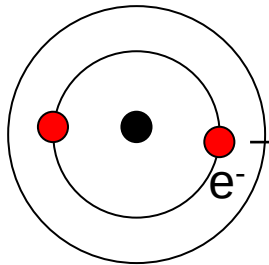


CIRCUITOS ELÉTRICOS

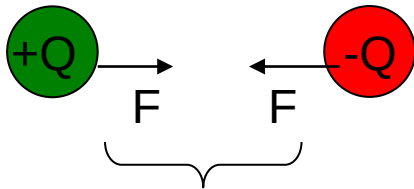
CONCEITOS BÁSICOS

- Carga Elétrica (Q, q) [Unidade: Coulomb C]



Quando se fornece ou retira energia do elétron (e^-), pode-se movimentá-lo por entre as camadas (K, L, M, N...). No limite, pode-se fornecer energia suficiente para que o elétron se desprenda do átomo, gerando uma carga negativa, o elétron, e uma carga positiva, representado pelo íon composto pelo átomo desequilibrado em sua composição.

• Experiência de Coulomb

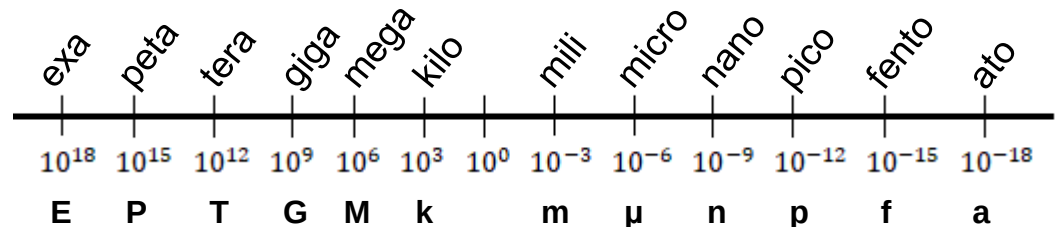


$$F = 10^{-7}xc^2 \Rightarrow |Q| = 1C$$

Onde c é a velocidade da luz

$$1C = 6,24 \times 10^{18} e^-$$

$$e^- = 1,602 \times 10^{-19} C$$



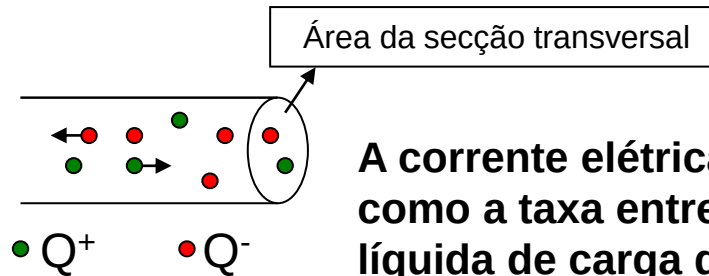
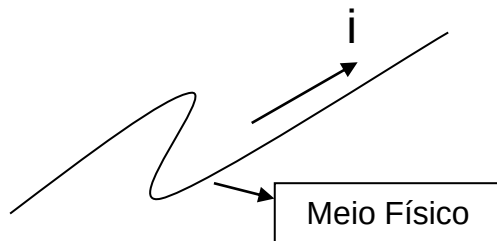
Eletrostática → Cargas em equilíbrio.

Eletrodinâmica → Cargas em movimento

- Transferência de energia;
- Transferência de informação.

- Corrente Elétrica (I, i) [Unidade: Ampere A]

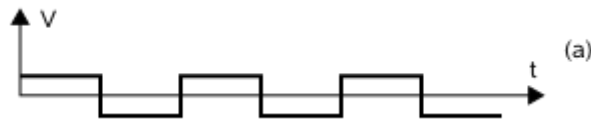
Corrente será a definida pelo movimento de cargas em um meio físico.



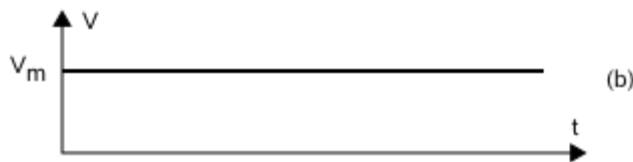
A corrente elétrica será definida como a taxa entre a variação líquida de carga que atravessa uma secção transversal do meio físico em um determinado período de tempo, ou seja:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \left(A = \frac{C}{s} \right), \text{ no limite } \Rightarrow i = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \text{ assim } \Rightarrow i = \frac{dq}{dt} \text{ ou } q = \int i \cdot dt$$

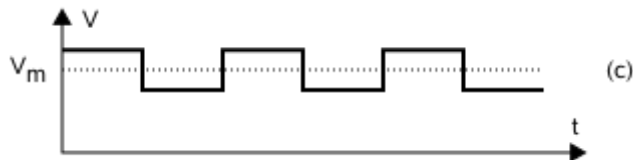
- Tipos de Correntes



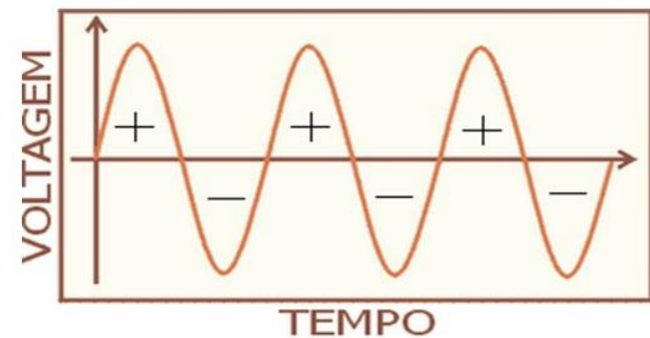
Alternada



Contínua

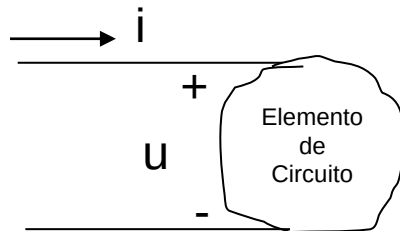


Contínua pulsante



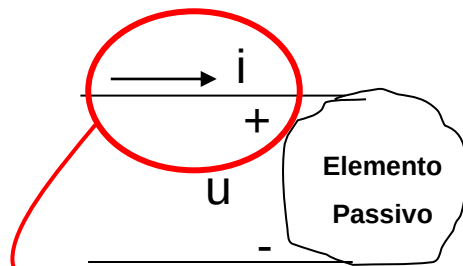
- Diferença de Potencial (U, u) [Unidade: Volt V]

O movimento de cargas acarreta em realização de trabalho, ou seja, em dispêndio de energia. Assim, para uma carga se deslocar de um determinado ponto a outro, deverá receber ou perder energia, tal qual a ideia para deslocamento do elétron dentro de um átomo.



