



ENERGIA, POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA

OBJETIVOS

CONCEITOS BÁSICOS

- Potência em circuitos 1ϕ
- Fator de potência em circ. 1ϕ
- Energia

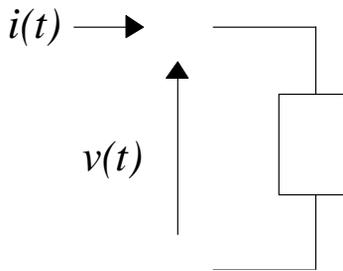
MEDIÇÃO DE POTÊNCIA E ENERGIA

PARTE EXPERIMENTAL

- Identificação do equipamento
- Caracterização dos componentes (R, L, C)
- Circuito RLC série-paralelo: correntes e potências
- Tensões trifásicas: valor eficaz e defasagens
- Defasagem entre tensão e corrente: circuitos RL série e RC série



POTÊNCIA EM CIRCUITOS 1Φ



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

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

Representação por
vetores girantes:

$$v(t) = \Re[V_{max} e^{j\theta} e^{j\omega t}]$$

$$i(t) = \Re[I_{max} e^{j\delta} e^{j\omega t}]$$

Fasores:

$$\dot{V} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{max} e^{j\theta} = V e^{j\theta}$$

$$\dot{I} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{max} e^{j\delta} = I e^{j\delta}$$

Fasores NÃO são vetores girantes!

Valor eficaz: $V = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$



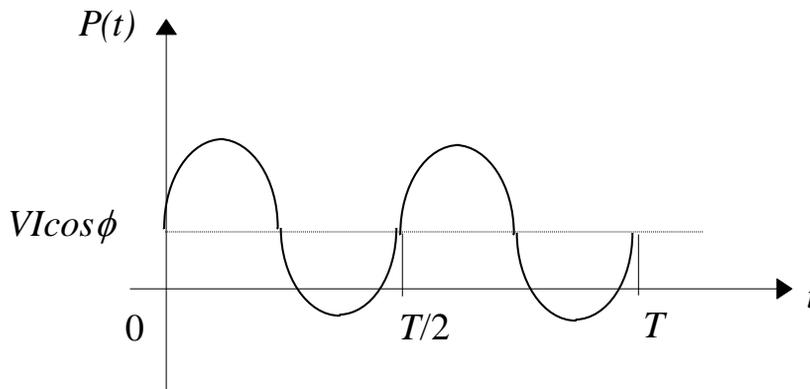
POTÊNCIA INSTANTÂNEA $p(t)$

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

$$\dots = VI \cos \varphi + VI \cos(2\omega t + \theta + \delta)$$

fixa

flutuante (2ω)



$\phi = \theta - \delta$ defasagem entre $v(t)$ e $i(t)$

Casos particulares: $\varphi = -90^\circ$ capacitor puro

$\varphi = +90^\circ$ indutor puro

$\varphi = 0$ resistor puro



POTÊNCIAS ATIVA, REATIVA, APARENTE E COMPLEXA

Potência ativa:
valor médio de $p(t)$:
$$P = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} p(t) dt = VI \cos \varphi \quad (W)$$

Problema: dados V , I e P não é possível determinar a natureza capacitiva ou indutiva da carga

Definição: potência reativa $Q = VI \sin \varphi \quad (VAr)$

indutor: $\varphi > 0 \rightarrow Q > 0$ absorve potência reativa

capacitor: $\varphi < 0 \rightarrow Q < 0$ fornece potência reativa

Potência aparente $S = VI \quad (VA)$

Potência complexa $\underline{\bar{S}} = S \underline{\varphi} = P + jQ = \underline{\dot{V}} \underline{\dot{I}}^* \quad (VA)$

Conservação: P , Q e potência complexa

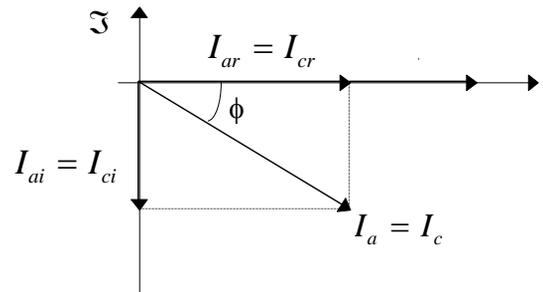
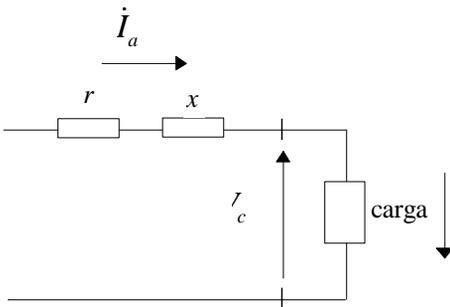


