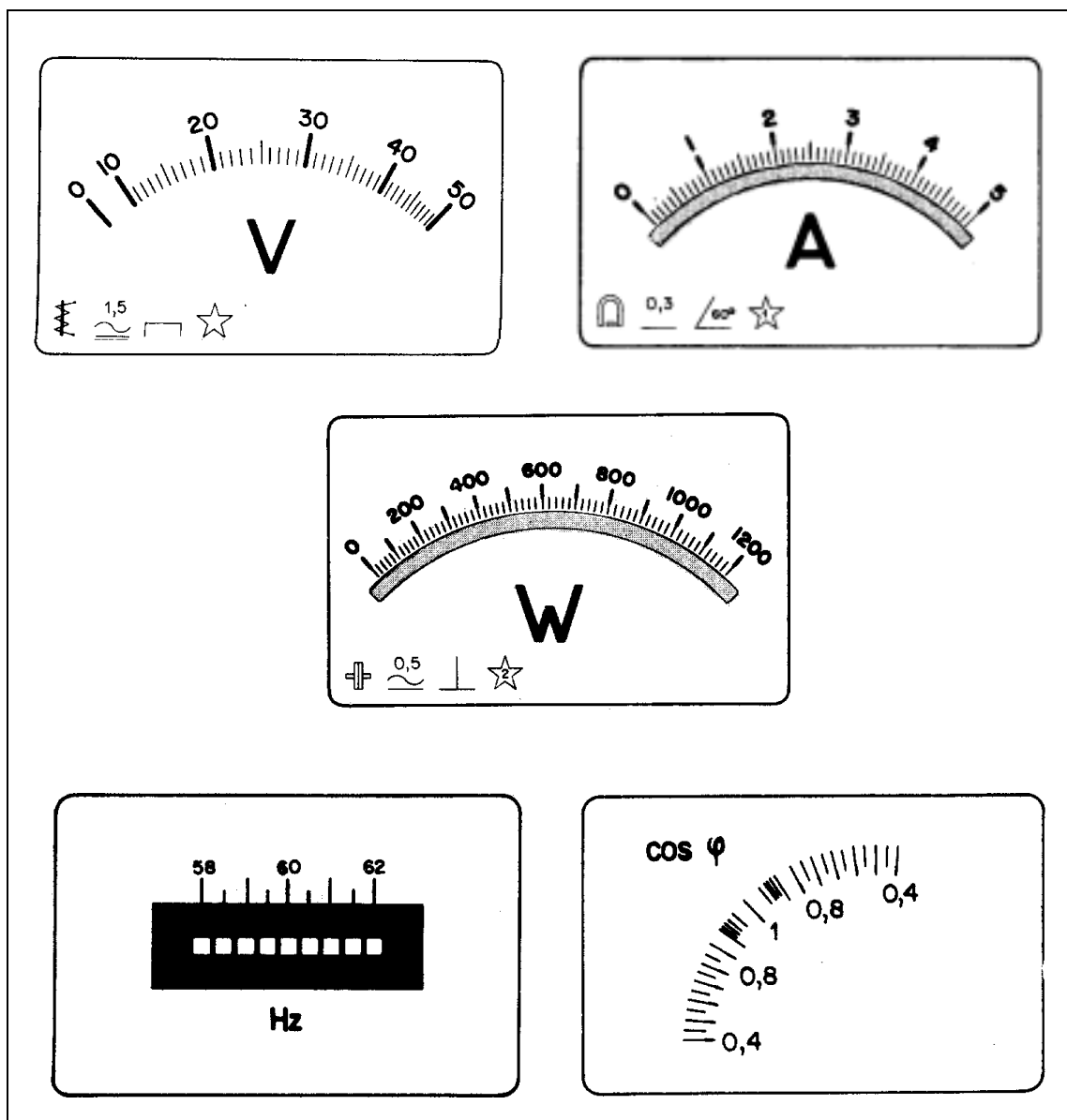


CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção

Elétrica

Medidas Elétricas



Medidas Elétricas - Elétrica

© SENAI - ES, 1996

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
DAE - Divisão de Assistência às Empresas
Departamento Regional do Espírito Santo
Av. Nossa Senhora da Penha, 2053 - Vitória - ES.
CEP 29045-401 - Caixa Postal 683
Telefone: (027) 325-0255
Telefax: (027) 227-9017

CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão
AHD - Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos
AV. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Jardim Limoeiro - Serra - ES.
CEP 29160-972
Telefone: (027) 348-1322
Telefax: (027) 348-1077

Sumário

Medidas Elétricas.....	03
• Introdução	03
• Classificação dos Instrumentos de Medidas Elétricas	03
• Instrumento de Ferro Móvel.....	04
• Instrumento de Bobina Móvel	05
• Medição de Corrente e de Tensão	09
• Medição de Resistência.....	12
• Medição de Potência	14
• Medidores de Energia Elétrica.....	16
• Megômetro (Megger).....	23
• O Freqüencímetro	27
• Medidor de Fator de Potência	27
• Volt-Amperímetro Tipo Alicate	28
• Precisão dos Instrumentos de Medidas Elétricas	31
• Classe de Precisão dos Instrumentos	39
• Simbologia dos Instrumentos de Medidas Elétricas.....	40
• Simbologia quanto às unidades de medidas	41
• Sensibilidade dos Instrumentos de Medidas Elétricas	47
• Exercícios	51

Medidas Elétricas

Introdução

Os aparelhos de medidas elétricas são instrumentos que fornecem uma avaliação da grandeza elétrica, baseando-se em efeitos físicos causados por essa grandeza. Vários são os efeitos aplicáveis, tais como: forças eletromagnéticas, forças eletrostáticas, efeito Joule, efeito termoelétrico, efeito da temperatura na resistência, etc...

Classificação dos Instrumentos de Medidas Elétricas

Quanto ao princípio de funcionamento;

- Instrumentos eletromagnéticos;
- Instrumentos eletrodinâmicos;
- Instrumentos eletroquímicos;
- Instrumentos dinâmicos.

Quanto à corrente

- Instrumentos de corrente contínua - CC;
- Instrumentos de corrente alternada - CA.

Quanto à grandeza a ser medida

- Amperímetros;
- Voltímetros;
- Ohmímetros;
- Wattímetros;
- Varímetros;
- Fasímetros;
- Freqüencímetros, etc...

Quanto à apresentação da medida

- Instrumentos Indicadores - apresentam o valor da medida no instante em que está sendo feita, perdendo-se esse valor no instante seguinte;
- Instrumentos Registradores - apresentam o valor da medida no instante em que está sendo feita e registra-o de modo que não o perdemos;
- Instrumentos Integradores - apresentam o valor acumulado das medidas efetuadas num determinado intervalo de tempo.

Quanto ao uso

- Instrumentos industriais;
- Instrumentos de laboratório.

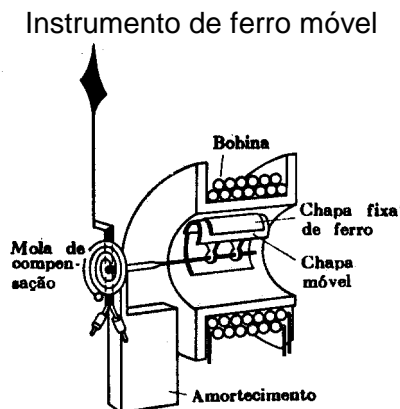
Instrumento de Ferro Móvel

Na parte interna de uma bobina, uma chapa de ferro doce fixa é montada em oposição a uma chapa móvel. Se na bobina circula corrente, então ambas as chapas são magnetizadas identicamente em relação aos pólos resultantes, e desta forma, se repelem. Quando se dá a inversão do sentido de circulação da corrente, na bobina, as chapas são novamente magnetizadas identicamente, e continuam se repelindo. Por isto, os instrumentos de ferro móvel são adequados para a medição, tanto de corrente quanto de tensão, em corrente contínua e em alternada.