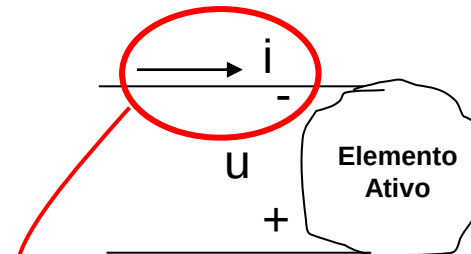
Uma vez que a energia é despendida pela carga, então:

$$V = \frac{J}{C}$$



Seta da corrente entra no terminal positivo da tensão, diz-se que o elemento tem polarização de elemento passivo.

Elemento Passivo → Absorve Energia



Seta da corrente entra no terminal negativo da tensão, diz-se que o elemento tem polarização de elemento ativo.

Elemento Ativo → Fornece Energia

- Potência (P, p) [Unidade: Watt W]

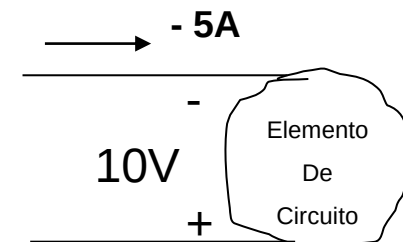
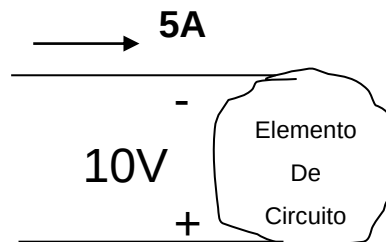
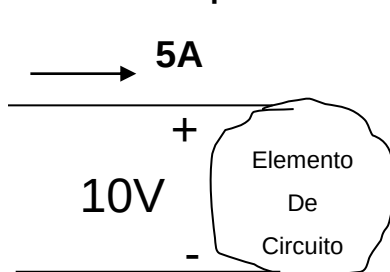
- Capacidade de transferir energia ao longo do tempo.

$$\frac{C}{s} \times \frac{J}{C} = \frac{J}{s} = W, \text{ então, } P = U \times I$$

- Energia (E, e) [Unidade: Joule J]

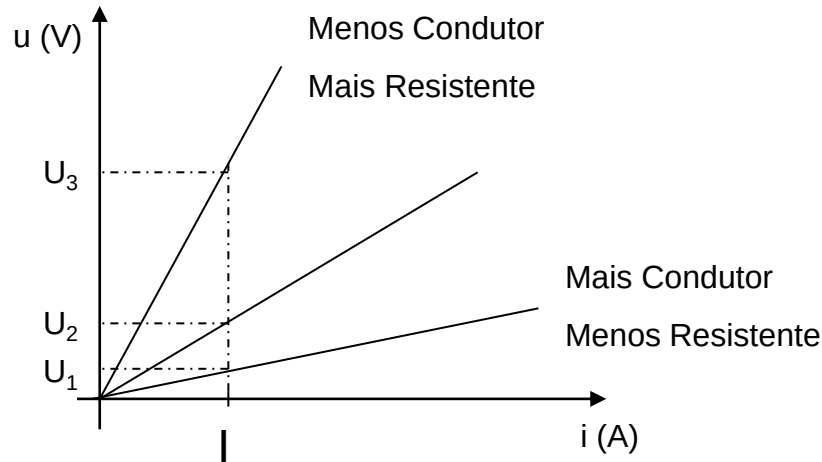
$$E = P \times t$$

- Exemplos



$$P = 10 \times 5 = 50W (abs) \quad P = 10 \times 5 = 50W (forn) \quad P = 10 \times (-5) = -50W (forn) = 50W (abs)$$

- Lei de OHM



A experiência levou OHM a concluir que:

$$U \propto I$$

Portanto, haveria uma constante de proporcionalidade para definir:

$$U = R \times I$$

RESISTÊNCIA

- Elementos de Circuitos

• Resistor [R] Unidade: OHM (Ω) →

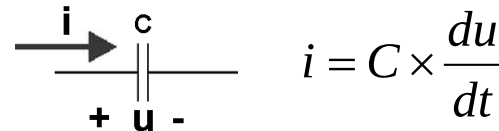


$$P = U \times I = R \times I^2 = \frac{V^2}{R}$$

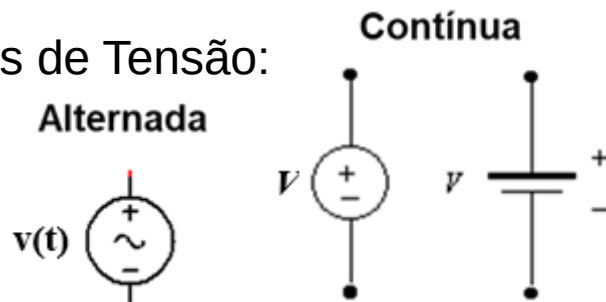
• Indutor [L] Unidade HENRY (H) →



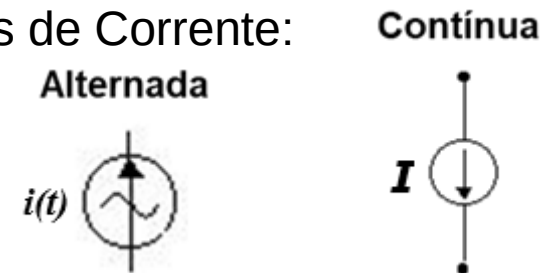
• Capacitor [C] Unidade FARAD (F) →



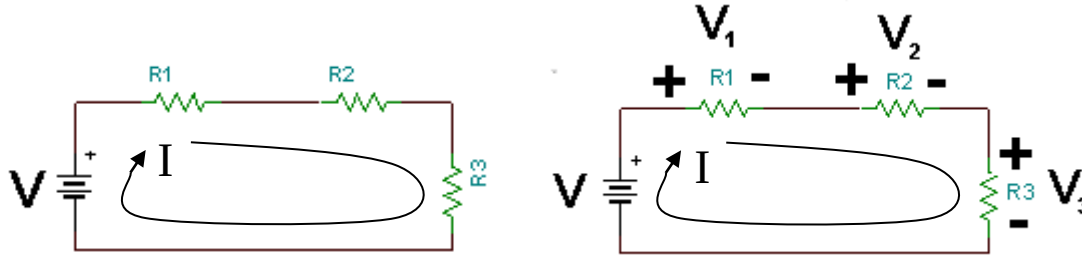
• Fontes de Tensão:



• Fontes de Corrente:



- Lei de Kirchhoff das Tensões (LKT)



$$\text{LKT} \rightarrow \sum_{i=1}^n V_i = 0$$

$$+V_1 + V_2 + V_3 - V = 0 \Rightarrow +V_1 + V_2 + V_3 = V, \text{ Sabendo que: } \begin{cases} V_1 = R_1 \times I \\ V_2 = R_2 \times I \\ V_3 = R_3 \times I \end{cases}$$

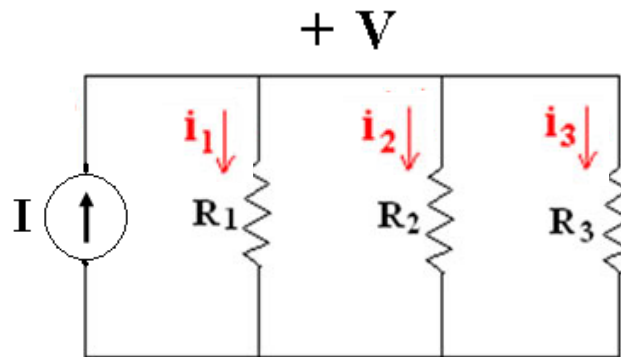
$$\text{então, } R_1 \times I + R_2 \times I + R_3 \times I = V \Rightarrow \underbrace{(R_1 + R_2 + R_3)}_{R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3} \times I = V \Rightarrow$$

$$\text{Portanto, } R_{eq} \times I = V \Rightarrow I = \frac{V}{R_{eq}}$$

• Associação Série de Resistores implica em todos os elementos estarem sendo percorridos pela mesma corrente, portanto:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

- Lei de Kirchhoff das Correntes (LKC)



$$\text{LKC} \Rightarrow \sum_{j=1}^n I_j = 0$$

$$+ I_1 + I_2 + I_3 - I = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 + I_3 = I, \text{ Sabendo que: } \begin{cases} I_1 = V/R_1 \\ I_2 = V/R_2 \\ I_3 = V/R_3 \end{cases}$$

então,
$$\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = I \Rightarrow \left(\underbrace{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}_{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \right) \times V = I \Rightarrow$$

Portanto,
$$I = \frac{V}{R_{eq}} \Rightarrow V = R_{eq} \times I$$

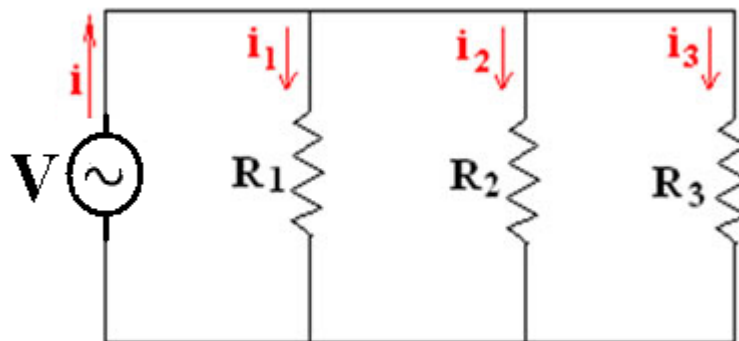
• Associação Paralela de Resistores implica em todos os elementos estarem sujeitos a uma mesma diferença de potencial (tensão), portanto:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Obs.: para 2 resistores em paralelo, temos:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

A aplicação de circuitos em instalações elétricas, em geral, está relacionado ao seguinte esquema de ligação:

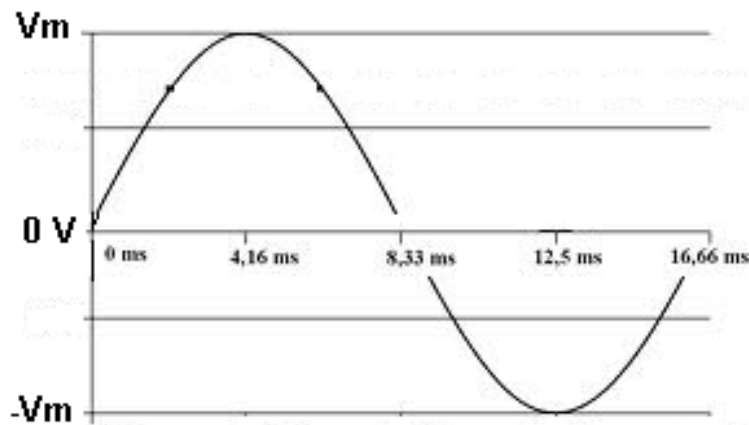


Onde, a fonte representa a alimentação em corrente alternada disponibilizada pela concessionária de energia e as resistências representam as cargas instaladas, tais como, iluminação, chuveiro, torneira elétrica, forno elétrico, microondas e outros equipamentos.

Como se pode observar, os equipamentos estão ligados em paralelo entre si e com a fonte de tensão. Assim, garante-se que todos os equipamentos estarão sendo alimentados pela mesma tensão, que deve ser a tensão nominal do equipamento. Por isto, deve se ter o cuidado quando da utilização de equipamentos denominados de **bi-volt(110V/220V)**, pois, se for selecionada a tensão inferior à da fonte(concessionária), em geral o equipamento queima. Se for selecionada a tensão superior à da fonte, o equipamento não funciona ou, se funcionar, não terá o desempenho adequado.