FATOR DE POTÊNCIA - CORREÇÃO

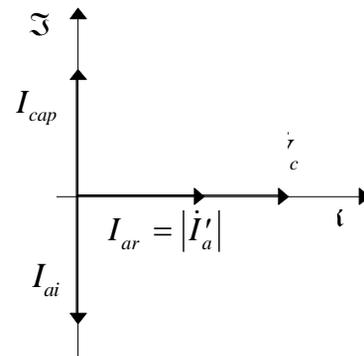
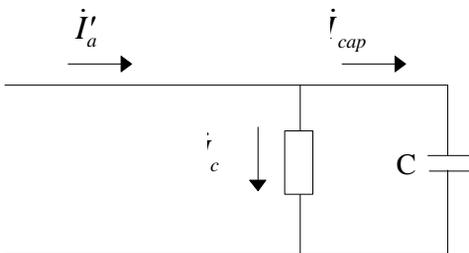
fator de potência: $\cos \phi$

Problema: diminuir corrente da linha sem alterar funcionamento da carga

Situação inicial



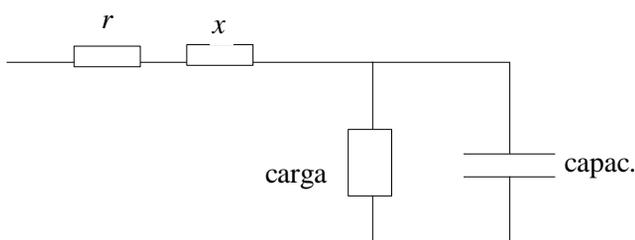
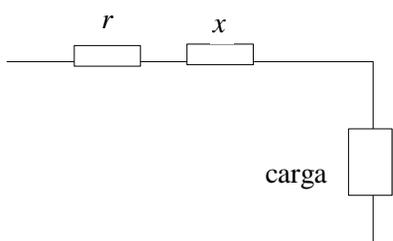
Situação final





FATOR DE POTÊNCIA - CORREÇÃO

Dimensionamento do capacitor para corrigir o fator de potência



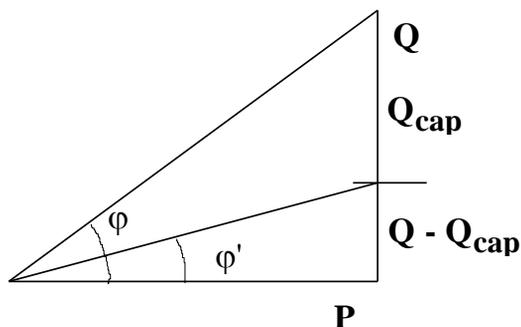
$$Q = P \tan \varphi$$

$$Q - Q_{cap} = P \tan \varphi'$$

$$Q_{cap} = P(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

e $Q_{cap} = V^2 \omega C$

$$C = \frac{P(\tan \varphi - \tan \varphi')}{V_c^2 \omega}$$





ENERGIA

Trabalho realizado pela carga (+ perdas)

$$E(t) = \int_0^t p(t) dt$$

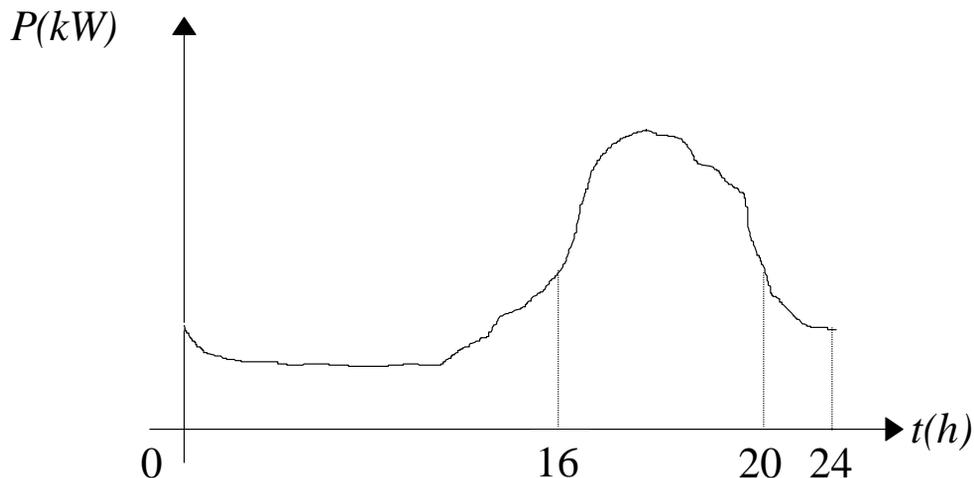
1 J = 1 W.s (SI)

