

ECONOMIZANDO ENERGIA ELÉTRICA

**POTÊNCIA;
FATOR DE POTÊNCIA;
ECONOMIA DE ENERGIA
ELÉTRICA;
MULTÍMETRO DIGITAL
E ALICATE
AMPERIOMÉTRICO**

*Autores:
Antonio Xisto Vilela Neto
Luiz Antonio Bertini*

Índice

Apresentação	3
Potência, Fator de Potência e Economia de Energia Elétrica	4
Exemplos de Cargas Reativas	6
XL = Reatância Indutiva	8
XC = Reatância Capacitiva	8
Potência em Tensão Alternada	9
Procedimento para Correção do FP ($\cos\phi$)	11
Como usar o Gráfico	13
Receita de Bolo	14
Exemplo (Seguindo a Receita de Bolo)	15
Visualização Gráfica da Economia que Fazemos Corrigindo FP	18
Como Corrigir FP para um Valor $\neq 1$	19
Observações	20
Corrigindo o FP apenas com um Alicate Amperiométrico e um Banco de Capacitores	21
Como Calcular a Potência Gasta por um Equipamento Elétrico	22
Como Utilizar um Multímetro Digital e um Alicate Amperiométrico ..	23
Entendendo os Múltiplos e Submúltiplos das Grandezas	28
Alicate Amperiométrico Digital	32

Apresentação

Esta literatura técnica tem a finalidade de fornecer conhecimentos ao eletricista ou eletrotécnico, de forma que utilize com mais eficiência equipamentos de medições e consiga, através de conceitos simples, teóricos e práticos, diminuir o consumo de energia em motores, cargas indutivas, residências. Embora os exemplos sejam mostrados em rede monofásica, os mesmos se aplicarão para a rede bifásica.

Com estes conhecimentos, você conseguirá corrigir o Fator de Potência (FP) de cargas indutivas como motores de geladeira, *freezer*, economizando assim energia.

É importante salientar que o capacitor só deve ser energizado quando o motor também for energizado. Caso contrário, você pode causar uma defasagem, e gastar corrente, devido ao excesso de capacitores na rede elétrica.

Todos os cálculos aqui apresentados foram verificados na prática com instrumental necessário para os testes.

Autores:

Antonio Xisto Vilela Neto

Luiz Antonio Bertini

COMENTÁRIO SOBRE POTÊNCIA, FATOR DE POTÊNCIA E ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA

Quando falamos de *potência*, normalmente nos lembramos de *tensão* (*V*), *corrente* (*A*), *resistência* (Ω) e suas interações como as fórmulas:

$$P = V \times I \quad \text{ou} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad \text{ou} \quad P = R \times I^2$$

Onde:

$$\begin{array}{l} P = \text{potência} \\ V = \text{tensão} \\ I = \text{corrente} \\ R = \text{resistência} \end{array}$$

Estas fórmulas resolvem nossos cálculos e problemas quando trabalhamos com tensão ou corrente contínua, mas ao trabalharmos com tensão ou corrente alternada outros fatores começam a aparecer e a serem importantes.

Sabemos que a corrente alternada da rede elétrica tem uma *freqüência de 60 Hz*, ou seja, tem seu sentido de deslocamento *variando 60 vezes em um segundo* e tem a forma de uma senóide.

Sabemos também que para um determinado valor de tensão teremos uma certa corrente. Mas pelo fato de ser uma freqüência, a relação entre tensão e corrente poderá sofrer uma alteração de acordo com o circuito onde forem aplicadas.

Em um circuito puramente resistivo (*lâmpadas incandescentes, ferros de passar roupa, chuveiros*), a tensão e a corrente estão em fase, ou seja, o valor máximo de tensão corresponderá ao valor máximo da corrente. Veja as *figuras 1 e 2 (gráficos)* da página seguinte:

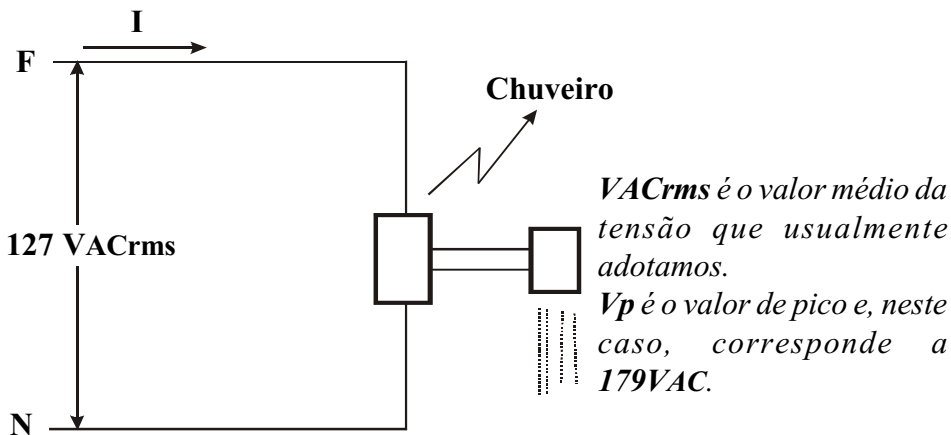


Figura 1

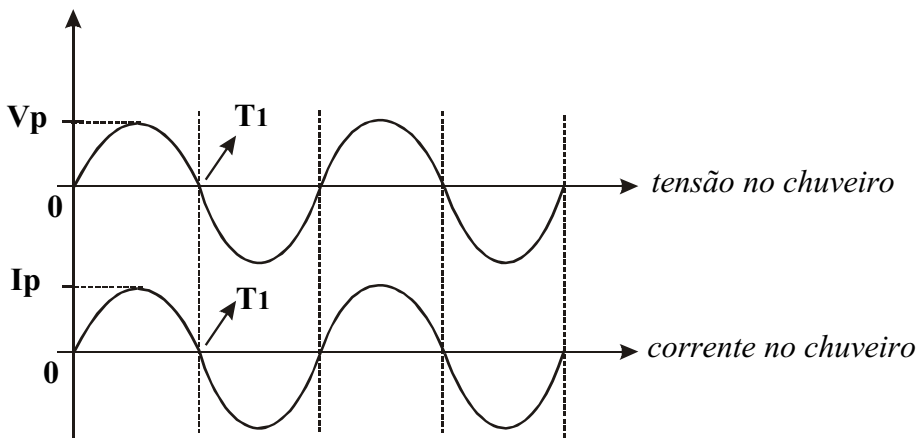


Figura 2 – (Gráfico)

Podemos perceber que, devido ao chuveiro ser uma carga resistiva, a tensão aplicada sobre o chuveiro e a corrente que por ele circula estão exatamente em fase, ou seja, o instante T_1 nas duas formas de onda correspondem a zero.

Mas nem todas as cargas são resistivas. Existem cargas capacitivas e indutivas, também chamadas genericamente de cargas reativas.

Exemplos de Cargas Reativas:

(Motores, transformadores, solenóides, equipamentos que apresentam em seus circuitos muitos capacitores ou indutores).

- Um indutor, choque ou enrolamento, nada mais é do que uma certa quantidade de fios enrolados sobre um núcleo. Estes núcleos geralmente são formados por chapas de ferro, ferrite ou ar (*sem núcleo*), apenas uma fôrma, geralmente de plástico ou algum material similar, para servir de apoio às espiras ou voltas do fio.
- Acontecerá o seguinte, ao aplicarmos uma tensão alternada sobre um indutor: a corrente irá se atrasar em relação à tensão, ou seja, haverá uma defasagem entre uma e outra. Veja a *figura 3*.

