

Sumário

Introdução	5
Tensão alternada	6
Características da tensão alternada	6
Forma de onda	7
Ciclo	7
Período	8
Frequência	9
Relação entre período e frequência	10
Tensão alternada senoidal	11
Valores de pico da tensão alternada senoidal	11
Valor da tensão de pico a pico da ca senoidal	13
Correspondência entre CA e CC	14
Varivolt	18
Utilização de varivolts	19
Medição de tensão CA	22
Instrumentos de medição de tensão alternada	22
Voltímetro de CA	23
Multímetro	24
Bornes	24
Chave seletora	25
Escalas	25
Procedimento para medição de tensão alternada com multímetro	25
Apêndice	27
Questionário	27
Bibliografia	27



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

A harmonia da atividade industrial com o meio ambiente é um dos objetivos do *SENAI*.

Introdução

Utilizar energia elétrica em nossas residências é um fato costumeiro. Na verdade, estamos tão acostumados a usufruir dos benefícios da eletricidade que só percebemos a sua importância quando ocorre uma interrupção no seu fornecimento.

Para um usuário comum, não existe a necessidade do conhecimento de que tipo de energia existe à disposição nas residências. Entretanto, para aqueles que se propõem a prestar serviços de manutenção de equipamentos, sejam elétricos ou eletrônicos, que são alimentados a partir da rede de fornecimento é extremamente importante conhecer as características da energia elétrica domiciliar.

Para isso foi elaborado este fascículo que tratará das tensões elétricas alternadas dando especial atenção ao tipo disponível nas redes elétricas. O objetivo do fascículo é fazer com que o leitor conheça as características e a forma de medição das tensões alternadas.

Lembre-se que, sem conhecer a forma da energia que alimenta um equipamento, dificilmente se têm condições de fazer sua manutenção.



Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor deverá ter conhecimentos relativos a:

- Tensão elétrica.
- Corrente elétrica.
- Potência elétrica em CC.

Tensão alternada

A tensão alternada, denominada normalmente de tensão CA, difere da tensão contínua porque troca de polaridade constantemente, provocando nos circuitos um fluxo de corrente ora em um sentido, ora em outro, como ilustrado na Fig.1.

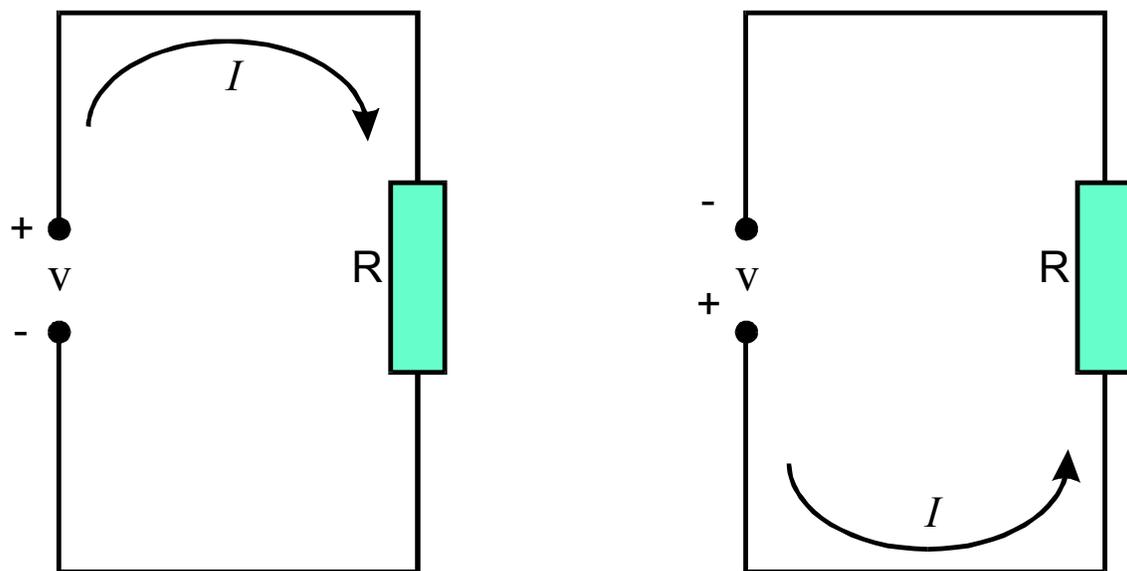


Fig.1 Inversão do sentido da corrente.

A tensão elétrica disponível nas residências é do tipo alternada, razão pela qual a maior parte dos equipamentos elétricos é construída para funcionar alimentada a partir deste tipo de corrente elétrica.

CARACTERÍSTICAS DA TENSÃO ALTERNADA

A condição fundamental para que uma determinada tensão elétrica seja considerada como tensão alternada é que a sua polaridade não seja constante.

Os diversos tipos de tensão CA podem ser distinguidos através de 4 (quatro) características:

- Forma de onda.
- Ciclo.
- Período.
- Frequência.

FORMA DE ONDA

Existem tensões alternadas com diversas formas de onda. Na **Fig.2** são apresentados os gráficos de alguns tipos de tensão alternada.

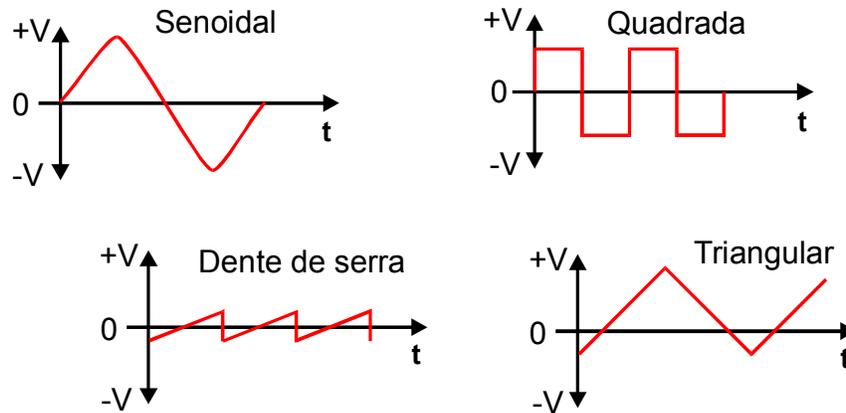


Fig.2 Algumas formas de tensão alternada.