- Corrente Alternada Senoidal

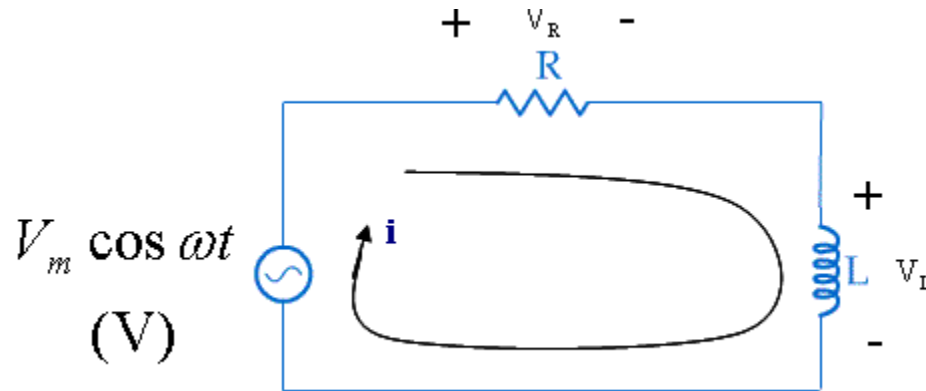
A energia elétrica é gerada e distribuída na forma de uma senóide que oscila em 60Hz, conforme o gráfico abaixo:



Como é característica da forma senoidal, a onda apresenta um valor máximo (V_m) e um mínimo ($-V_m$) e, oscilando em 60Hz, apresenta um período de 16,67ms.

No Brasil, há dois padrões de valores máximos gerados, 155V ou 311V. Esta diferença é diversificada entre os estados brasileiros. Por exemplo, no Paraná se usa 155V, já em Santa Catarina prevalece o 311V. Estas diferenças nos valores são históricas e envolve o desenvolvimento e domínio de tecnologia, além do custo benefício da instalação.

- Circuitos com Excitação Senoidal



Aplicando LKT, tem-se:

$$R \times i + L \times \frac{di}{dt} = V_m \cos \omega.t$$

Resolvendo a equação diferencial de 1ª ordem, para o regime permanente, tem-se:

$$i = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos[\omega.t - \underbrace{\tan^{-1}(\omega L/R)}_{\text{Defasagem}}] \text{ (A)}$$

$$\text{Defasagem} \Rightarrow \phi = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$$

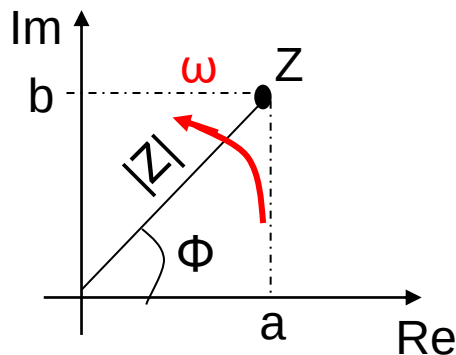
Pode-se observar que tanto a amplitude, quanto a defasagem, dependem da frequência. O tempo, agora, apenas denota a existência de uma senóide, ou seja, quando a excitação é senoidal, a variável de interesse passa a ser a frequência e não mais o tempo.

Assim, no tocante a circuitos elétricos é desenvolvida uma teoria denominada de FASORIAL, baseada em um elemento matemático denominado FASOR, e que passa a ter como domínio o conjunto dos números complexos.

A teoria de Fasores pode ser estudada em detalhes no capítulo 9, do livro do Irwin, que está especificado no plano de ensino da disciplina.

Para facilitar o entendimento, aqui se desenvolverão alguns conceitos visando dar um mínimo de base sobre o que se vai estudar.

A idéia do fasor está baseada na teoria dos números complexos, conforme segue:



$$Z = a + j.b \text{ (retangular)} \quad \text{ou} \quad Z = |Z| \angle \phi \text{ (polar)}$$

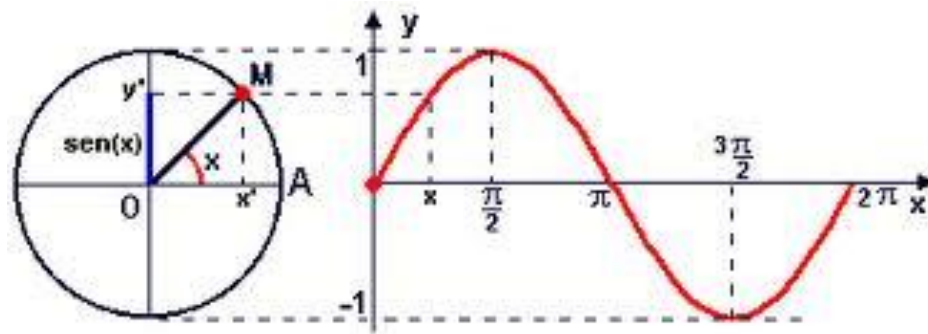
$$\text{onde,} \quad |Z| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{e} \quad \phi = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$a = |Z| \times \cos \phi \quad \text{e} \quad b = |Z| \times \sin \phi$$

Se o número complexo, com sua representação polar (módulo e fase) assume uma velocidade angular (ω), então, a este conjunto, denomina-se de Fasor.

A ideia de haver um módulo que se desloca com velocidade angular, é muito próxima da teoria da geração de senos e cossenos, com se verá adiante.

A figura abaixo, indica a geração do seno. Observa-se o deslocamento de um ponto M, com fase x e com uma velocidade angular.



Fonte: www.google.com.br/imgens

Assim, vamos intuir que um sinal senoidal tem três informações importantes: a amplitude, a fase e a velocidade angular.

Portanto, se assumirmos conhecida uma dada frequência angular (Domínio da Frequência), o que nos sobra para caracterizar uma onda senoidal é apenas a amplitude e a sua fase, ou seja, tal qual um número complexo e tal qual um Fasor.