As forças magnéticas das chapas exercem um conjugado sobre o eixo do ponteiro. A grandeza deste conjugado não é proporcional à corrente na bobina, mas sim ao quadrado desta corrente que está sendo medida. Portanto, uma corrente três vezes maior ocasiona uma deflexão do ponteiro nove vezes superior. Por isto, a escala de leitura tem intervalos menores nos valores mais baixos do que nos mais elevados. Por meio de uma forma adequada das chapas no instrumento, é possível corrigir este detalhe, com exceção dos valores bem baixos. Em muitos instrumentos, uma leitura exata apenas é possível na faixa contida entre dois pontos bem destacados sobre a escala.

A mola montada sobre o eixo do ponteiro desenvolve um conjugado oposto ao das chapas, levando assim o ponteiro novamente a zero, quando o instrumento é desligado. O ponteiro destes instrumentos não estabiliza imediatamente a sua posição de leitura sobre a escala, em virtude de vibrações do sistema de medição. Por isto, é necessário acrescentar ao sistema câmaras de amortecimento. Este amortecimento é conseqüente da ação entre uma lâmina que se desloca dentro de uma câmara, deslocamento este dificultado pela resistência do ar.

Estes instrumentos são freqüentemente encontrados devido à sua construção robusta e mesmo assim simples, para aplicações industriais.



Instrumento de Bobina Móvel

No campo de um ímã permanente, é montada uma bobina móvel, giratória, alternada por corrente elétrica. a corrente é levada até a bobina por meio de molas espirais, que simultaneamente desenvolvem o conjugado de oposição ao deslocamento da bobina. A rotação da bobina e consequente deflexão do ponteiro, são proporcionais à corrente, o que faz com que os intervalos sobre a escala estejam igualmente distanciados. O ponto zero da escala pode tanto ficar no meio quanto na extremidade. Quando ocorre inversão do sentido de circulação da corrente, ocorre também a inversão da rotação da bobina ou da deflexão do ponteiro. Disto resulta que este instrumento apenas pode ser usado para medição de tensão ou corrente contínua.

O amortecimento do movimento do ponteiro é obtido por frenagem de correntes de histerese, oriundas do movimento de rotação de uma moldura de alumínio que envolve a bobina móvel, no campo magnético.

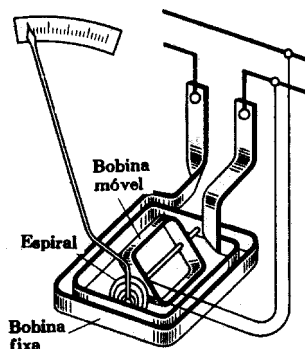
Instrumento de bobina móvel



Instrumento Eletrodinâmico

O sistema de medição eletrodinâmico consiste de uma bobina móvel e uma fixa. Perante a passagem de determinada corrente, as bobinas apresentarão a mesma polaridade e assim levarão o ponteiro à deflexão, por repulsão. A corrente que alimenta a bobina móvel é levada a esta por meio de 2 molas espirais, que, simultaneamente, desenvolvem uma força contrária ao deslocamento angular.

Instrumento eletrodinâmico



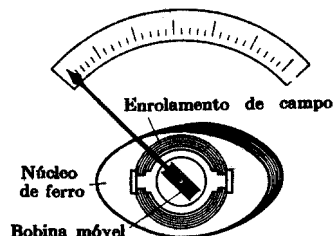
Numa inversão do sentido da corrente, ambas as bobinas invertem ao mesmo tempo a sua polaridade. Com isto, as condições de repulsão entre as bobinas não se alteram e a deflexão do ponteiro se dá sempre para o mesmo lado. Por esta razão, o instrumento pode ser utilizado tanto em corrente contínua quanto alternada. Usado como amperímetro ou como voltímetro, ambas as bobinas são ligadas em série ou, perante correntes muito elevadas, são ligadas em paralelo.