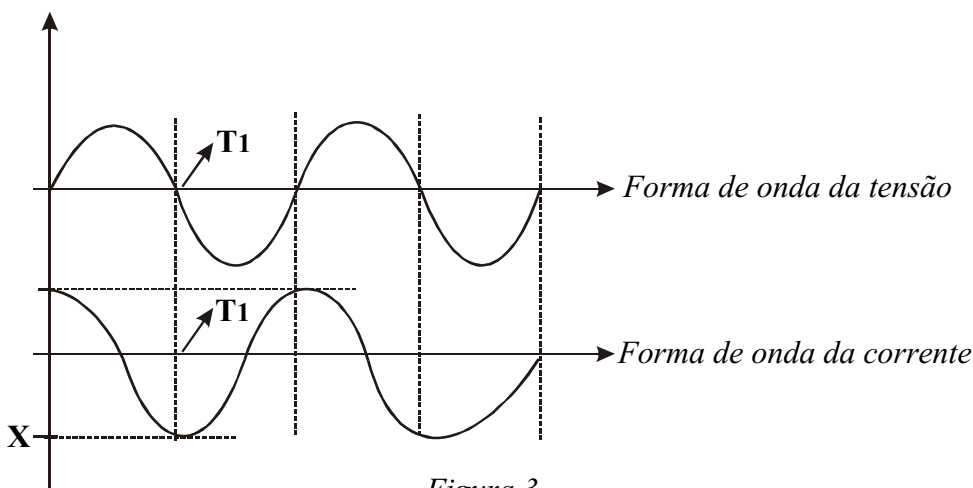


Figura 3

Agora, no instante $T1$, enquanto a tensão está em zero, a corrente não está. Ela terá um valor indicado, genericamente, por X .

Sempre uma carga indutiva irá atrasar a corrente em relação à tensão.

Podemos dizer, simplesmente, que isto acontece pelo aparecimento de um campo eletromagnético que envolve o indutor, o que atrasa a circulação da corrente, como mostra a *figura 4* da página seguinte.

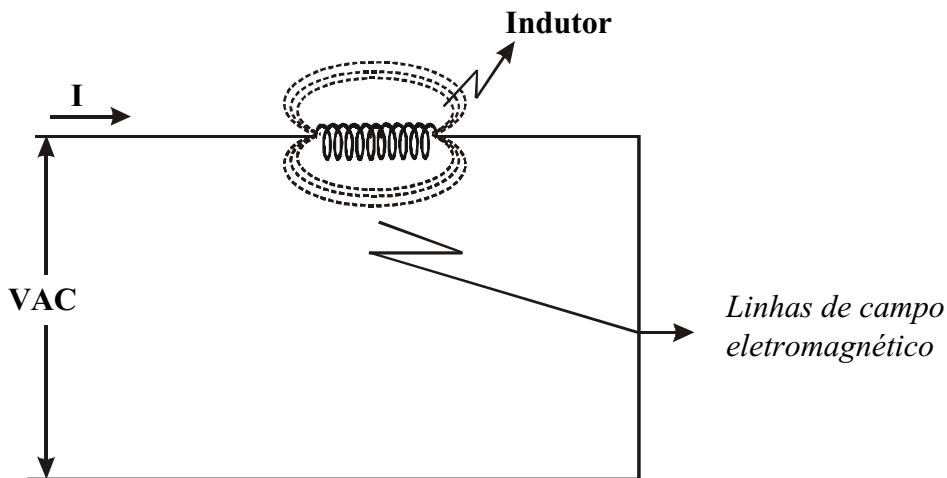


Figura 4

- Sempre uma carga capacitiva irá adiantar a corrente em relação à tensão, ou seja, as formas de onda da tensão e da corrente não estarão mais caminhando juntas.

Um capacitor adianta a corrente em relação à tensão devido (*explicando de uma forma muito simples*), à criação de um campo elétrico sobre o capacitor, como mostra a figura 5.

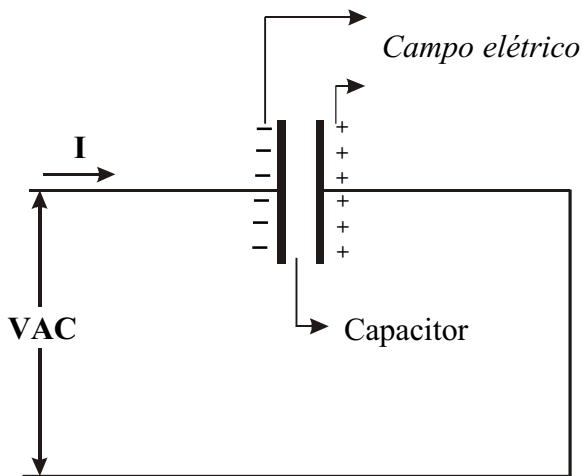


Figura 5

A grande maioria dos circuitos reativos é indutiva, o que nos faz perceber que a corrente está sempre atrasada em relação à tensão.

Um circuito reativo indutivo oferecerá uma certa dificuldade à circulação de corrente alternada. Damos a esta dificuldade o nome de reatância indutiva e podemos calculá-la com a seguinte expressão:

$$XL = 2 \pi.F.L$$

Onde:

XL = Reatância indutiva (dada em Ohms – Ω)

$\pi = 3,141592 =$ (número “PI”)

F = Frequência (na nossa rede elétrica = 60 Hz)

L = Valor da indutância em μH , mH ou H (microhenries, milihenries e henries, respectivamente).

Um circuito capacitivo também oferecerá uma certa dificuldade à circulação de corrente alternada e esta dificuldade recebe o nome de reatância capacitiva, e é expressa pela equação:

$$XC = \frac{1}{2\pi FC}$$

Onde:

XC = Reatância capacitiva (dada em Ohms - Ω)

$\pi = 3,141592$

F = frequência

C = valor do capacitor em μF , mF ou F (microfarads, milifarads, e farads, respectivamente).

Como já dissemos, a maioria dos equipamentos ou circuitos é reativa a indutiva, ou seja, existe uma defasagem entre a corrente e a tensão. O nome que damos a esta defasagem é *coseno ϕ* , *cos ϕ* ou fator de *potência (FP)*.

Potência em Tensão Alternada

Supondo que muitos circuitos ou equipamentos são indutivos, devemos salientar o seguinte, por exemplo:

Parte da potência dissipada por um motor é mecânica e parte é transformada em campos eletromagnéticos.

A parte da potência que é transformada em outro tipo de trabalho ou energia como, movimento, luz, calor etc., é chamada de potência ativa e será aqui indicada por **PW**.

A parte da potência que é transformada em campos eletromagnéticos é chamada de potência reativa e será aqui chamada de **PVAr**.

A potência total em um circuito de corrente alternada é chamada de potência aparente e será indicada por **PVA**.

Podemos dizer que a potência total ou aparente é a soma **vetorial** da potência ativa com a potência reativa.

Através do **cos ϕ** (**coseno "FI"**) podemos descobrir qual parte da potência aparente é transformada em outro tipo de **potência**, como luz, calor etc., e que parte se transforma em campo eletromagnético.

Temos então:

$$FP = \cos \phi = \frac{PW}{PVA}$$

A unidade de medida da potência ativa (**PW**) é o **Watts** ou **W**.

A unidade de medida da potência reativa (**PVAr**) é o **VAr (Volt/Ampere reativo)**.

A unidade de medida da potência aparente (**PVA**) é o **VA (Volt/Ampere)**.

Poderíamos manter então, a equação:

$$\text{Potência aparente} = \text{Potência ativa (+) potência reativa}$$

└───────────> Soma vetorial

ou

$$PVA = PW (+) PVAR$$

└───────────> Soma vetorial

O fator de potência (**FP**) pode variar de **0** a **1** e o seu causador é a defasagem entre a corrente e a tensão.

Quanto mais próximo de **1**, menor a defasagem.

Se **FP** for igual a **1**, não há defasagem e dizemos que a potência aparente é igual à potência ativa, pois neste caso não existe potência reativa.

Mas para que saber tudo isto?

Para aprendermos a corrigir o fator de potência e economizarmos energia, através da diminuição do consumo de corrente.