Com efeito, vamos poder representar as tensões e correntes, no domínio da frequência, da seguinte forma:

$$v = V_M \cos(\omega t + \alpha) (V)$$

$$i = I_M \cos(\omega t + \theta) (A)$$

$$\left. \begin{array}{l} V = V_M \angle \alpha (V) \\ I = I_M \angle \theta (A) \end{array} \right\} \omega$$

Assumindo, agora, que as grandezas elétricas TENSÃO e CORRENTE estão representadas pelos fasores V e I , respectivamente, então pode-se desenvolver o conceito de IMPEDÂNCIA (Z), com sendo:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{V_M \angle \alpha}{I_M \angle \theta} = \frac{V_M}{I_M} \angle \alpha - \theta \Rightarrow |Z| = \frac{V_M}{I_M} \quad \text{e} \quad \phi = \alpha - \theta$$

Com efeito, apresenta-se as relações fasoriais para os 3 elementos de circuito passivos:

- Resistor $Z_R = R$ ou $Z_R = R \angle 0^\circ$
 - Indutor $Z_L = j\omega L$ ou $Z_L = \omega L \angle +90^\circ$
 - Capacitor $Z_C = -\frac{j}{\omega C}$ ou $Z_C = \frac{1}{\omega C} \angle -90^\circ$
- $\omega = 2.\pi.f \quad (rd/s)$

Impedância se
associa tal qual
Resistência

Uma vez apresentados os conceitos relativos aos FASORES, pode-se voltar a atenção para o desenvolvimento dos conceitos de potência, os quais são de grande interesse e aplicação quando se trata de instalações elétricas.

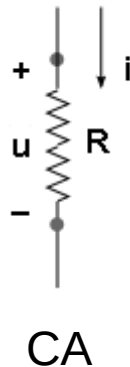
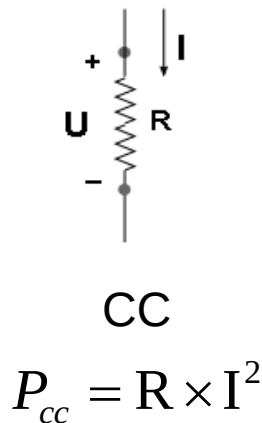
- Conceito de Valor Eficaz (RMS – Root Mean Square)

As ondas periódicas tem aplicações diversas, porém, como a onda senoidal apresenta um valor médio nulo, dentro de um período, se faz necessário desenvolver o conceito de VALOR EFICAZ de uma onda periódica, em particular a senoidal. Somente assim, a onda senoidal terá sentido de utilização na aplicação da transferência de energia (potência), que é o objetivo das instalações elétricas.

Em termos de realização de trabalho, ou dispêndio de energia, ou potência desenvolvida, não importa o tipo de fonte, contínua ou alternada, mas, o resultado em si. Ou seja, a transferência de energia, que em geral, está relacionada com a variação de temperatura, o que por sua vez, dá noção de potência desenvolvida.

A ideia de Valor Eficaz está baseada na comparação da transferência de energia, via potência dissipada, entre dois elementos idênticos.

Para desenvolver o conceito, vamos supor duas resistências de mesmo valor, estando uma sujeita a uma alimentação em corrente contínua (CC) e a outra em corrente alternada (CA), conforme segue:



Onde, $i = I_M \cos \omega t \text{ (A)}$

$$p = R \times i^2$$

$$P_M = \frac{1}{T} \int_0^T p dt \Rightarrow P_M = \frac{1}{T} \int_0^T R \times i^2 dt$$

Fazendo, $P_{cc} = P_M$ Tem-se: $R \times I^2 = \frac{1}{T} \int_0^T R \times i^2 dt$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_M^2 \cos^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{I_M^2}{T} \int_0^T (\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega t) dt}$$

$$I = \sqrt{\frac{I_M^2}{T} \left[\int_0^T \frac{1}{2} dt + \int_0^T \frac{1}{2} \cos 2\omega t dt \right]} \Rightarrow I = \sqrt{\frac{I_M^2}{T} \left[\int_0^T \frac{1}{2} dt \right]} = \sqrt{\frac{I_M^2}{T} \times \frac{1}{2} T} \Rightarrow$$

$$I_{ef} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$$

Por analogia:

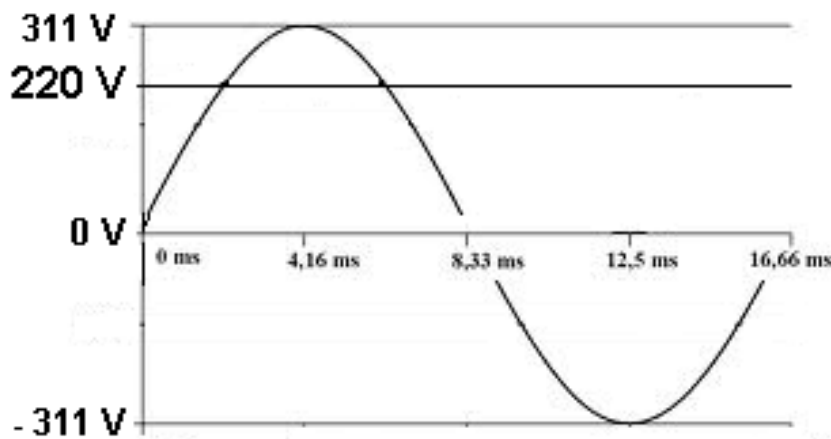
$$V_{ef} = \frac{V_M}{\sqrt{2}}$$

Exemplo:

Em Santa Catarina $\Rightarrow V_M = 311V \Rightarrow V_{ef} = \frac{311}{\sqrt{2}} = 220V$

No Paraná $\Rightarrow V_M = 155V \Rightarrow V_{ef} = \frac{155}{\sqrt{2}} = 110V$

Portanto, em termos práticos, pode-se afirmar que, do ponto de vista de potência, um sinal senoidal com valor máximo de 311V e oscilando em 60Hz, pode ser substituído por uma fonte de corrente contínua de 220V. O gráfico abaixo, mostra a onda senoidal e o valor eficaz.