1 kWh = 1000 W . 3600 s = 3 600 000 J

1 GWh = 1000 MWh = 1 000 000 kWh

Lâmpada de 100 W acesa 5 h/dia: 15 kWh/mês

Curvas diárias de carga: comportamento cíclico da carga





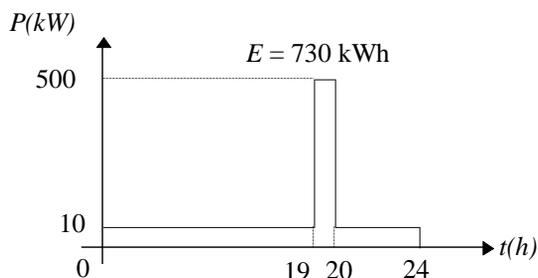
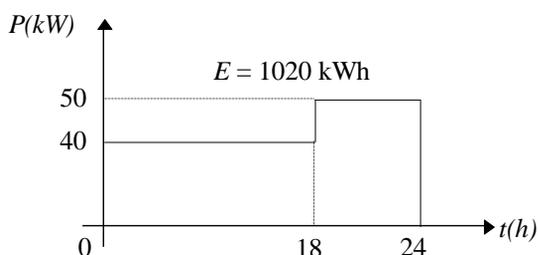
TARIFAÇÃO DE ENERGIA

Tarifação por energia e por demanda máxima

Exemplo:

Consumidor 1

Consumidor 2



Tarifa da energia: reflete custo operacional da empresa

Tarifa da dem. máxima: reflete custo de investimento (capital)

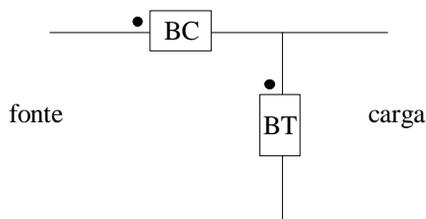
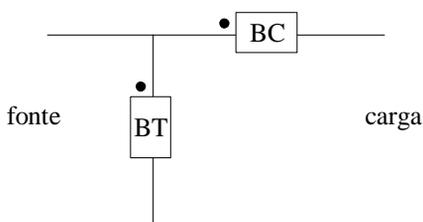
Fator de carga:

$$f_c = \frac{D_{méd}}{D_{máx}} = \frac{\varepsilon}{T} \cdot \frac{1}{D_{máx}} = \frac{\varepsilon}{D_{máx} \cdot T} \leq 1$$



MEDIÇÃO DE POTÊNCIA

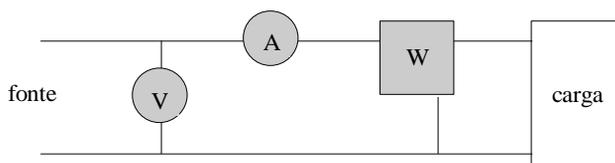
Medição de potência ativa 1φ – wattímetro



- marcação de polaridade

$$W = \Re[\dot{V} \dot{I}^*]$$

Medição de potência reativa 1φ



Medição de fase: fasímetros ou medição de V , I e P

Medição de fator de potência: cosfímetros ou medição de V , I e P .



PARTE EXPERIMENTAL

1. Identificação do equipamento

• voltímetro, amperímetro, wattímetro, R, L, C, VARIAC, transformador isolador e osciloscópio

2. Caracterização dos componentes R, L e C

• cálculo da impedância complexa através de medições de V , I e P

3. Circuito RLC série-paralelo

• estudo de correntes e potências em função da variação de C

4. Osciloscópio

• Visualização de tensões 3ϕ (módulos e defasagens)