Mas antes vamos *ver algumas coisas*:

$$PW = V \times I \times \cos \phi \quad \text{ou} \quad PW = PVA \cos \phi \rightarrow \text{Watts}$$
$$PVA = \frac{PW}{FP} \quad \text{ou} \quad \frac{PW}{\cos \phi} \quad \text{ou} \quad PVA = V \times I \rightarrow VA$$
$$PVAR = PVA \times \sin \phi \rightarrow VAR$$

O valor de **FP** ($\cos \phi$) normalmente vem especificado em motores, reatores e qualquer outro equipamento que seja reativo. Outra forma de encontrá-lo é utilizando um medidor de $\cos \phi$ ou um *Alicate Wattímetro que meça FP*. Outra forma é através da fórmula:

$$FP = \frac{PW}{PVA}$$

Para encontrarmos o valor de *sen* ϕ é só usar um *pouquinho* de trigonometria. Uma das relações fundamentais da trigonometria diz que:

$$\text{sen}^2 \phi + \text{cos}^2 \phi = 1$$

Portanto:

$$\text{sen } \phi = \sqrt{1 - \text{cos}^2 \phi}$$

Ou então usarmos o gráfico da *página 13*, conforme é demonstrado.

Procedimento para Correção do FP ($\text{cos}\phi$)

- Meça a tensão na carga;
- Meça a corrente da carga;
- Calcule a potência aparente.

$$PVA = V_{\text{carga}} \times I_{\text{carga}}$$

- Veja a potência do equipamento dada em *W*;
- Calcule a *FP*.

$$FP = \frac{PW}{PVA}$$

- Calcule *sen* $\phi \Rightarrow \text{sen } \phi = \sqrt{1 - \text{cos}^2 \phi}$ ou use o gráfico da *página 13*.
- Multiplique *sen* ϕ pela *PVA* e encontre *PVAr*.

$$PVAr = PVA \times \text{sen } \phi$$

- Use a fórmula:

$$P = R \times I^2 \Rightarrow R = \frac{PVAr}{I^2}$$

- O **valor de R** será o **valor de XL**, ou seja, a reatância indutiva da carga.
- Para cancelar **XL** e fazer o **FP=1**, você precisa calcular um valor de capacitor com uma **XC** igual ao valor da **XL**. Depois deve ligá-lo em paralelo com a carga.
- **XL = XC**
- **Calcule C**

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_C}$$

- Pronto, é só colocar o capacitor (*não polarizado e com uma tensão de isolamento maior do que a da rede elétrica*).

Quando igualamos **XL = XC**, estamos fazendo com que o circuito fique em ressonância com a frequência da rede. Quando um circuito em paralelo está em ressonância, sua impedância é máxima e, portanto, a corrente mínima. É por este motivo que economizamos energia, ao corrigimos o fator de potência.

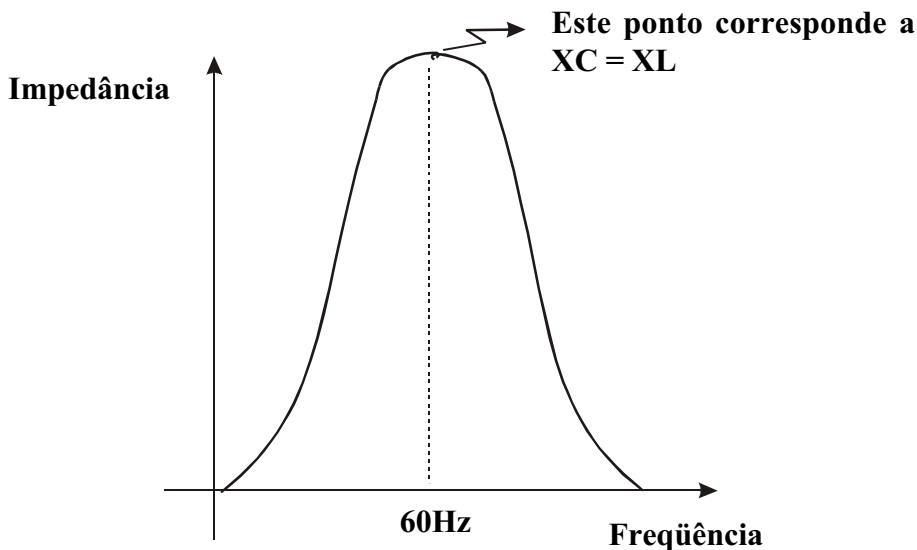


Figura 6

Como Usar o Gráfico

Sabendo o valor do $\cos \phi$, trace uma reta, perpendicular à linha do *coseno* até ela se encontrar com a curva em arco. Deste ponto trace outra reta paralela à linha do *coseno* até cruzar com a linha do *seno*. Para fazer isto, de uma forma mais precisa, use um esquadro.

O valor encontrado neste ponto será $\sin \phi$. Fácil não é?

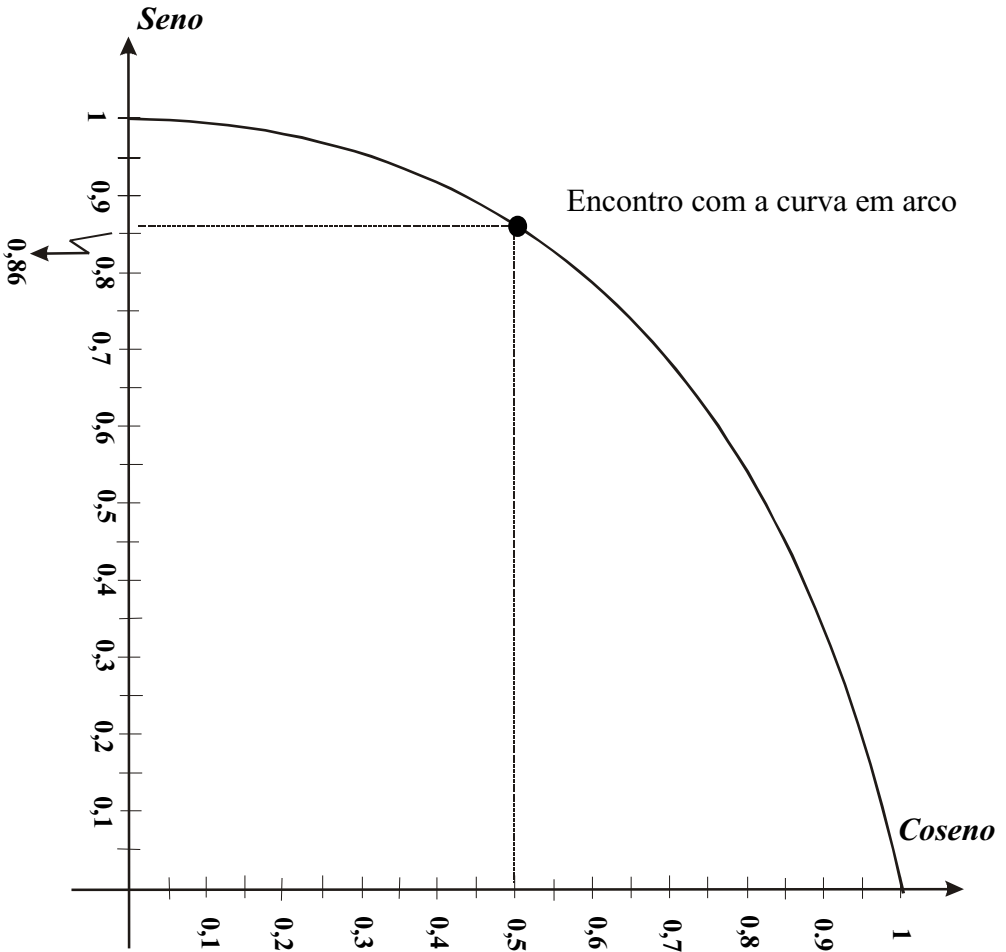


Figura 7

Receita de Bolo

1º Meça a tensão na carga com um multímetro;

2º Meça a corrente na carga com um alicate amperiométrico ou um multímetro digital;

3º Calcule a potência aparente

Se o equipamento trazer o valor de FP pulamos o passo 4 e já saberemos o passo 5.

$$PVA = V_{carga} \times I_{carga}$$

4º Veja a potência do aparelho dada em W , ou seja, *Potência ativa (PW)*;

5º Calcule o $\cos \phi$ ou FP ;

$$FP = \frac{PW}{PVA}$$

6º Calcule $\sin \phi$;

$$\sin \phi = \sqrt{1 - \cos^2 \phi} \text{ ou use o gráfico (página 13);}$$

7º Multiplique $\sin \phi$ pela PVA e encontre o valor da potência aparente reativa ($PVAr$);

$$PVAr = PVA \times \sin \phi$$

8º Use a *fórmula* $P = R \times I^2$ para *calcular XL*. Como você vai usar a potência aparente reativa, o *valor de R* corresponderá à *reatância indutiva (XL)*.

$$R = XL, \text{ então } XL = \frac{PVAr}{I^2}$$

9º Calcule um capacitor que tenha uma XC *igual* ao valor da XL ($XC = XL$);

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_C}$$

10º Pronto, é só colocar o capacitor em paralelo com a carga, lembrando que: este capacitor não deve ser polarizado e deve ter uma tensão maior do que a da rede elétrica. Leve em consideração a tensão de pico:

$$127 \text{ Vrms} \cong 180 \text{ Vp}$$

$$220 \text{ Vrms} \cong 312 \text{ Vp}$$

Para uma maior segurança.

