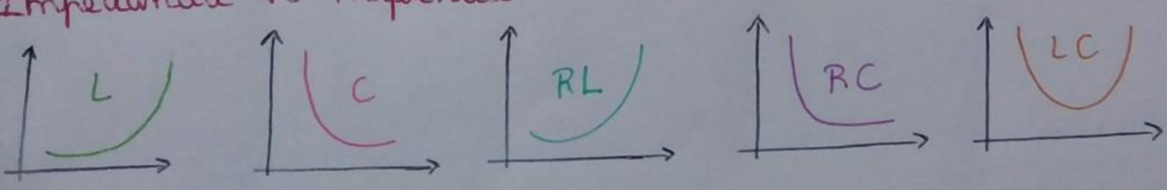
Corrente → mínima

Impedância → máxima

Circuito RLC

- Série → $Z_{total} = Z_R + Z_C + Z_L$
- Paralelo → $\frac{1}{Z_{total}} = \frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_L} + \frac{1}{Z_C}$

Impedância Vs Frequência



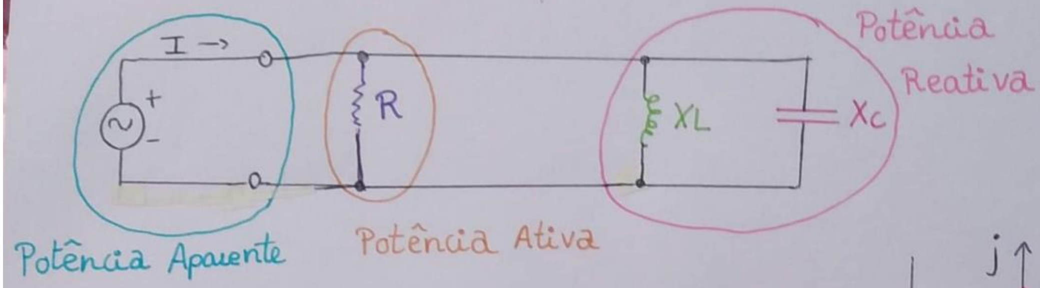
- Frequência de Ressonância $= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

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.
Recetores indutivos → $Q > 0$; resistivos → $Q = 0$; capacitivos → $Q < 0$

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

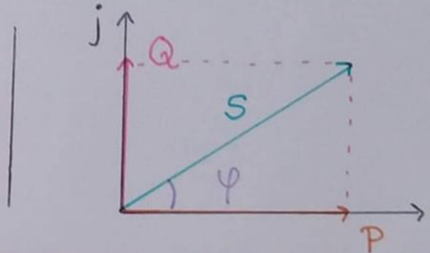


Apenas os componentes não reativos/resistivos têm potência ativa.

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

Potência Reativa → $Q = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \operatorname{sen}\varphi$ (VAr)

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



$P = S\cos\varphi$ $Q = S \operatorname{sen}\varphi$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

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 $\cos\varphi = \dfrac{P}{S}$ ≡ % convertida em calor
circuitos puramente resistivos → $f.p = 1$ $(\varphi = 0°)$
com Q, I_T aumenta e f.p. diminui

Energia Reativa $W_r = Q \cdot \Delta t$ (KVArh)

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

Energia Ativa $W_a = P \cdot \Delta t$ (KWh)

Conjunto

$$P_{conj} = \sum_{i=1}^{n} P_i \qquad Q_{conj} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \qquad S_{conj} = \sqrt{P_{conj}^2 + Q_{conj}^2}$$

$$f.p._{conj} = \frac{P_{conj}}{S_{conj}} = \cos\varphi \qquad W_{r\,conj} = Q_{conj} \cdot \Delta t$$

$$W_{a\,conj} = P_{conj} \cdot \Delta t$$