• Defasagem entre V e I : circuitos RL série e RC série

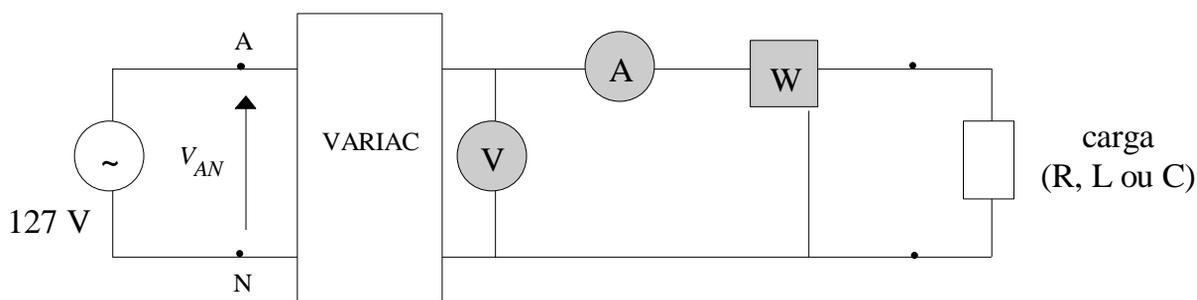


CARACTERIZAÇÃO DE R, L e C

Determinar a impedância complexa dos bipolos R, L e C

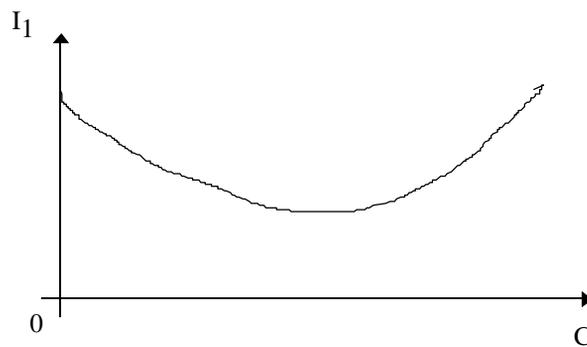
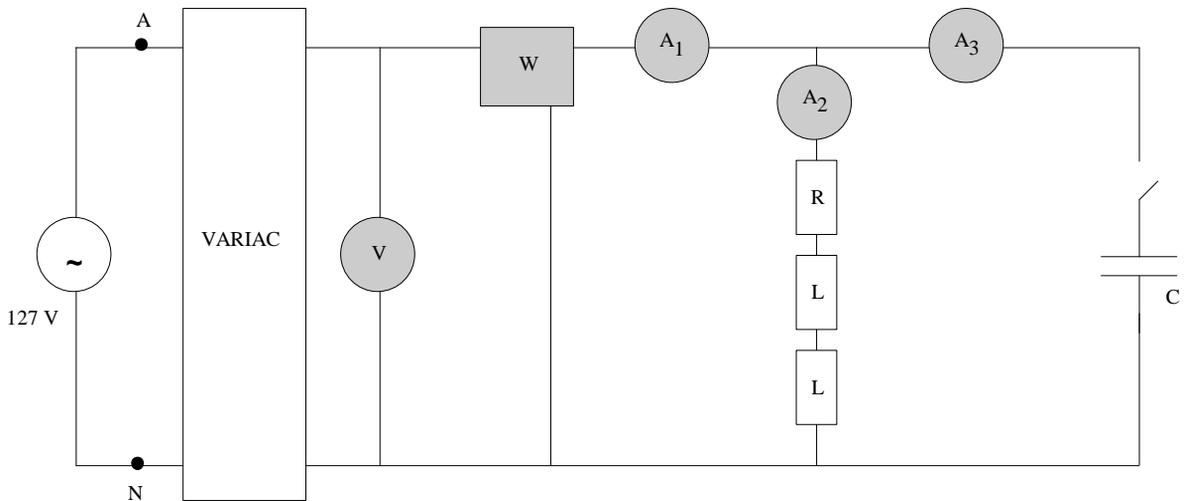
$$\bar{Z} = \frac{\dot{V}}{\dot{I}} = Z \angle \varphi$$