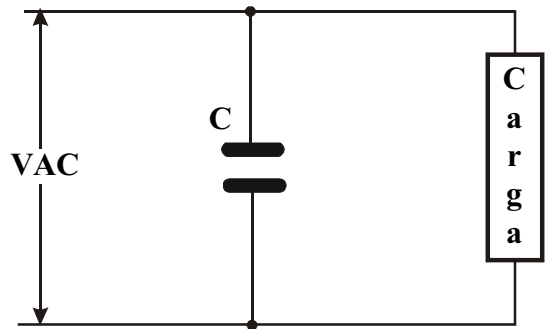


Figura 8

Exemplo: (Seguindo a Receita de Bolo)

1º Tensão na carga = 120,9 VAC;

2º Corrente na carga = 0,36A;

3º Cálculo da potência aparente.

$$PVA = V \times I = 120,9 \times 0,36 = 43,5 \text{ VA}$$

4º Potência da carga dada em W ;

Procurar este valor no manual ou no próprio equipamento.

$$PW = 22W$$

5º Calcule o $\cos \phi$ ou FP .

$$FP = \frac{PW}{PVA} = \frac{22}{43,5} = 0,5$$

6° Calcule $\text{sen } \phi$.

$$\text{sen } \phi = \sqrt{1 - \cos^2 \phi}$$

$$\text{sen } \phi = \sqrt{1 - 0,5^2}$$

$$\text{sen } \phi = \sqrt{1 - 0,25}$$

$$\text{sen } \phi = \sqrt{0,75}$$

$$\text{sen } \phi = 0,86$$

ou

Veja que no gráfico da página 13, o coseno de 0,5 corresponde a seno de 0,86.

7° Calcule P_{Var} .

$$P_{\text{Var}} = P_{\text{VA}} \times \text{sen } \phi$$

$$P_{\text{Var}} = 43,5 \times 0,86$$

$$P_{\text{Var}} = 37,41 \text{ VAr}$$

8° Calcule X_L ;

$$X_L = \frac{P_{\text{Var}}}{I^2}$$

$$X_L = \frac{37,41}{(0,36)^2} = \frac{37,41}{0,1296}$$

$$X_L = 288,7 \Omega$$

9° Iguale X_L a X_C e calcule C ;

$$X_L = X_C = 288,7 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2 \pi f X_C}$$

$$C = \frac{1}{6,28 \times 60 \times 288,7} = \frac{1}{108.782,16}$$

$$C = 9,19 \mu\text{F} \cong 9 \mu\text{F}$$

10° Colocar o capacitor;

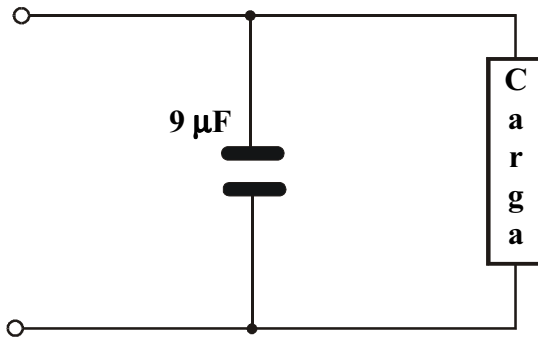


Figura 9

Fazendo isto, mudamos o *FP* de *0,5* para *1* e já estamos economizando corrente. Como? Veja:

$$FP = \frac{PW}{PVA} \Rightarrow PW = FP \times PVA \Rightarrow PW = 1 \times PVA$$

Portanto:

$$PW = PVA$$

Antes tínhamos:

$$PVA = V \times I = 120,9 \times 0,36A = 43,5 VA$$

Agora como $PVA = PW$ temos:

$$PVA = 22 VA$$

A corrente antes era de *0,36A*, agora:

$$PVA = V \times I$$

$$22 = 120,9 \times I$$

$$I = \frac{22}{120,9} = 0,18A \Rightarrow \text{diminuímos a corrente pela metade,}$$

sendo assim, nosso relógio medidor marcará menos corrente, que é igual a um menor consumo, que é igual a uma conta de luz menor, pois temos um consumo menor de potência.

Visualização Gráfica da Economia Que Fazemos Corrigindo FP

“Para efeito didático, de melhor visualização, iremos considerar o valor de pico igual a $127VAC$.”

Equipamento de 500W com FP = 1.

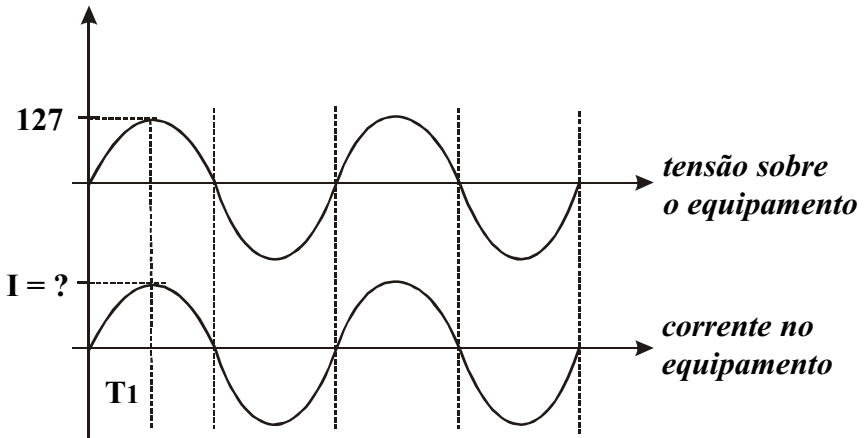


Figura 10

Sabendo que $P = V \times I$, vamos calcular a corrente.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{127} = 3,93 \text{ A}$$

Observe que o máximo valor de tensão corresponde ao máximo valor de corrente (*estão em fase*).

Poderíamos dizer que toda a corrente que circula pela carga é *aproveitada* para gerar os $500W$.

Equipamento de $500W$ com $FP \neq 1$.

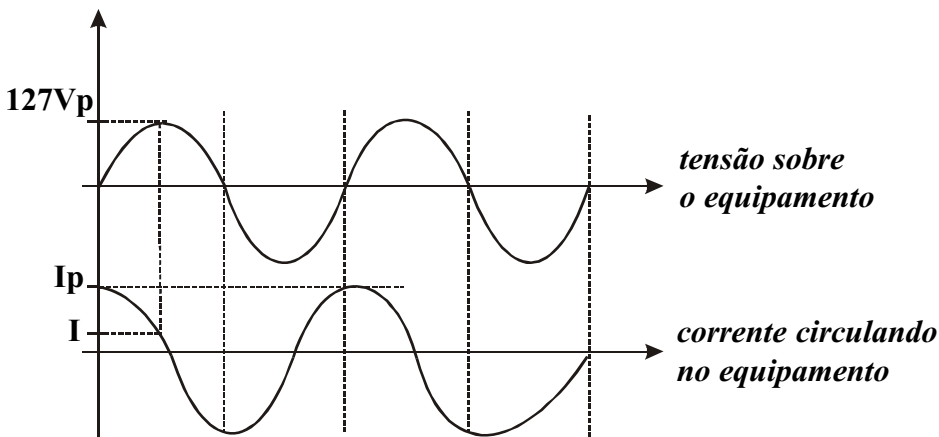


Figura 11

Podemos perceber que para o valor máximo de tensão não temos o valor máximo de corrente.