CICLO

É uma variação completa da forma de onda. O ciclo é, em resumo, a parte da forma de onda que se repete sucessivamente, como mostrado na **Fig.3**

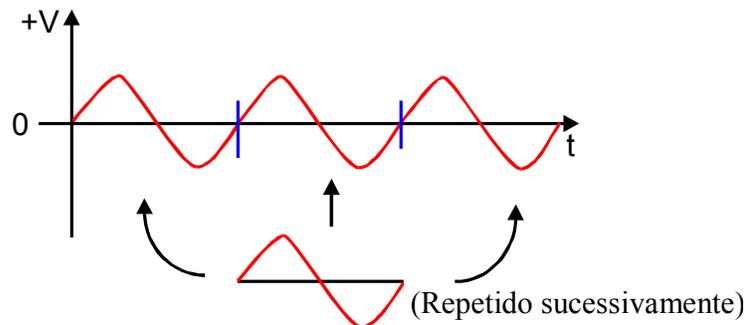


Fig.3 Ciclo de uma onda senoidal.

A **Fig.4** mostra dois tipos de forma de onda alternada com um ciclo completo indicado.



Fig.4 Ciclos de duas formas de onda diferentes.

Quando se faz necessário um estudo mais detalhado de cada uma das regiões do gráfico (acima do eixo ou abaixo do eixo), utiliza-se a expressão semi-ciclo para identificar a metade de um ciclo completo (entre dois pontos zero).

Um semiciclo pode ser identificado como positivo (acima do eixo) e negativo (abaixo do eixo).

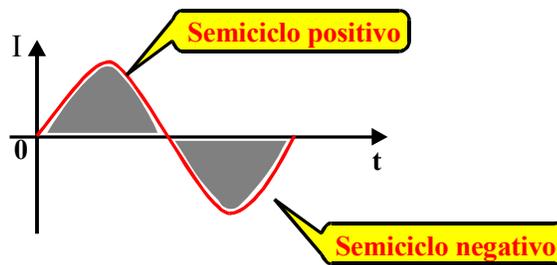


Fig.5 Semiciclos positivo e negativo.

PERÍODO

Período é a designação empregada para definir o tempo necessário para que se realize um ciclo completo de uma corrente alternada.

O período é representado pela notação T e sua unidade é medida em segundos (s).

Como os períodos das correntes alternadas são normalmente menores que 1s, utilizam-se normalmente os submúltiplos da unidade, indicados na **Tabela.1**.

Tabela.1. Submúltiplos do segundo

Milissegundos	ms	1/1.000 s ou 10^{-3} s
Microsssegundos	μ s	1/1.000.000 s ou 10^{-6} s

A **Fig.6** mostra três sinais alternados com períodos indicados.

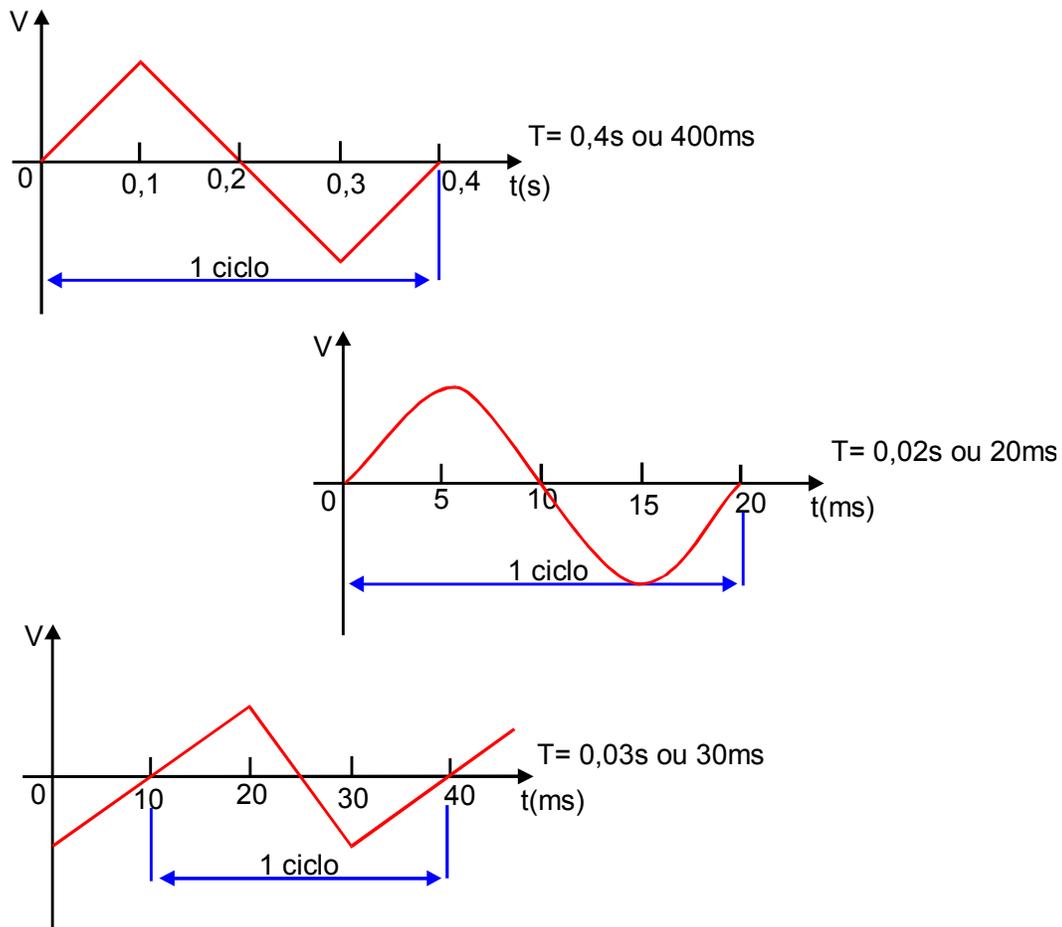


Fig.6 Três diferentes formas de sinais alternados e seus respectivos períodos.