A principal aplicação deste tipo de instrumento é encontrada nos medidores de potência (Wattímetros). Como a potência é obtida do produto da tensão pela corrente, a bobina fixa é dimensionada como bobina de corrente, e a móvel como de tensão. A potência, em watts, pode assim ser obtida diretamente por simples leitura. Na medição de potências em corrente alternada, a potência indicada é a potência útil, porque apenas aquela parte da corrente efetuará um trabalho, que estiver em fase com a tensão, e assim seu valor $P = U \times I \times \cos\phi$.

O amortecimento é obtido por uma câmara com ar, tal como no instrumento de ferro móvel.

Às vezes são empregados instrumentos de medição blindados por uma chapa de ferro, para evitar influências magnéticas presentes no ambiente externo. Neste tipo, a bobina fixa é montada dentro de um anel de ferro fechado e laminado, evitando-se assim a formação de correntes parasitas. A precisão do instrumento é menor devido ao ferro.

Instrumento eletrodinâmico blindado

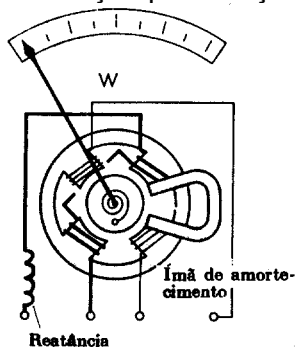


Instrumento de Indução

Este instrumento se compõe de um corpo de ferro quadripolar, que possui dois pares de bobinas cruzadas entre si.

No circuito de corrente de um destes pares de bobinas, inclui-se uma indutância. Disto resulta um deslocamento de fase entre os pares de bobinas e desta forma, a existência de um campo girante. Um tambor de alumínio, montado de tal modo que apresente um movimento giratório, fica sob efeito indutivo deste campo girante. As correntes induzidas neste tambor desenvolvem um conjugado e, com isto, uma deflexão do ponteiro. A força contrária a esta deflexão é conseguida da ação das molas espirais. O amortecimento do instrumento é feito por um ímã, em forma de ferradura, cujo campo atua sobre o tambor girante.

O instrumento de medição por indução ou tipo Ferraris



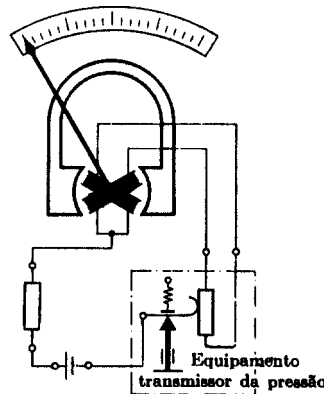
O instrumento de indução, também chamado de instrumento de campo girante ou instrumento de Ferraris, apenas pode ser usado para corrente alternada.

Devido à indutância, este instrumento sofre a influência da frequência.

Instrumento de Bobinas Cruzadas

Entre os pólos de um imã permanente, duas bobinas interligadas entre si, porém cruzadas, estão dispostas de tal forma que possam girar. Cada uma das bobinas é ligada a determinada tensão. Por esta razão, cada uma das bobinas influi com certa força magnética sobre o imã permanente.