Mas como o equipamento é de $500W$, a corrente será:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{127} = 3,93A$$

A corrente para termos $500W$ de potência ativa é igual ao caso anterior, mas o valor máximo da corrente é muito *maior* (I_p). É este excesso de corrente que faz com que exista um consumo excessivo quando o $FP \neq 1$.

Como Corrigir FP para um Valor $\neq 1$

Vamos supor que você queira *corrigir FP* de $0,5$ para $0,9$, qual seria o procedimento?

1º Multiplique o *FP* desejado pela *PW* e encontre *PVA*:

$$\begin{aligned} PVA &= PW \times FP \\ PVA &= 22 \times 0,9 \\ PVA &= 19,8VA \end{aligned}$$

2º Calcule a potência reativa:

$$P_{\text{Var}} = P_{\text{VA}} \times \text{sen } \phi \Rightarrow \text{sen } \phi = \sqrt{1 - \cos^2 \phi}$$

$$P_{\text{Var}} = 19,8 \times 0,43 \quad \text{sen } \phi = \sqrt{1 - 0,81} = \sqrt{0,19}$$

$$P_{\text{Var}} = 8,51 \text{ VAR} \quad \text{sen } \phi = 0,43$$

3º Subtraímos o 2º valor de P_{Var} do 1º e damos a isto o nome de P_{VARC} (*Potência reativa capacitiva*).

$$P_{\text{VARC}} = P_{\text{Var}} (1^\circ) - P_{\text{Var}} (2^\circ)$$

$$P_{\text{VARC}} = 37,41 - 8,51 = 28,9$$

4º Calculemos o valor do *capacitor C*:

$$C = \frac{P_{\text{VarC}}}{2 \pi F \times (V)^2}$$

$$C = \frac{28,9}{6,28 \times 60 \times (120,9)^2}$$

$$C = \frac{28,9}{6,28 \times 60 \times 14.616,81} = \frac{28,9}{5.507.614,00}$$

$$C = 5,24 \mu\text{F}$$

Mesmo não corrigindo o fator de potência para I , já teremos uma economia de corrente e conseqüentemente, uma economia de potência.

Observações:

1 – Algumas vezes encontramos em motores a potência em **HP**, para facilitar **1HP** corresponde a **736W**. Outra unidade encontrada é o **CV**, que é aproximadamente igual a **736W**.

$$1\text{HP} = 736\text{W} \cong 1\text{CV}$$

2 – Se você for utilizar um **Wattímetro**, particularmente antigo, para medir a **potência ativa (W)**, você poderá ter uma leitura errada, se o valor do **cos ϕ** for muito baixo ou até sobrecarregar o **Wattímetro** com o elevado valor de corrente.

- 3 – Os *capacitores utilizados*, não devem ser polarizados, devem ser capacitores específicos para o uso em *tensão alternada*.
- 4 – Perceba que quanto maior a potência, ou a corrente consumida pela carga, maior deverá ser o valor do capacitor colocado em paralelo com a mesma.

Corrigindo o FP apenas com um Alicate Amperiométrico e um Banco de Capacitores

Este tipo de correção irá servir apenas para você dimensionar, na prática, um valor de capacitor que corrija para um valor o mais próximo possível de 1, o *FP*.

Para tanto, você irá precisar montar o seguinte esquema.

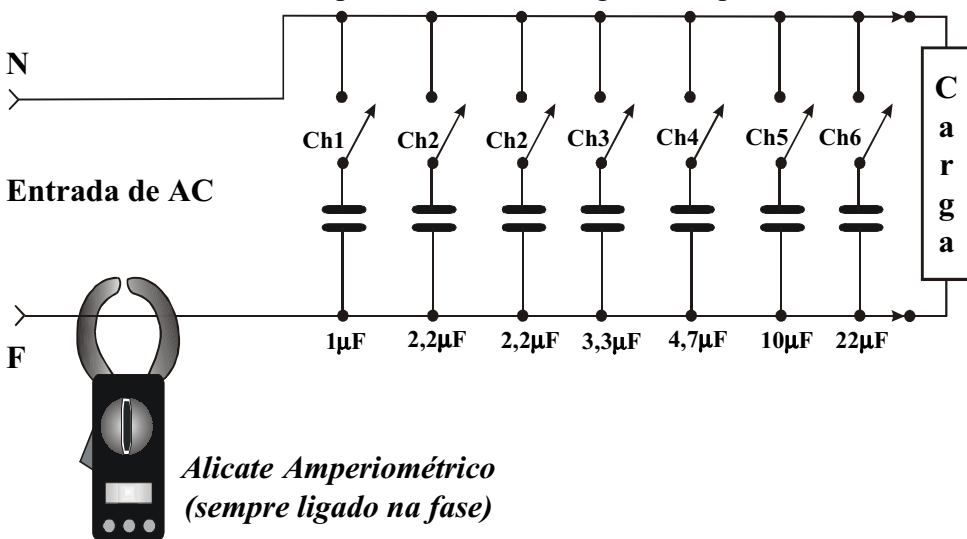


Figura 12

Meça a corrente da carga e vá adicionando capacitores, através da ligação das *chaves CH*, até encontrar a mínima corrente. Neste ponto, veja o valor do capacitor (*soma dos capacitores ligados através das chaves*). Este valor é o que deve ser colocado em paralelo com a carga.

Se ao adicionar um capacitor a corrente subir, isto é sinal que você colocou capacitores demais, diminua o valor até o valor mínimo de corrente.

Observe que o *Alicate Amperiométrico* deve estar antes do banco de capacitores.

Você pode montar este banco de capacitores com capacitores de valores mais elevados, caso a carga a ser medida tenha uma potência ativa superior a **500 Watts**.

Os capacitores devem ter uma isolação maior do que a tensão de pico e as **chaves (CH)** devem ser de boa qualidade. Provavelmente haverá um centelhamento nas chaves quando elas ligarem os capacitores.

Este tipo de teste e dimensionamento de capacitores deve ser feito para motores que dissipem um valor fixo de potência.

Como Calcular a Potência Gasta por um Equipamento Elétrico

Primeiro passo:

Calcule o tempo que o equipamento é utilizado no mês.

$$T = (\text{minutos} \times \text{dias})/60$$

O resultado será dado em horas.

Segundo passo:

Pegue este resultado e multiplique pela potência.

$$\text{Potência gasta} = W \times T$$

O resultado será dado em **KW/h** e corresponderá à potência consumida por este equipamento em um mês.

Ou use direto a fórmula:

$$\text{Potência gasta} = W \times [(M \times D)/60]$$

Onde:

W = potência do aparelho;

M = total de minutos que o equipamento fica ligado por dia;

D = total de dias que o equipamento é ligado no mês.

O resultado será dado em **KW/h** e corresponderá à potência consumida, pelo equipamento, no mês.

Faça isto com todos os equipamentos, some os resultados e veja o seu consumo total.

Como Utilizar um Multímetro Digital e um Alicates Amperiométrico

Um *multímetro digital* oferece a facilidade de mostrar diretamente em seu visor, que chamamos de *display* de cristal líquido, ou simplesmente *display*, o valor numérico da grandeza medida, sem termos de fazer multiplicações.

Um *multímetro digital* pode ser utilizado para diversos tipos de medidas. Agora iremos citar as três mais comuns e mais utilizadas em elétrica:

- **Tensão elétrica (medida em volts – V);**
- **Corrente elétrica (medida em amperes – A);**
- **Resistência elétrica (medida em Ohms - Ω).**

Além destas escalas, ele pode ter outras para medidas específicas como: temperatura, frequência, semicondutores (*escala indicada pelo símbolo de um diodo*), capacitância, ganho de transistores, continuidade (*através de um apito*) etc.

Em *multímetros digitais*, o valor da escala já indica o máximo valor a ser medido por ela, independente da grandeza. Temos abaixo uma indicação de valores encontrados na prática para estas escalas:

Escalas de tensão contínua:

200mV, 2V, 20V, 1000V ou 200m, 2, 20, 1000.