FREQÜÊNCIA

A freqüência é o número de ciclos de uma corrente alternada que ocorrem em 1s. É indicada pela letra f e sua unidade é o hertz (Hz).

São muito utilizados os múltiplos da unidade de freqüência, mostrados na **Tabela.2**.

Tabela.2 Múltiplos do Hertz

Quilohertz	KHz	1.000Hz ou 10^3 Hz
Megahertz	MHz	1.000.000Hz ou 10^6 Hz

A Fig.7 mostra dois exemplos de tensão alternada com as respectivas frequências.

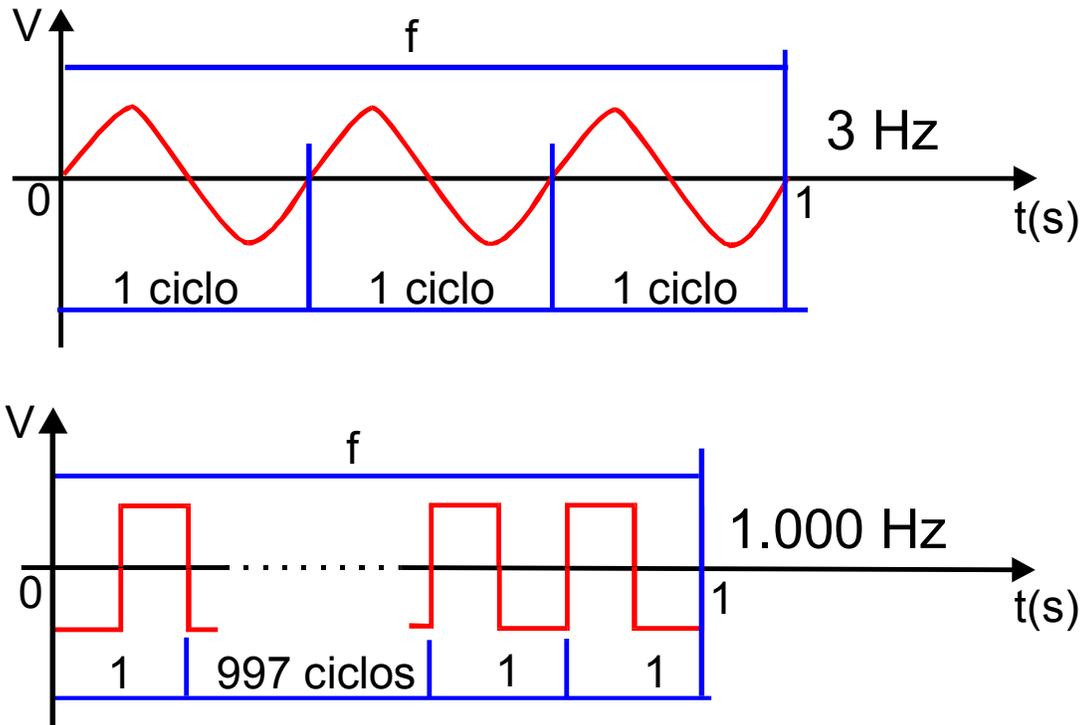


Fig.7 Frequências de duas tensões alternadas.

RELAÇÃO ENTRE PERÍODO E FREQUÊNCIA

Existe uma relação matemática entre período e frequência de uma corrente alternada. Quanto menor o período (menor o tempo de duração de um ciclo), maior o número de ciclos realizados em 1s ou seja, frequência e período são inversamente proporcionais.

Expressando matematicamente a relação de proporcionalidade inversa, tem-se:

$$F = 1/T \quad \text{ou} \quad T = 1/f \quad (1)$$

onde f é a frequência em hertz e T o período em segundos.

A Eq.(1) permite determinar a frequência de uma corrente alternada se seu período é conhecido e vice-versa.

Tensão alternada senoidal

A tensão alternada senoidal é a mais importante das tensões CA, tendo em vista que toda a distribuição de energia elétrica para os consumidores (residenciais, industriais, comerciais etc.) é feita através deste tipo de corrente alternada. Isto significa que todos os aparelhos ligados à rede elétrica são alimentados por corrente alternada senoidal.

VALORES DE PICO DA TENSÃO ALTERNADA SENOIDAL

Analisando-se um ciclo completo da tensão alternada senoidal, verifica-se que o valor instantâneo da tensão está em modificação, como ilustrado na **Fig.8**.

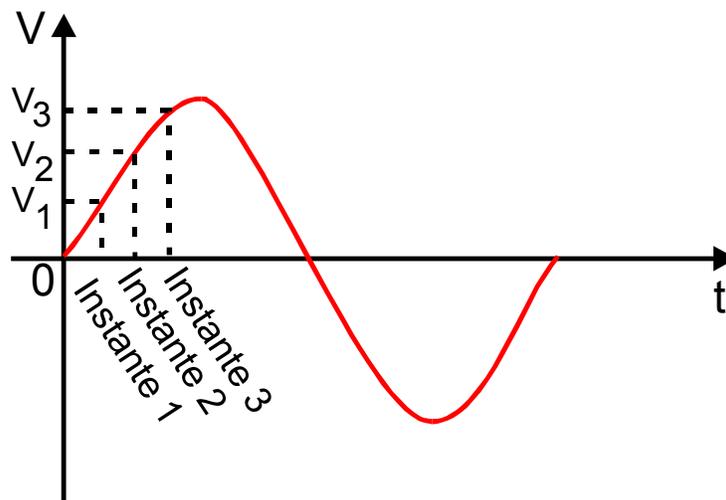


Fig.8 Valores instantâneos de uma tensão alternada.

O valor máximo de tensão que a CA atinge em cada semiciclo é denominado de tensão de pico, indicada pela notação V_p , como pode ser visto na Fig.9.