Em termos de potência, temos:

- Corrente Contínua $\rightarrow P_{cc} = U \times I = R \times I^2 = \frac{U^2}{R}$

- Corrente Alternada $\rightarrow i = I_M \cos(\omega t + \theta) (A) \quad v = V_M \cos(\omega t + \alpha) (V)$

Potência Instantânea $\rightarrow p = v \times i = R \times i^2 = \frac{v^2}{R}$ Potência Média $\rightarrow P_M = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p dt$

Para ondas senoidais, tem-se: $P_M = \frac{1}{T} \int_0^T p dt$

Substituindo $i = I_M \cos(\omega t + \theta) \text{ (A)}$ $v = V_M \cos(\omega t + \alpha) \text{ (V)}$

Na fórmula da potência instantânea, tem-se:

$$p = v \times i = V_M \cdot I_M \cdot \cos(\omega t + \alpha) \cdot \cos(\omega t + \theta) \quad , \text{ como } \phi = \alpha - \theta \quad , \text{ então:}$$

$$p = V_M \cdot I_M \cdot \cos(\omega t + \alpha) \cdot \cos(\omega t + \alpha - \phi) = \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi + \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos(2\omega t + 2\alpha - \phi)$$

Para a potência média, tem-se:

$$P_M = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi + \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos(2\omega t + 2\alpha - \phi) \right] dt$$

$$P_M = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi \cdot dt + \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos(2\omega t + 2\alpha - \phi) dt$$

$$P_M = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi \cdot dt = \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi \cdot \frac{1}{T} \int_0^T dt$$

$$P_M = \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi$$

Usando a relação de valor eficaz:

$$P_M = \frac{1}{2} V_M \cdot I_M \cdot \cos \phi = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot V_{ef} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi \Rightarrow P_M = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi \quad (\text{W})$$

Cos2ωt tem período de T/2, sendo integrado em T, ou seja, em dois períodos da onda, portanto, valor médio é ZERO.

Desenvolvendo os conceitos de potência complexa, ativa, reativa e aparente.

$$P_M = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi \Rightarrow P_M = \text{Re}[V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot e^{j\phi}] \text{ , mas } \phi = \alpha - \theta, \text{ então :}$$

$$P_M = \text{Re}[V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot e^{j(\alpha - \theta)}] \Rightarrow P_M = \text{Re}[\underbrace{V_{ef} \cdot e^{j\alpha}}_{\text{FASOR } V} \cdot \underbrace{I_{ef} \cdot e^{j(-\theta)}}_{\text{FASOR } \bar{I}}] \Rightarrow$$

$$P_M = \text{Re}\left[V \cdot \bar{I}\right] \text{ , onde } T = V \cdot \bar{I} \Rightarrow \text{Potência Complexa (VA)}$$

Na forma retangular, tem-se:

$$T = P + jQ \begin{cases} P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi & \text{Pot. Ativa (W)} \\ Q = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin \phi & \text{Pot. Reativa (VAR)} \end{cases}$$

$$T = P + jQ = |T| \angle \gamma$$

$$|T| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi)^2 + (V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin \phi)^2} = \sqrt{(V_{ef} \cdot I_{ef})^2 \times (\cos^2 \phi + \sin^2 \phi)}$$

$$|T| = V_{ef} \cdot I_{ef} = S \Rightarrow \text{Potência Aparente (VA)}$$

$$\gamma = \text{tg}^{-1}[\text{Im}(T) / \text{Re}(T)] = \text{tg}^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \sin \phi}{V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{\sin \phi}{\cos \phi}\right) = \text{tg}^{-1} \cdot \text{tg}(\phi) = \phi$$

$$T = P + jQ = |T| \angle \gamma = S \angle \phi \text{ (VA)}$$

$$P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \phi = S \cdot \cos \phi$$

Fator de
Potência
(FP)

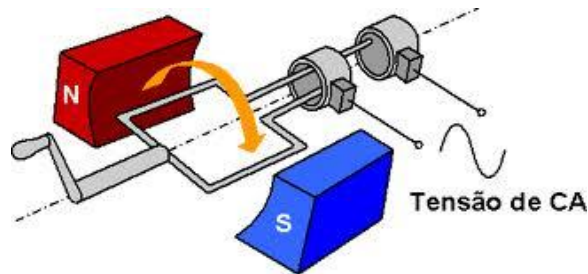
$$FP = \frac{P}{S}$$

Indutor FP atrasado
 $\phi > 0^\circ$

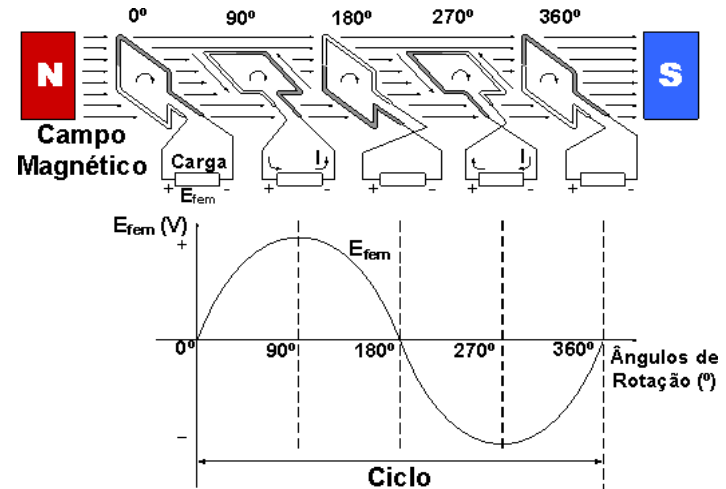
Capacitor FP adiantado
 $\phi < 0^\circ$