Escalas de tensão alternada:

200V, 750V ou 200, 750.

Escalas de resistência:

200, 2000, 20K, 200K, 2M ou 200, 2K, 20K, 200K, 20000K.

Escalas de corrente contínua:

200 μ , 2000 μ , 20m, 200m, 2A, 20A ou 200 μ , 2m, 20m, 200m, 2, 10.

Escalas de corrente alternada:

2A, 10A ou 2, 10.

A seleção entre as escalas pode ser feita através de uma chave rotativa, chaves de pressão, *chaves tipo H-H*. Em alguns casos, podemos encontrar multímetros que têm apenas uma escala para tensão, uma para corrente e uma para resistência. Este tipo de multímetro é chamado de auto-range. Nele não é preciso se procurar uma escala específica para se medir um determinado valor de tensão, corrente ou outra grandeza.

Uma coisa muito importante ao se usar um multímetro digital é saber selecionar a escala correta para a medição a ser feita. Sendo assim, podemos exemplificar algumas grandezas com seus respectivos nomes nas escalas:

Tensão contínua = *VCC, DCV, VDC* ou $\overline{\overline{V}}$.

Tensão alternada = *VCA, ACV, VAC* ou \tilde{V} .

Corrente contínua = *DCA, ADC* ou $\overline{\overline{A}}$.

Corrente alternada = *ACA* ou \tilde{A} .

Resistência = *Ohms, Ω*

Para medirmos uma tensão, é necessário que conectemos as pontas de prova em paralelo com o ponto a ser medido. Se quisermos medir a tensão aplicada sobre uma lâmpada devemos colocar uma ponta de prova de cada lado da lâmpada. Isto é uma ligação em paralelo. Veja a *figura 13*.

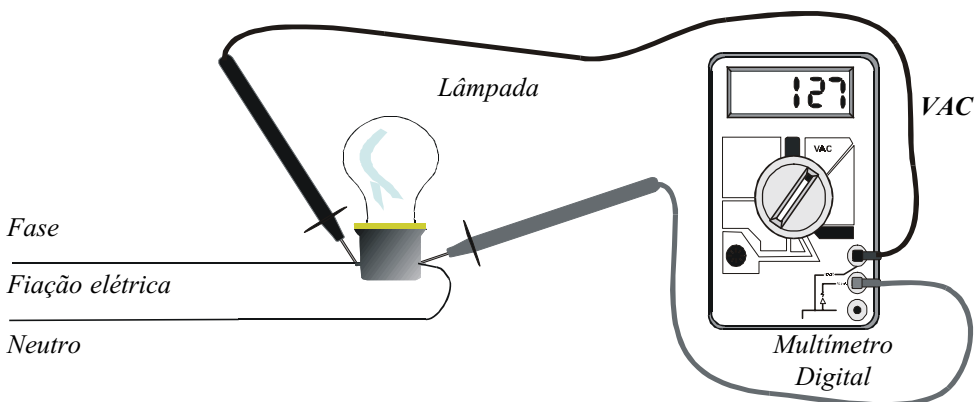


Figura 13

Para medirmos corrente com um multímetro digital, devemos colocá-lo em série com o ponto a ser medido. Se quisermos medir a corrente que circula por uma lâmpada, devemos desligar um lado da lâmpada, encostar neste ponto uma ponta de prova e a outra ponta deve ser encostada ao fio que soltamos da lâmpada. Isto é uma ligação em série. Perceba que para fazer esta medida você teve de interromper o circuito. Antes de medir corrente alternada, tenha certeza que o seu multímetro possui escalas para isso, pois muitos multímetros digitais só medem corrente contínua e nestes casos não devem ser usados para medir a corrente alternada fornecida pela rede elétrica (*corrente contínua é fornecida por pilhas, dinamos e fontes de alimentação que são conversores de corrente alternada em corrente contínua*). Uma outra forma de se medir a corrente alternada, e sem interromper a ligação de um circuito, é o uso do alicate amperiométrico. Observe a *figura 14*.

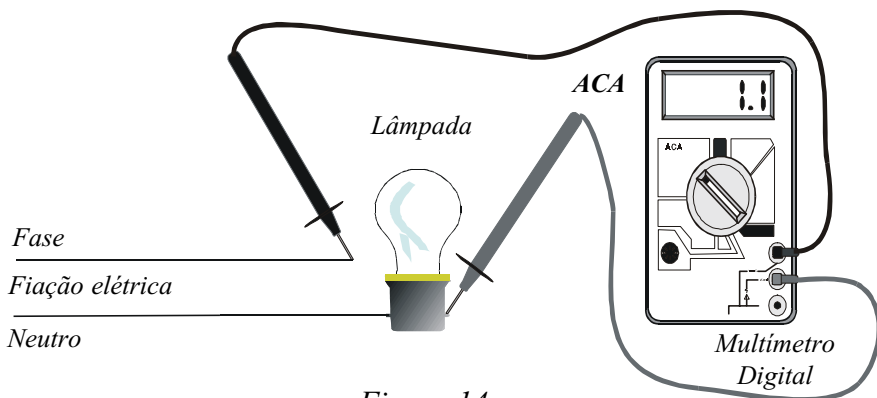


Figura 14

Para medirmos resistência, devemos desligar todos os pontos da peça a ser medida (*uma lâmpada incandescente, por exemplo, deve estar fora do seu soquete*) e encostarmos uma ponta de prova em cada lado da peça. No caso de uma lâmpada incandescente, encostamos uma ponta de prova na rosca e outra na parte inferior e metálica do conector da lâmpada. Veja a *figura 15*.

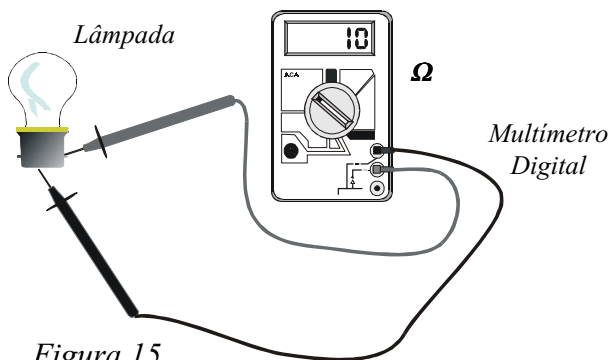


Figura 15

Todas estas medidas devem ser feitas com critério e nunca devemos encostar as mãos em nenhuma ponta de prova durante uma medida. Caso isto aconteça, corremos o risco de levar um choque elétrico e/ou termos uma leitura errada.

Treine bastante como manipular as pontas antes de começar a medir tudo por aí.

Uma coisa importante de se perceber é que a grande maioria dos multímetros digitais tem **3** ou **4 bornes** para a ligação das pontas de prova.

Normalmente um é comum e os outros servem para medição de tensão, resistência e corrente. A indicação dos **bornes** sempre mostra para quais escalas eles podem ser usados. Preste atenção. Eis abaixo um exemplo de como eles estão dispostos:

Borne comum, normalmente indicado por **COM** ou pelo sinal de (-):

– É onde deve estar sempre ligada a ponta de prova preta.

Borne indicado por **V/Ohms/mA** ou pelo sinal de (+):

– Nele deve estar conectada a ponta de prova vermelha para a medição de tensão (*contínua ou alternada*), resistência e corrente na ordem de miliamperes.

Borne indicado por **A**:

– A ponta de prova vermelha deve ser ligada nele para a medição de corrente contínua ou alternada (*observação: muitos multímetros digitais não medem corrente alternada, verifique se existe uma escala em seu instrumento para isto antes de fazer a medição*).

O quarto *borne* em um multímetro pode ser utilizado para a medição de correntes contínuas mais elevadas, como exemplo, até **10A**. Neste caso a indicação no *borne* seria **10A** ou **10 ADC**. Se a corrente for alternada a indicação seria, provavelmente, **10 ACA**.

Geralmente estas escalas estão com outra escala de corrente menor, por exemplo, na escala de **20mADC** também está escrito **10 A**, e o que isto quer dizer? Isto nos indica que devemos selecionar esta escala e colocar a ponta de prova vermelha no **borne** indicado para medir **10 A**.