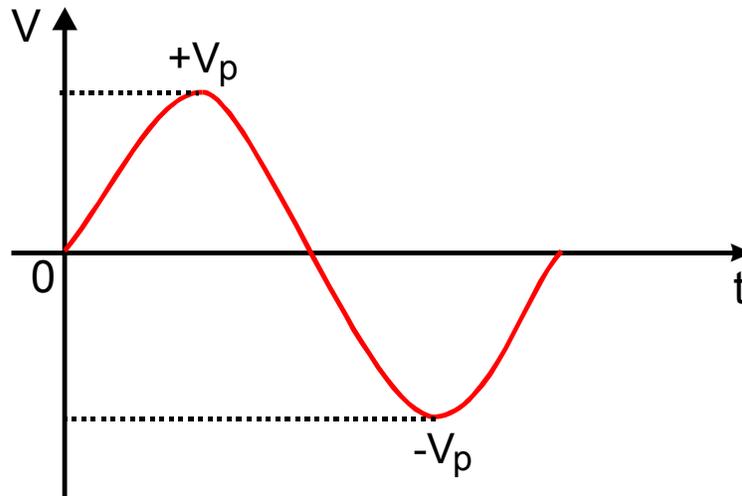


Fig.9 Tensão de pico.

O valor de pico negativo é numericamente igual ao valor de pico positivo, de forma que a determinação do valor pode ser feita em qualquer um dos semiciclos. A Fig.10 mostra uma tensão senoidal com tensão de pico de 180V.

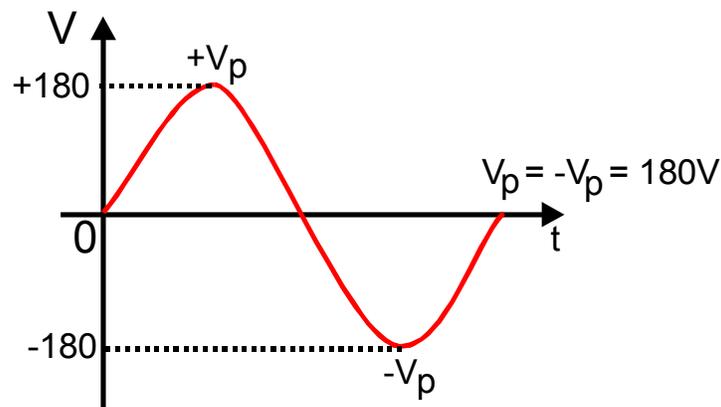


Fig.10 Tensão de pico de 180V.

VALOR DA TENSÃO DE PICO A PICO DA CA SENOIDAL

A tensão de pico a pico (V_{pp}) de uma CA senoidal é medida entre os dois picos máximos (positivo e negativo) de um ciclo, como mostrado na **Fig.11**.

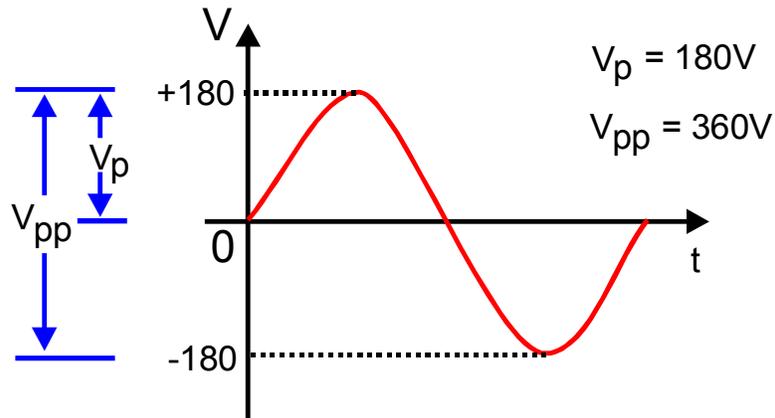


Fig.11 Tensão de pico a pico.

Considerando-se que os dois semiciclos da CA são iguais, pode-se afirmar que a relação entre a tensão de pico e a tensão de pico a pico é:

$$V_{pp} = 2V_p$$

Da mesma forma que as medições de pico e de pico a pico se aplicam à tensão alternada senoidal, estas medições aplicam-se também à corrente alternada senoidal, como mostrado na **Fig.12**.

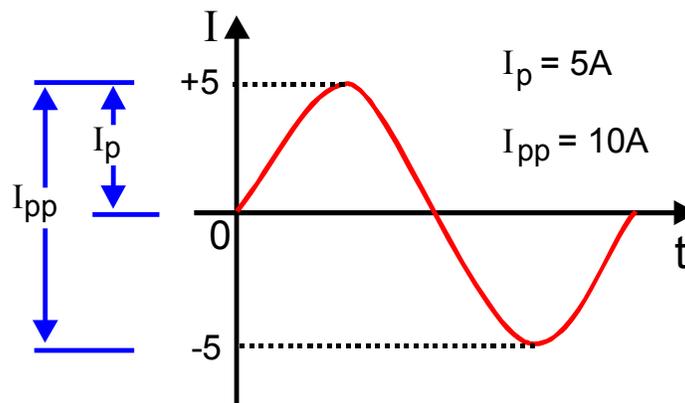


Fig.12 Corrente de pico e de pico a pico de uma onda senoidal.

CORRESPONDÊNCIA ENTRE CA E CC

Quando se aplica uma tensão contínua sobre um resistor, verifica-se a circulação de uma corrente de valor constante, como ilustrado na **Fig.13**.

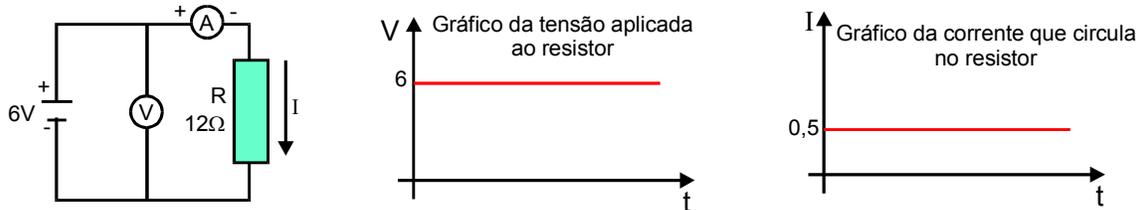


Fig.13 Comportamento da tensão e da corrente em uma carga alimentada por uma tensão contínua.