$$Z = \frac{V}{I} \quad e \quad \varphi = \cos^{-1} \frac{P}{V \cdot I}$$





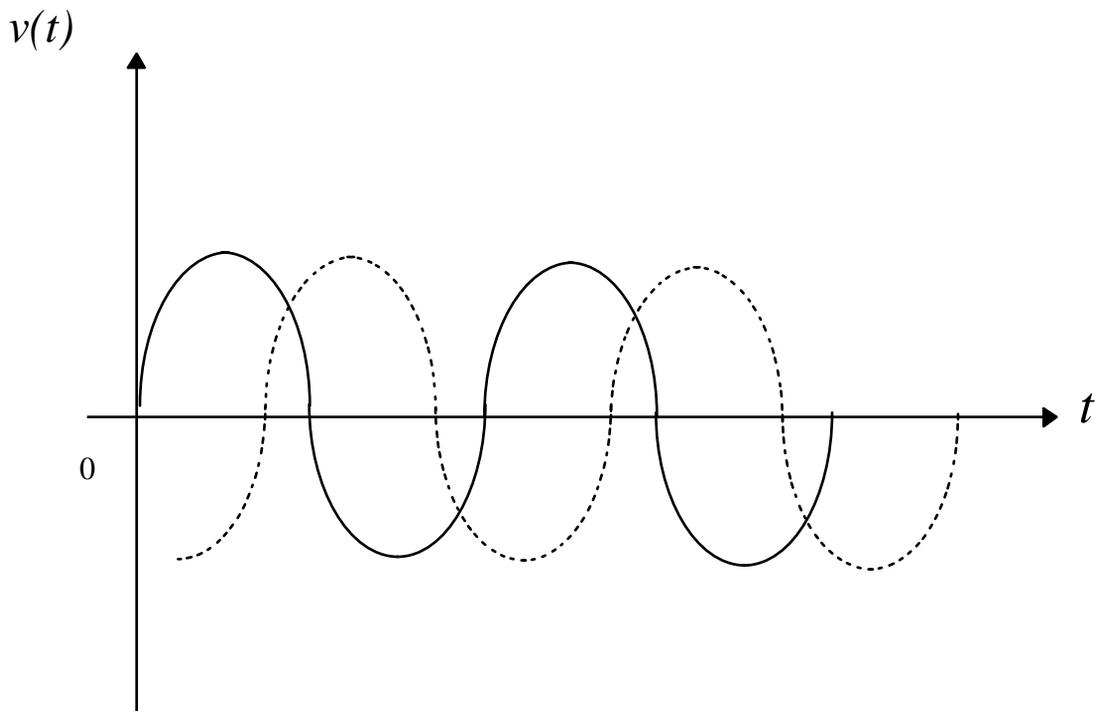
CIRCUITO RLC SÉRIE-PARALELO



Observar também o comportamento de I_2 , I_3 e P em função de C



TENSÕES TRIFÁSICAS: MÓDULOS E DEFASAGENS





CIRCUITOS RL SÉRIE E RC SÉRIE: DEFASAGENS ENTRE V_e / I

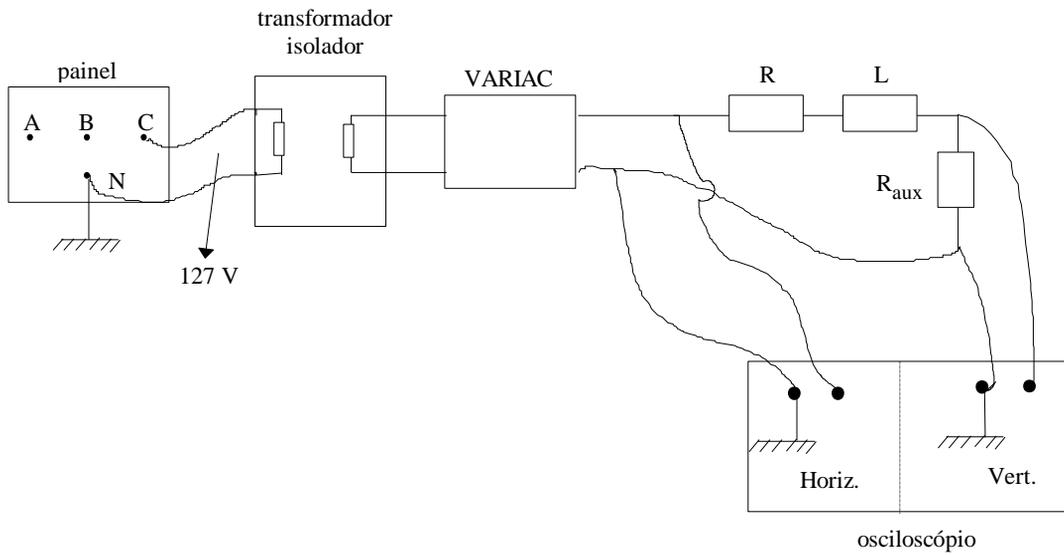
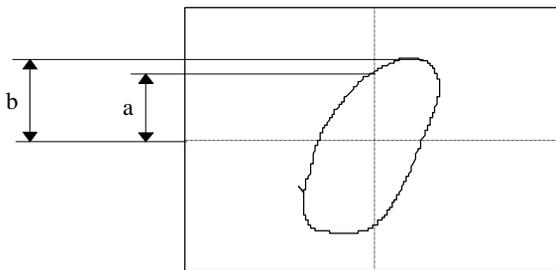


Figura de Lissajous (elipse):



$$\varphi = \sin^{-1} \frac{a}{b}$$