Quando um multímetro apresenta escalas para medição de capacitância ou **ganho (beta)** de transistores normalmente eles têm conectores específicos para isto. Estes conectores estão indicados no painel do instrumento. É bom lembrar que capacitores devem ser sempre descarregados antes da medição.

Para fazer isto, coloque os seus dois terminais em curto usando uma chave de fenda (*se o capacitor tiver mais de um terminal positivo eles deverão ser colocados em curto com o terra individualmente*).

Multímetros digitais normalmente mostram uma indicação de que a bateria está se esgotando. Isto normalmente é feito através de um símbolo de bateria que aparece continuamente ou que fica piscando no *display*. Quando isto ocorrer, troque a bateria. Multímetros digitais com bateria **fraca** costumam apresentar um grande erro em suas leituras. Caso a leitura precise ser monitorada, durante um longo tempo este problema poderá fazer com que você acredite que uma tensão, ou corrente, está variando, quando ela está fixa e é a bateria do multímetro que, estando fraca, faz o mesmo apresentar uma leitura com erro.

A chave de liga-desliga de um multímetro digital pode ser uma das posições da chave rotativa como pode ser uma chave ao lado do instrumento. Deixe sempre desligado o multímetro, caso não o esteja utilizando. Alguns multímetros possuem um recurso chamado de **auto power off**. Isto quer dizer o seguinte: se o aparelho ficar, durante certo tempo, sem medir nada, ele se desligará sozinho

A maioria dos multímetros digitais que existem à venda são chamados de multímetros **digitais de 3 ½ dígitos (3 dígitos e meio)**. Isto quer dizer que ele é capaz de medir grandezas de até **3 números** completos mais meio número. Vamos exemplificar para ficar mais fácil:

Suponha que você vai medir uma **tensão de 1250V** na **escala de 1500V**. A leitura que aparecerá no *display* será de **1250**, ou seja:

- **primeiro número = 1** - este dígito é considerado **½ dígito**, pois não pode assumir outro valor maior que **1**.
- **segundo número = 2** - este dígito é considerado um **dígito inteiro**, pois pode assumir valores entre **0** e **9**.
- **terceiro número = 5** - este dígito é considerado um **dígito inteiro**, pois pode assumir valores entre **0** e **9**.
- **quarto número = 0** - este dígito também é considerado um **dígito inteiro**, pois pode assumir valores entre **0** e **9**.

Ao ligar um multímetro de **3 ½ dígitos**, aparecem no *display*, apenas três dígitos, mas não se assuste é assim mesmo (*caso o tenha ligado em uma escala de tensão ou corrente, nas escalas de resistência aparecerá um número 1 no lado esquerdo do display*).

Entendendo os Múltiplos e Submúltiplos das Grandezas

Vimos que temos escalas indicadas por diversos valores: **200mA**, **2000mV**, **20K**, mas, o que é isto?

Para explicar, vamos estudar uma grandeza por vez:

Tensão elétrica

– A tensão elétrica é medida em **volts (V)**.

Seus submúltiplos são **milivolts (mV)** e **microvolts (uV)**.

Seu múltiplo mais usado é o **kilo-volt (KV)**.

Sempre que fizermos uma medida menor que **1 volt**, o multímetro poderá nos indicar de duas formas. Vamos supor que estamos **medindo 0,9 volts**, no *display* poderão aparecer as seguintes indicações:

0,9 ou assim: 900

Explicando: estamos medindo um valor de **tensão de 0,9V**, portanto a indicação no *display*, dependendo da escala utilizada, pode ser **0,9** ou **900**.

Se estivermos em uma escala indicada por **mV**, o valor apresentado será **900** e corresponderá a **900mV**. Se estivermos numa escala indicada por volts, o valor será **0,9** e corresponderá a **0,9V**, que correspondem a um mesmo valor.

Veja as comparações abaixo:

$$1V = 1.000mV = 1.000.000\mu V;$$

$$1.000V = 1KV (1 \times K = 1 \times 1000 = 1.000V);$$

$$500V = 0,5KV (0,5 \times K = 0,5 \times 1000 = 500V).$$

Quando colocamos a **letra K** depois de um valor de tensão estamos multiplicando este valor por **1.000 (mil)**. É por isto que **1.000 volts** são igual a **1KV**.

Se você estiver usando um multímetro digital na escala de 1000V e medir **10V**, aparecerá no *display* o seguinte: **10**.

Se for na escala de **200V**, aparecerá o seguinte: **10,0**.

Perceba que o ponto mudará de posição dependendo da escala, mas a leitura será sempre a mesma. Este mesmo critério, de o ponto mudar de casa, é usado na medida de qualquer grandeza.

Analise estes exemplos e faça outras leituras para praticar. Coloque o seu multímetro em uma escala igual ou **superior a 200VCA** (*volts de tensão alternada, que é a tensão que temos na rede elétrica, tomadas etc.*).

Escolha, por exemplo, a **escala de 750 VCA** e faça a medição. O que aparecerá? Algo próximo a isto: **127** que você já sabe que é igual a **127 volts** alternados.

Veja se o seu multímetro tem uma escala mais baixa do que **750**, porém, **superior a 127 VCA**. Vamos supor uma **escala de 200 VCA**. Qual será a leitura agora? Algo próximo a: **127,1** que você já sabe que é igual a **127,1 volts** alternados.

Qual a diferença de uma escala para a outra? A diferença está na precisão da leitura. Quanto mais próximo estiver o valor medido do valor do fundo de escala, maior a precisão da leitura. Você pode perceber isto no exemplo acima. Na escala de **750 medimos 127** e na **escala de 200 medimos 127,1**.

Então é correto se começar a medir pelas escalas mais baixas?

Não, muito ao contrário. Se fizer isso, você corre o risco de danificar o seu multímetro. Sempre se começa a medição pela escala mais alta e, se for possível, abaixe a escala para ter uma leitura com mais precisão.

Pode-se mudar de escalas com o multímetro fazendo a medição?

Não, isto pode danificar o seu aparelho. Primeiro separe as pontas de prova do lugar medido, depois mude a escala, e volte a fazer a medição, encostando as pontas de prova, novamente.

O que representa um sinal de:

– (Menos ou negativo) antes do número no *display*?

Representa que você ligou a **ponta de prova (+) vermelha** no negativo ou vice-versa. Inverta as pontas e este sinal sumirá.

Corrente elétrica

– A corrente elétrica é medida em **Amperes (A)**.

Seus submúltiplos são miliamperes (**mA**) e microamperes (**uA**).

Seu múltiplo mais usado é o kiloampere (**KA**).

É comum termos em multímetros digitais várias escalas de **mA**. As leituras feitas nessas escalas podem ser lidas diretamente, ou seja, se fizermos uma medição na escala de **200mA** e **aparecer 45**, estaremos medindo **45mA**.

Também é comum, em multímetros digitais, termos uma escala separada para a medição de corrente na ordem de amperes. Se numa *escala de 10A* obtivermos a *leitura de 2,00* é que estamos *medindo 2A*. Se nesta mesma escala *medirmos 0,950* é que estamos *medindo 0,95A ou 950mA*.

Veja as comparações abaixo:

$$1A = 1.000mA = 1.000.000uA;$$

$$1.000A = 1KA (1 \times K = 1 \times 1000 = 1.000A);$$

$$500A = 0,5KA (0,5 \times K = 0,5 \times 1000 = 500A).$$

Da mesma forma que na *tensão*, o *K* representa o valor numérico multiplicado por *1.000 (mil)*. Se você for medir uma corrente contínua de *50mA* na escala de *10A* o valor lido será *0,05* que corresponderá a *50mA*. Mas para ter mais precisão, é aconselhável usar uma escala mais baixa, por exemplo, a de *200mA*.

Então é correto começar a medir pelas escalas mais baixas?

Não, muito ao contrário. Se fizer isto, você corre o risco de danificar o seu multímetro. Sempre se começa a medição pela escala mais alta e, se for possível, abaixe a escala para ter uma leitura com mais precisão.