Como efeito resultante, estabelece-se uma dissipação de potência no resistor ($P = V.I$). Esta potência é dissipada em regime contínuo, fazendo com que haja um despreendimento de calor constante no resistor, como ilustra a **Fig.14**.

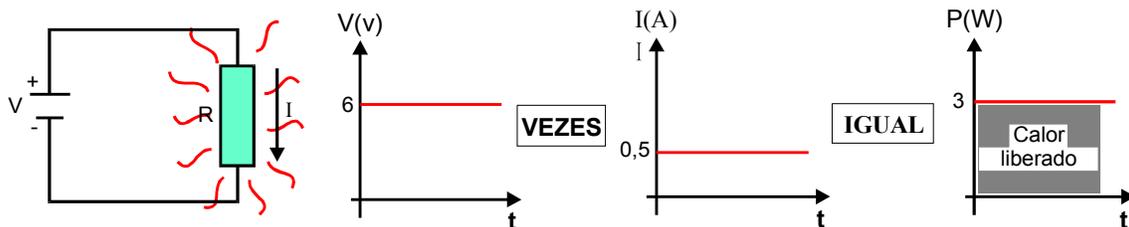


Fig.14 Dissipação de calor em um resistor alimentado por uma tensão contínua.

Aplicando-se uma tensão alternada senoidal a um resistor, estabelece-se a circulação de uma corrente alternada senoidal.



Fig.15 Corrente alternada senoidal através de uma carga alimentada por uma tensão alternada senoidal.

Como a tensão e a corrente são variáveis, a quantidade de calor produzida no resistor varia a cada instante.

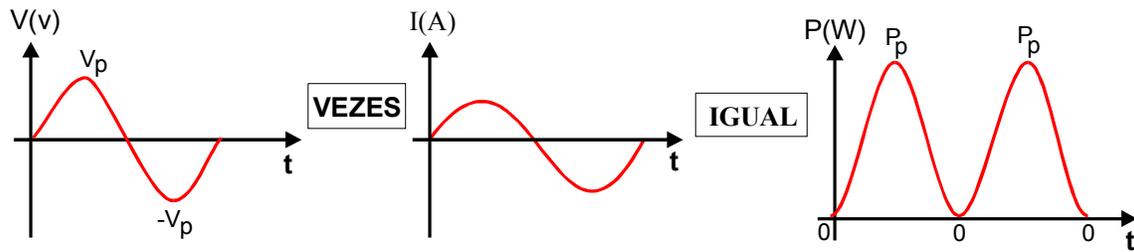


Fig.16 Dissipação variável de calor em um resistor alimentado por uma tensão alternada.

Nos momentos em que a tensão é zero, não há corrente e também não há produção de calor. Nos momentos em que a tensão atinge o valor máximo (V_p), a corrente também atinge o valor máximo (I_p) e a potência dissipada é máxima. Deste modo, um resistor de valor R ligado a uma tensão contínua de 10V produz mais calor que o mesmo resistor R ligado a uma tensão alternada de 10V de pico, como pode ser visto na **Fig. 17**.

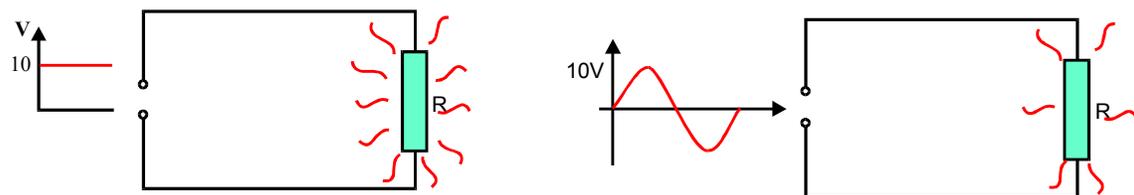


Fig. 17 Relação entre dissipação de calor e forma da tensão.

Para obter no resistor R em CA a mesma quantidade de calor, no mesmo tempo, necessita-se uma tensão alternada de 14,1V de pico, como mostrado na **Fig. 18**.

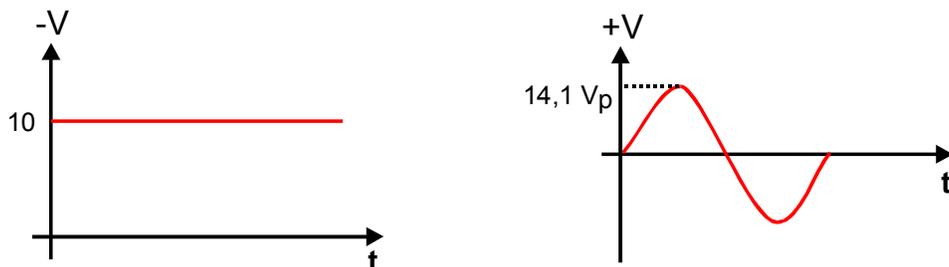


Fig.18 Comparação dos efeitos de uma tensão CC de 10V e uma CA de 14,1V de pico.

Isso significa que uma tensão alternada de 14,1V de pico é tão “eficaz” quanto uma tensão contínua de 10V na produção de trabalho. Por essa razão, diz-se que uma tensão CA de 14,1V_p corresponde a uma tensão eficaz de 10V.

$$14,1V_p = 10V_{ef} \quad V_{ef} = \text{Volts eficazes}$$



Tensão eficaz (ou corrente eficaz) de uma CA senoidal é um valor que indica a que tensão contínua (ou corrente contínua) esta CA corresponde, em termos de produção de trabalho.