Sistemas Polifásicos

- Geração de um sinal senoidal

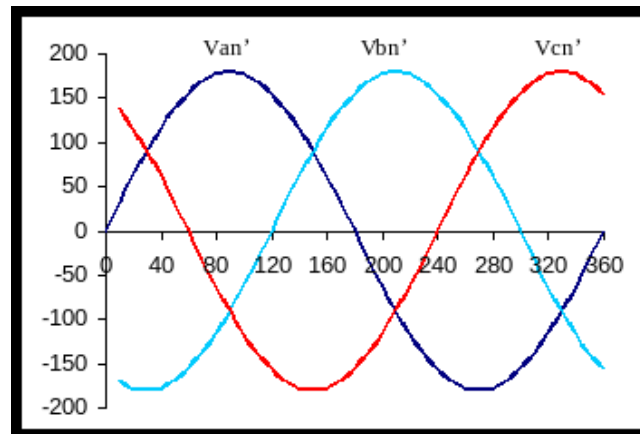
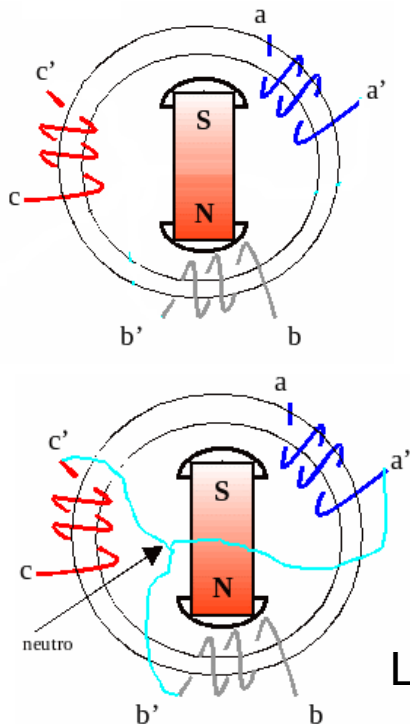


Fonte: <http://macao.communications.museum>



Fonte: <http://macao.communications.museum>

- Geração Trifásica



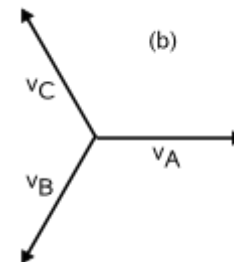
<http://dc378.4shared.com/doc/5UNZGUtN/preview.html>

Ligação em Estrela ou Y

$$v_{an} = 180 \cdot \sin 377 \cdot t \text{ (V)}$$

$$v_{bn} = 180 \cdot \sin(377 \cdot t - 120^\circ) \text{ (V)}$$

$$v_{cn} = 180 \cdot \sin(377 \cdot t - 240^\circ) \text{ (V)}$$



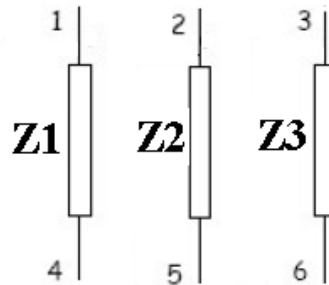
$$V_{an} = 127 \angle 0^\circ \text{ (V)}$$

$$V_{bn} = 127 \angle -120^\circ \text{ (V)}$$

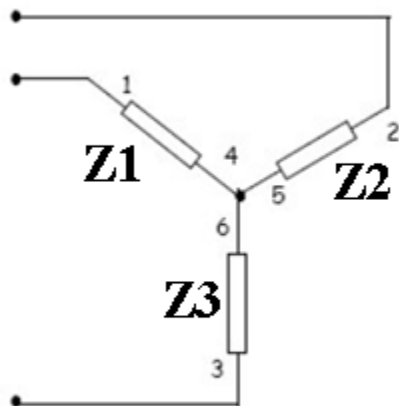
$$V_{cn} = 127 \angle +120^\circ \text{ (V)}$$

Cargas Trifásicas

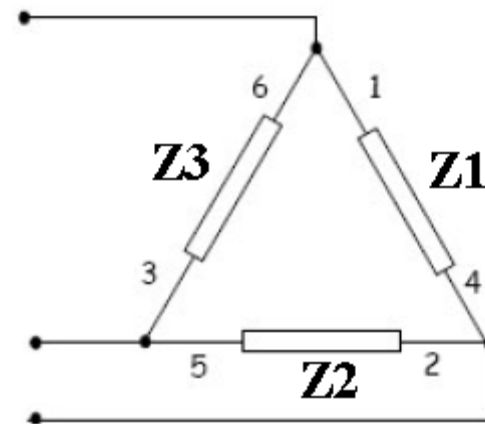
As cargas trifásicas são compostas por 3 impedâncias cujos os terminais são acessíveis, conforme mostra a figura abaixo. As impedâncias podem ser exatamente iguais – Sistema equilibrado –, ou podem ser diferentes – Sistema Desequilibrado.



Uma vez que se tem acesso aos 6 terminais, há a possibilidade de se fazer dois tipos de ligações entre os mesmos:

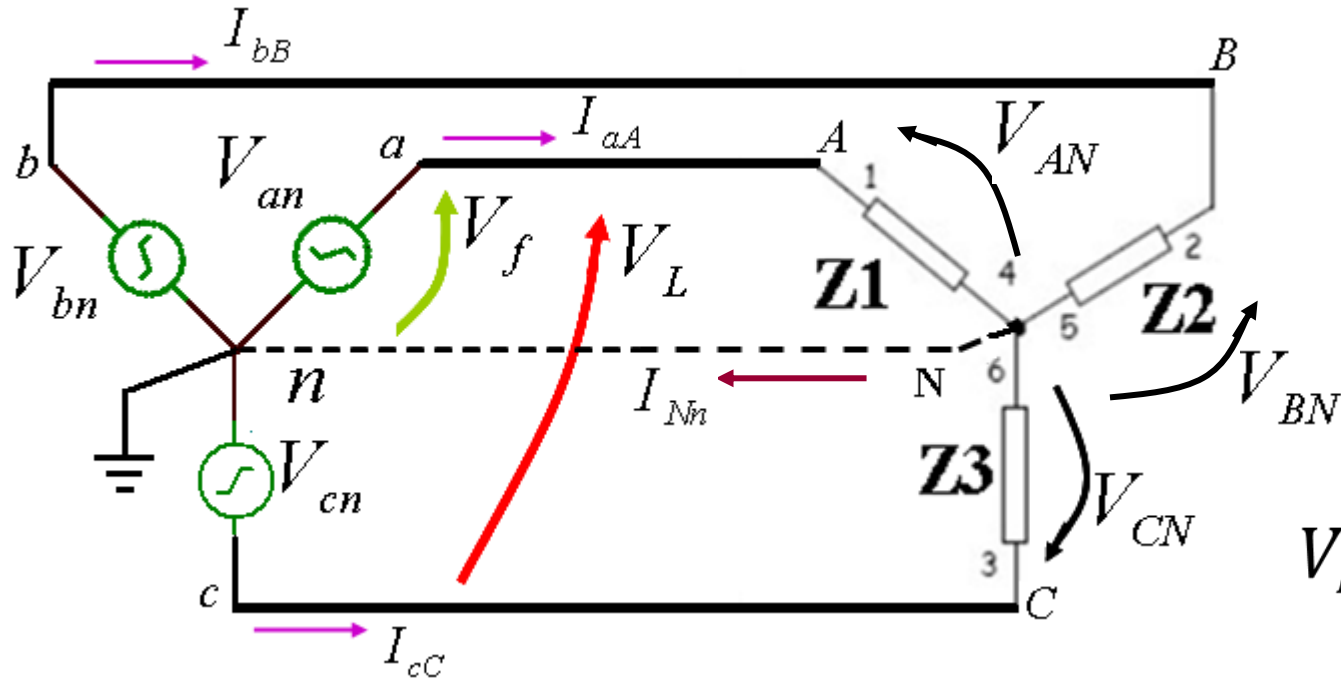


Ligação Y ou Estrela



Ligação Delta ou Triângulo (Δ)

Tensões e Correntes no Circuito em Y



$$V_L = \sqrt{3} \times V_f$$

Tensões de Fase (V_f) $\Rightarrow V_{an}, V_{bn}$ e V_{cn}

Tensões de Linha (V_L) $\Rightarrow V_{ab}, V_{bc}$ e V_{ca}

Correntes de Linha (I_L) $\Rightarrow I_{aA}, I_{bB}$ e I_{cC}

Se $Z_1 = Z_2 = Z_3$,
então o sistema é EQUILIBRADO e
 $I_{aA} + I_{bB} + I_{cC} = 0$, Portanto $I_{Nn} = 0$

Se $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$,
então o sistema é DESEQUILIBRADO e
 $I_{aA} + I_{bB} + I_{cC} \neq 0$, Portanto $I_{Nn} \neq 0$

- Na ligação em Y, as correntes de linha são iguais às correntes de fase;
- Está se supondo que as fontes representam a ligação do Transformador que alimenta a carga trifásica, desprezando-se as impedâncias dos condutores de ligação fonte-carga;

Exercícios

1) Para uma carga monofásica de 5.600W/FP=0,8at(ind) alimentada em 220V/60Hz, determinar a potência aparente, a potência reativa e a amplitude da corrente.

$$P = 5.600W$$

$$FP = 0,8ind$$

$$FP = \cos \phi$$

$$\phi = \cos^{-1} FP$$

$$\phi = \cos^{-1} 0,8 = 36,87^\circ$$

$$FP = \frac{P}{S} \Rightarrow S = \frac{P}{FP} = \frac{5600}{0,8} = 7.000 VA$$

$$Q = S.\sin \phi = 7000.\sin 36,87^\circ = 7000 \times 0,6 = 4.200 VAR$$

$$S = V_{ef} . I_{ef} \Rightarrow I_{ef} = \frac{S}{V_{ef}} = \frac{7000}{220} = 31.82 A$$

2) Para a carga 3,5kVA/ Φ =+23,07° , alimentada em 127V/60Hz, pede-se:

a) FP

b) P

c) Q

d) I_{ef}

3) Considerando:

Carga 1 → 3kW e $\phi = +53,13^\circ$

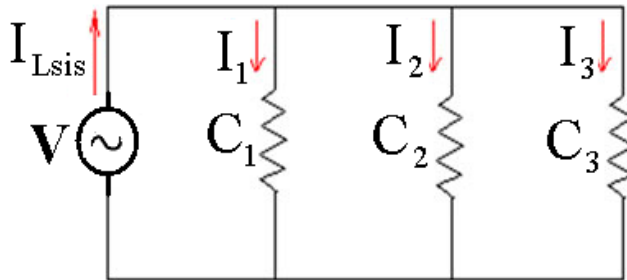
Carga 2 → 5kVA e $FP = 0,8at$

Carga 3 → 10kVA e $FP = 0,78ad$

Sendo a tensão 220V/60Hz, determinar:

- A amplitude da corrente de linha do sistema?
- O FP do sistema ?

Em termos de circuito simplificado, tem-se:



Carga 1 ⇒ $P_1 = 3kW$ $FP_1 = \cos(+53,13) = 0,6at$

$$S_1 = \frac{P_1}{FP_1} = \frac{3 \times 10^3}{0,6} = 5kVA$$

$$Q_1 = S_1 \cdot \sin \phi = 5 \times 10^3 \cdot \sin(+53,13) = 4kVAR$$

Carga 2 ⇒ $S_2 = 5kVA$ $P_2 = S_2 \cdot FP_2 = 5 \times 10^3 \times 0,8 = 4kW$

$$\phi = \cos^{-1} 0,8 = 36,87^\circ \quad Q_2 = S_2 \cdot \sin \phi = +3kVAR = 3kVAR_{ind}$$

Carga 3 ⇒ $S_3 = 10kVA$ $P_2 = S_2 \cdot FP_2 = 10 \times 10^3 \times 0,78 = 7,8kW$

$$\phi = \cos^{-1} 0,78 = -38,74^\circ \quad Q_2 = S_2 \cdot \sin \phi = -6,25kVAR = 6,25kVAR_{ad}$$

Pode-se determinar a potência complexa total T_T :

$$T_T = P_T + jQ_T$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad e \quad Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$P_T = 3 \times 10^3 + 4 \times 10^3 + 7,8 \times 10^3 = 14,8kW$$

$$Q_T = 4 \times 10^3 + 3 \times 10^3 - 6,25 \times 10^3 = 750VAR_{at}$$

$$T_T = 14,8 \times 10^3 + j0,75 \times 10^3$$

$$T_T = 14,82 \angle +2,90^\circ \text{ KVA}$$

$$T_T = S_T \angle \phi_T$$

$$S_T = V \cdot I_{Lsis} \Rightarrow I_{Lsis} = \frac{S_T}{V} = \frac{14,82 \times 10^3}{220} = 67,4A$$

$$FP_T = \cos \phi_T = \cos(+2,90^\circ) = 0,99_{ind}$$

Estudar

- Lista de exercícios disponível na página da disciplina.