Pode-se mudar de escalas com o multímetro fazendo a medição?

Não, isto pode danificar o seu aparelho. Primeiro separe as pontas de prova do lugar medido, depois mude a escala e volte a fazer a medição, encostando as pontas de prova, novamente.

O que representa um sinal de:

– (Menos, negativo) antes do número no *display*?

Significa que a corrente está circulando, por dentro do multímetro, no sentido inverso. Você deve ter conectado a ponta positiva no negativo ou vice-versa.

Resistência elétrica:

– A resistência elétrica é medida em *Ohms (Ω)*.

Seus múltiplos são *kiloohms (K Ω)* e *megaohms (M Ω)*.

Seu submúltiplo mais usado é *miliohms (m Ω)*.

$$1 \text{ Ohm} = 1.000 \text{ m } \Omega$$

$$1.000 \text{ Ohms} = 1 \text{ K } \Omega$$

$$1.000.000 \text{ ohms} = 1 \text{ M } \Omega$$

Quando colocamos a **letra K** depois de um número estamos **multiplicando este número por mil**, portanto **470KΩ é igual a 470.000 ohms**.

Quando colocamos a **letra M** depois de um número estamos **multiplicando este número por 1 milhão**, portanto **10M Ω é igual a 10.000.000 ohms**.

Em um multímetro digital a máxima resistência possível de ser medida por uma escala corresponde ao valor da escala. Assim, se tivermos uma **escala de 200 ohms** poderemos medir uma resistência com um **valor de 200 ohms** para menos. Se medirmos uma **resistência de 100 ohms** aparecerá no *display* o **número 100**.

Sempre que medirmos um valor maior do que o máximo valor da escala aparecerá um **número 1** no lado esquerdo do *display*. Isto indica que devemos tentar medir esta resistência em uma escala maior.

Estas escalas de resistência (*preferivelmente a mais baixa*) podem ser usadas para a verificação de curto-circuitos e de continuidade ou não de interruptores, fiações elétricas, fusíveis, lâmpadas, trilhas de cobre etc.

Alguns multímetros têm uma escala que apita quando suas pontas de prova são encostadas. E com esta escala somos capazes de verificar se pontos estão em curto ou ligados apenas com o ouvido, sem a necessidade de olhar para o *display*.

Para testar a isolação entre dois pontos, devemos usar as escalas mais altas de resistência do multímetro. Caso não exista curto, aparecerá um **1** no lado esquerdo do *display*.

Para utilizar corretamente e com eficiência um multímetro digital, é interessante que você meça valores de tensão, corrente e resistência conhecidos, mude de escalas e perceba as diferenças.

Preste sempre muita atenção no ponto e na escala para fazer a leitura correta. Lembre-se de que:

O ponto mudará de posição dependendo da escala, mas a leitura será sempre a mesma. Este mesmo critério, de o ponto mudar de casa, é usado na medida de qualquer grandeza.

Observações finais:

Um multímetro digital deve ter no mínimo:

- Escalas para tensão alternada;
- Escalas para tensão contínua;
- Escalas para corrente contínua;
- Escalas para resistência.

Alicate Amperiométrico Digital

Com um alicate amperiométrico digital podemos fazer as mesmas medidas básicas que fazemos com um multímetro digital, porém a corrente será medida de uma forma mais fácil.

Para a medição de corrente alternada, é mais fácil e prático o uso de alicates amperiométricos que podem fazer esta leitura sem estar em série com o circuito (*sem interrompê-lo*). Um alicate amperiométrico digital também terá as mesmas escalas (**pelo menos as 4 básicas: tensão alternada, tensão contínua, corrente contínua e resistência**) de um multímetro digital, porém ele possui uma *garra ou clamp* capaz de envolver o fio e medir a corrente que circula por ele, observe a *figura 16*.

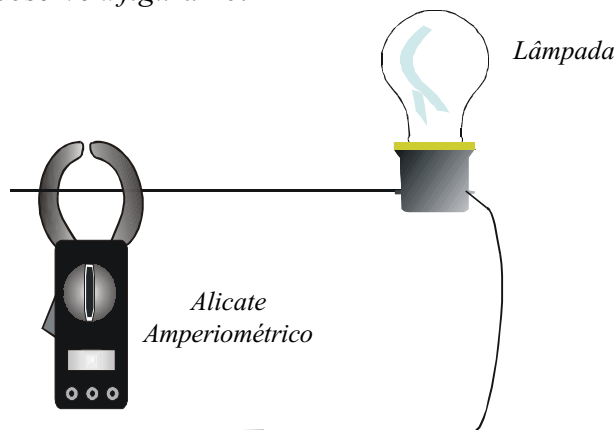


Figura 16

Existem alicates amperiométricos que só medem corrente alternada. São os mais comuns, mas também existem outros que medem corrente alternada e contínua. Também existem alicates wattímetros, que medem, além das grandezas já citadas, a potência.

Alguns deles medem potência ativa, potência reativa, potência aparente, **coseno FI** ou fator de potência. É importante ressaltar que o *clamp* ou garra só é usado sozinho para a medição de corrente.

Para as medidas de tensão alternada e contínua e resistência é necessário o uso das pontas de prova. Para a medição de potências e **coseno FI** é preciso o uso das pontas de prova com o **clamp ou garra**. Veja a figura 17.

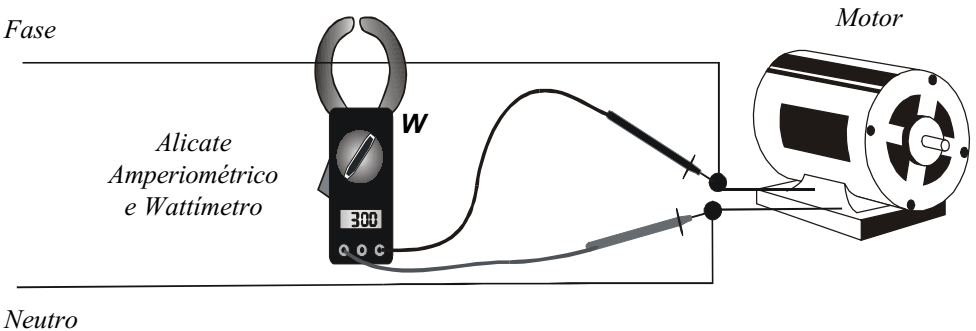


Figura 17

Existem também analisadores de rede, que são instrumentos capazes de medir tensão contínua e alternada, potência ativa, potência aparente, **coseno FI, frequência, consumo em KW/h** etc. Estes analisadores geralmente são instrumentos de bancada, ou seja, não são portáteis.

Alguns destes analisadores, para determinadas medidas, precisam de um *clamp* externo.

Ao corrigir o **FP** de um motor que pode funcionar com diversas faixas de consumo ou de corrente, faça os cálculos para a posição de menor consumo. Caso você calcule para o maior consumo ao ter um consumo pequeno o capacitor calculado terá um valor maior que o necessário, e você terá uma carga capacitiva, defasando do mesmo modo a corrente e não diminuindo o consumo. Veja os exemplos 1 e 2 da página seguinte.

Exemplo 1:

Um motor de esmeril ou uma furadeira de bancada consumirão menos corrente quando giram livres, do que quando estão sendo usados. Faça o cálculo do capacitor para quando eles estiverem girando livres.

Exemplo 2:

Um motor de geladeira ou *freezer* sempre liga com a mesma potência (*ou valores muito próximo.*) Quando ajustamos para um resfriamento maior, estamos fazendo com que o motor seja ligado mais freqüentemente. Desta forma podemos calcular o capacitor, medindo o motor em funcionamento normal.

Obs.: para corrigirmos o *valor FP* de uma carga indutiva, colocamos em paralelo um capacitor, que deve ter um valor correto. Este valor depende basicamente da corrente da carga. Caso coloquemos um capacitor de um valor muito elevado, transformaremos a carga de indutiva para capacitiva e teremos, também, um consumo excessivo de corrente.

Use estes conhecimentos e aplique-os na prática para diminuir o consumo de equipamentos usados em oficinas e residências, e economize energia.