Existe uma relação constante entre o valor eficaz de uma CA senoidal e seu valor de pico. Esta relação é:

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$$I_{ef} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Aplicando-se a equação da tensão eficaz à tensão alternada senoidal de 14,14 V de pico verifica-se a correção da equação :

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{14,1}{1,41} = 10 \text{ V}$$



As equações da corrente eficaz e da tensão eficaz podem ser encontradas através de processos empregando cálculo integral.

Os instrumentos utilizados para medição em circuitos de corrente alternada sempre indicam valores eficazes (de corrente e tensão).

Exemplo 1:

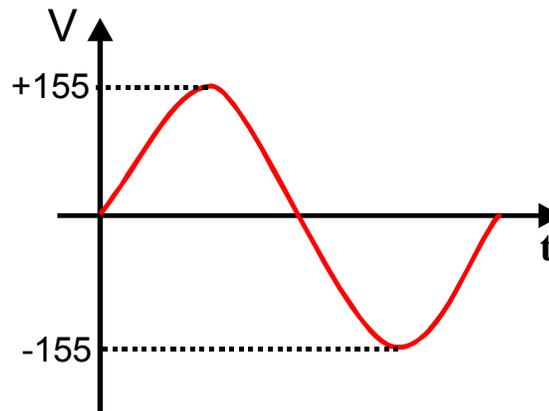
Um voltímetro conectado a um circuito de CA indica uma tensão eficaz de 110V. Determinar a tensão de pico que originou 110V eficazes.

Solução

$$V_{\text{ef}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

$$V_p = V_{\text{ef}} \times \sqrt{2} = 110 \times 1,41$$

$$V_p = 155 \text{ V}$$



Varivolt

O varivolt é um equipamento que recebe uma tensão alternada fixa (110V, 220V, 380V) a partir da rede elétrica e fornece um valor de tensão alternada ajustável na saída. A **Fig.19** mostra um varivolt típico.

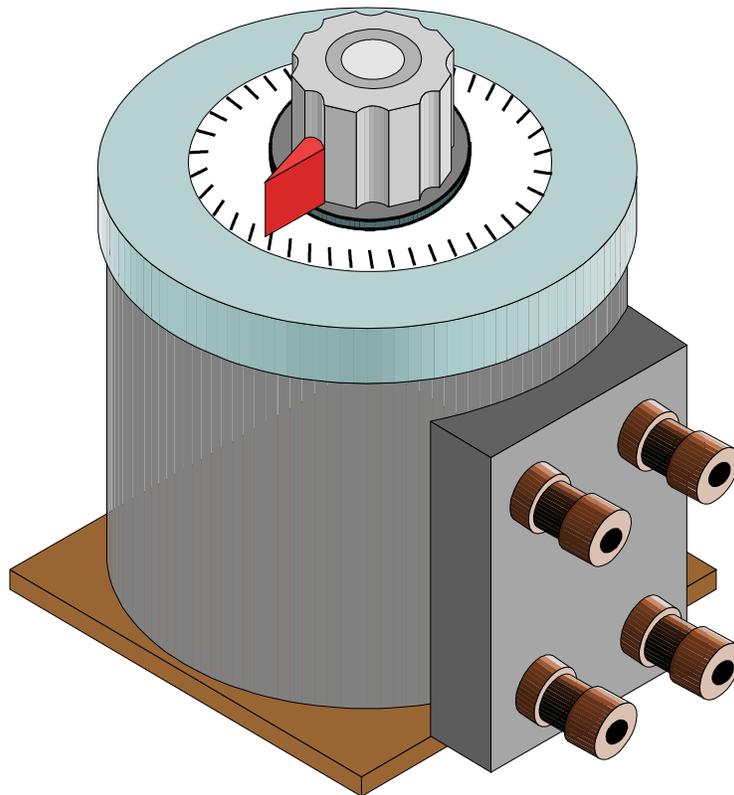


Fig.19 Varivolt típico.

O varivolt é muito utilizado em teste e manutenção de equipamentos e também para a realização de experiências com componentes e circuitos eletrônicos.

UTILIZAÇÃO DE VARIVOLTS

A **Fig.20** mostra a placa do varivolt com quatro bornes, dos quais dois se destinam à entrada e dois à saída de tensão CA.

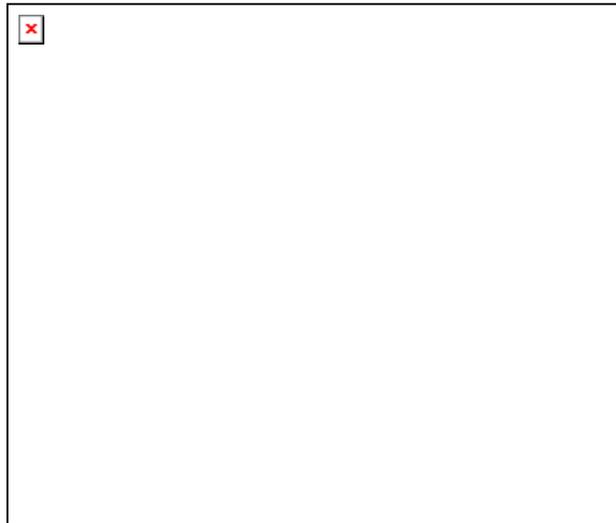


Fig.20 Placa de bornes em um varivolt típico.

Os bornes de entrada servem para alimentação do varivolt a partir da rede elétrica. Utiliza-se um cabo para conectar os bornes de entrada à tomada, como mostrado na **Fig.21**

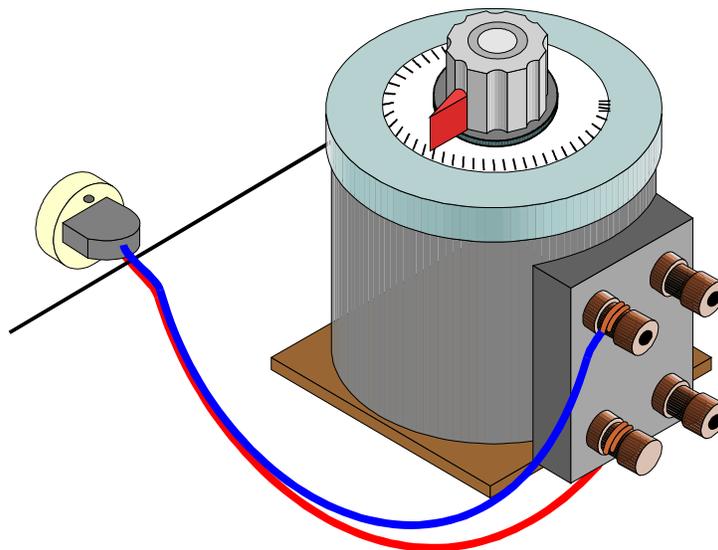


Fig.21 Varivolt ligado à tomada.

Antes de realizar a alimentação, deve-se verificar:

- Se a tensão da rede confere com a tensão nominal do varivolt.
- Se não existe curto-circuito entre os terminais de entrada ou de saída do varivolt.
- Se o cabo for fixado com firmeza nos bornes.



O cabo de alimentação deve ser ligado primeiro aos bornes de entrada do varivolt e depois à tomada, para evitar choques elétricos e curtos-circuitos.

Os bornes de saída fornecem a tensão CA necessária. A tensão nestes bornes é ajustada através do cursor, na parte superior do varivolt, conforme ilustrado na **Fig.22**.

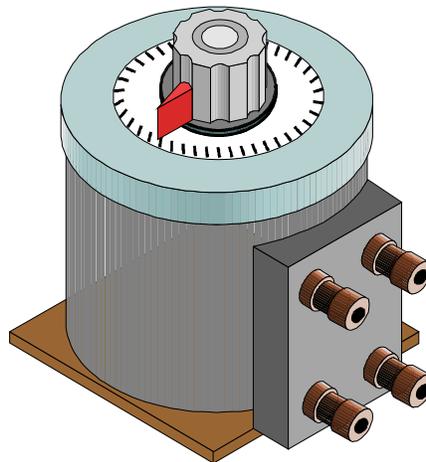


Fig.22 Indicação de tensão pela parte superior do varivolt.

O ajuste pode ser feito também com auxílio de um voltímetro de CA conectado aos bornes de saída.

Alguns varivolts já têm um voltímetro conectado aos bornes de saída, como pode ser visto na **Fig. 23**.

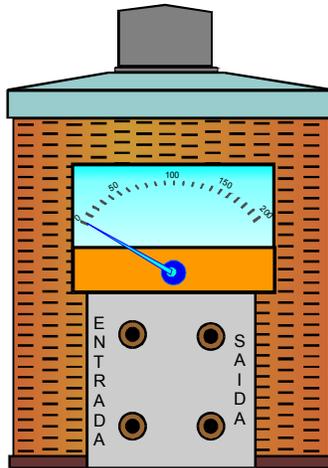


Fig.23 Vista frontal de um varivolt.

Para evitar danos ao voltímetro ou multímetro, o ajuste de tensão de saída deve ser executado através de uma seqüência de procedimentos.

- Girar o cursor totalmente no sentido antihorário. Com o cursor nesta posição, a tensão nos bornes de saída é praticamente nula “0”.
- Conectar um voltímetro de CA com escala apropriada para a tensão a ser ajustada.
- Girar o cursor no sentido horário até que o voltímetro indique a tensão desejada.



Por medida de segurança, não se deve executar conexões ou tocar a parte metálica dos bornes com o varivolt alimentado.

A **Fig.24** mostra o símbolo do varivolt, indicando os bornes de entrada e saída.

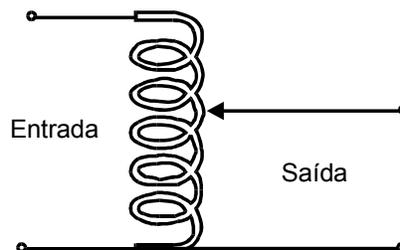


Fig.24 Representação simbólica de um varivolt.

Medição de tensão CA

A medição de tensão alternada consiste na utilização de instrumentos com o objetivo de determinar a tensão eficaz presente entre dois pontos onde existe uma CA. A medição de tensão alternada é muito utilizada na manutenção de equipamentos elétricos e eletrônicos, principalmente naqueles alimentados a partir da rede elétrica.

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO ALTERNADA

A medição de tensão alternada pode ser realizada através de dois instrumentos:

- Voltímetro ou milivoltímetro, como mostrado na **Fig.24**.
- Multímetro em escala de CA, conforme ilustrado na **Fig.25**.

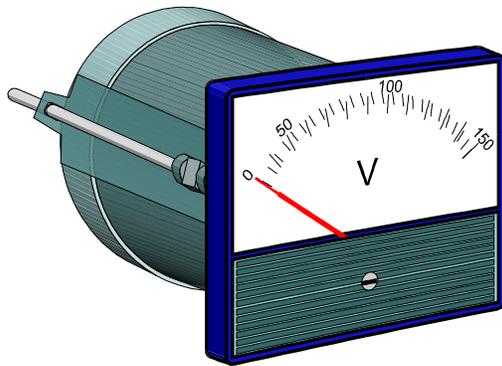


Fig.24 Voltímetro.

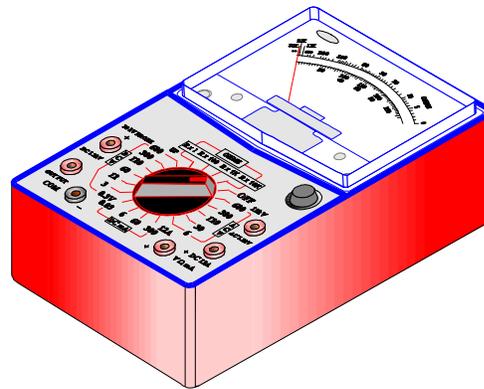


Fig.25 Multímetro.

Tanto os voltímetros de CA como os multímetros, fornecem a indicação da tensão eficaz presente entre os pontos medidos.

 **Os instrumentos de medição de tensão alternada fornecem a indicação de tensão eficaz. Sempre que se refere a valores de tensão CA em medições ou em esquemas (por exemplo, 110VCA, 220VCA, 12VCA etc.), estes valores correspondem a tensões eficazes.**

Quando um valor de CA não é eficaz, deve ser identificado com o seu significado. Por exemplo: 220V_p (220 volts de pico) ou 70V_{pp} (70 volts de pico a pico).

VOLTÍMETRO DE CA

Os voltímetros destinados à medição de tensão alternada são identificados pelo símbolo  na escala frontal, como pode ser visto na **Fig. 26**.

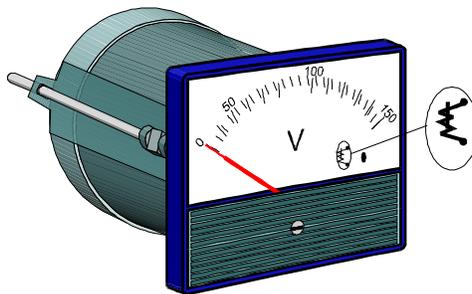


Fig.26 Símbolo do multímetro de tensão alternada.

Este símbolo identifica os instrumentos para CA que são instrumentos próprios para indicação de valores eficazes em CA.

Os instrumentos indicados pelo símbolo  são versáteis porque seu princípio de funcionamento permite que sejam usados tanto para medições em CC como em CA.

Deve-se sempre verificar o tipo de instrumento adequado antes de realizar uma medição em CC ou CA. Devido ao fato de que em CA existe uma troca constante de polaridade, os bornes dos voltímetros de CA não têm polaridade para ligação.

Ao analisar-se uma medição, a ordem de conexão das pontas de prova é indiferente.

MULTÍMETRO

O multímetro pode ser utilizado para medição de tensão em CA.

A **Fig.27** mostra o painel de um multímetro típico.

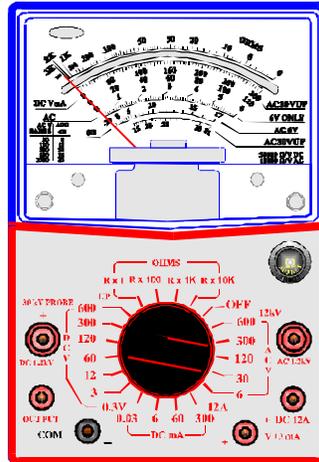
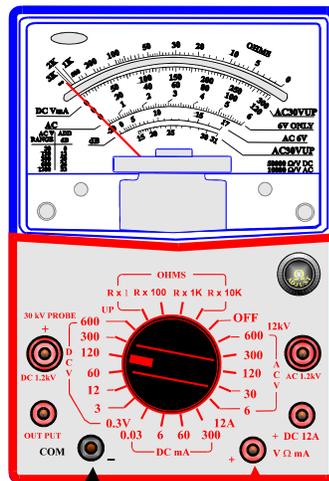


Fig.27 Multímetro usado na medição de CA.

BORNES

Na maioria dos tipos de multímetros comerciais, os bornes para as pontas de prova são os mesmos em CA ou cc, como ilustrado na **Fig.28**.



Borne de conexão
da ponta de prova preta

Borne de conexão
da ponta de prova vermelha

Fig.28 Bornes de conexão.



Em alguns multímetros a ponta de prova preta é conectada ao borne comum e a vermelha a um borne específico para medição de tensão em CA.

CHAVE SELETORA

As posições da chave seletora destinadas à medição de tensão são indicadas pelas abreviaturas ACV ou AC.

O valor indicado em cada uma das posições representa a tensão eficaz máxima que o instrumento pode medir nesta posição da chave seletora. Por exemplo, se a escala selecionada for ACV 300, a tensão eficaz máxima que o instrumento pode medir nesta posição da chave seletora é 300V.

ESCALAS

As escalas do multímetro para tensão CA são as mesmas utilizadas para tensão CC. Por esta razão, estas escalas normalmente estão identificadas pelas abreviaturas DC/AC (tensão contínua/tensão alternada).

Além destas escalas comuns para CC/CA, os multímetros têm ainda uma escala para medições de tensão AC de pequeno valor (6VCA ou menor). Esta escala normalmente é identificada com as abreviaturas AC 6V ou AC 6V ONLY. Esta escala existe porque em pequenos valores de tensão CA o multímetro provoca um pequeno erro de indicação. Este erro é corrigido no próprio instrumento através desta escala específica.

PROCEDIMENTO PARA MEDIÇÃO DE TENSÃO ALTERNADA COM MULTÍMETRO

O procedimento para utilização do multímetro em medições de tensão CA deve ser seguido rigorosamente para evitar danos ao instrumento. Este procedimento é:

- Conectar as pontas de prova dos bornes apropriados.
- Selecionar uma escala com valor superior à tensão eficaz que será medida.
- Conectar os pontos de prova nos pontos a serem medidos.
- Interpretar a leitura.

A interpretação da leitura se realiza da mesma forma que aquela para tensões contínuas: indicação do ponteiro em conjunto com a posição da chave seletora.

Por uma questão de princípio de funcionamento, nas escalas altas de tensão CA, o multímetro dificilmente pode sofrer danos por má operação. Por esta razão, quando um multímetro não dispõe de uma posição OFF (desligado) na chave seletora, ao se guardar o instrumento deve-se posicionar a chave seletora para a maior escala de tensão CA disponível (por exemplo, 1.000VAC).

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Qual a relação entre período e frequência ?
2. O que é tensão eficaz ?
3. O que é um varivolt ?
4. Que instrumentos são utilizados para medir a tensão CA ?

BIBLIOGRAFIA

SENAI/DN. Corrente contínua e corrente alternada. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, 1980, 71p. (Módulo Instrucional : Eletricidade-Eletrotécnica, 14).

VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. Eletricidade Básica. 11.^a ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1977, vol.3

UENO, PAULO TORN & YAMAMOTO, ISSAO. Estudos da Física, Eletricidade. 2.^a ed., São Paulo, Moderna, 1982, 352p.