Medição, à distância, de pressões por meio de um instrumento de bobinas cruzadas

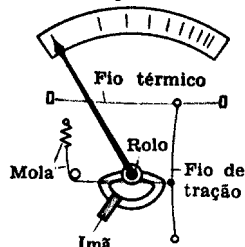


Se a tensão é igual em ambas as bobinas seus efeitos magnéticos contrários se equilibram, o que significa que as bobinas se ajustam sobre um valor central (médio). Neste instrumento, portanto, a posição zero não é obtida por meio da força de molas, mas sim pela existência de correntes iguais em ambas as bobinas. Se cada uma das bobinas estiver ligada à tensão diferente, então apresentam-se também campos magnéticos de intensidade diferente, do que resulta que o campo mais forte irá determinar a deflexão do corpo da bobina. Disto se pode concluir que o instrumento de bobinas cruzadas apenas se destina a indicar diferenças de tensões. Seu emprego é encontrado sobretudo na medição de resistências, assim como na de temperaturas e pressões, à distância. Para estas finalidades as tensões correspondentes são enviadas ao instrumento por meio de um divisor de tensão, que se altera em função da temperatura ou pressão.

Sistema de Medição com Fio Térmico

Neste instrumento, é utilizada a dilatação que um fio fino sofre devido ao calor originado pela passagem da corrente. Fixa-se um fio de tração a um fio esticado de platina-irídio, estando o fio de tração fixo a uma mola, passando por um rolo ou bobina. Quando da dilatação do fio térmico, a bobina é movimentada pela ação da mola, e o ponteiro é ativado, deslocando-se. A subdivisão da escala não é uniforme, uma vez que o calor dissipado varia com o quadrado da corrente. O instrumento é adequado para corrente contínua e alternada, sendo empregado sobretudo nas medições em alta frequência.

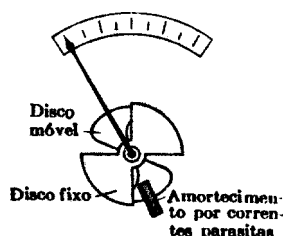
Sistema de medição com fio térmico



Instrumento Eletrostático

O funcionamento deste instrumento baseia-se na atração recíproca de corpos eletricamente carregados, com polaridades contrárias. O instrumento se compõe de placas fixas e móveis, às quais é ligada a tensão a ser medida. Sobre o eixo do disco móvel, é montado um ponteiro. Uma mola atua no sentido contrário ao deslocamento deste. Instrumentos eletrostáticos se destinam especificamente à medição de tensões elevadas, pois apenas estas são capazes de desenvolver um conjugado suficientemente elevado. O instrumento pode ser usado tanto em corrente contínua, quanto em corrente alternada.

Instrumento Eletrostático



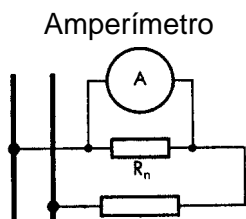
Medição de corrente e de Tensão

Medição de Corrente

Todos os instrumentos destinados a medir correntes, que atualmente são utilizados, baseiam o seu funcionamento na ação magnética da corrente. Medidores de corrente ou amperímetros são ligados em série com o circuito de corrente, apresentando uma pequena resistência interna. Instrumentos de ferro móvel são fabricados para correntes até 250A, enquanto os de bobina móvel são executados para medir correntes de apenas alguns ampères.

Medição de corrente mais elevadas.

Liga-se exatamente ao instrumento um resistor em paralelo, designado por derivador (antigamente **shunt**).



Caso o amperímetro deva ser utilizado para uma faixa de medição **n** vezes superior a existente (fator de amplificação **n**), então uma parte da corrente passará pelo amperímetro e (n-1) partes deverão passar pelo derivador.

$$\text{Resistencia } R_n = \frac{\text{Resistencia do Instrumento } R_i}{\text{Fator de amplificação} - 1} \quad R_n = \frac{R_i}{n - 1}$$

Exemplo: A faixa de medição de amperímetro deve ser ampliada de 100μA para 1A. A resistência interna é de 2 ohms. Qual o tamanho do derivador R_n?

Fator de amplificação:

$$n = \frac{1}{0,1} = 10, \quad R_n = \frac{R_i}{n - 1} = \frac{2}{10 - 1} = \frac{2}{9} = 0,22 \text{ ohms}$$

Para a medição de correntes alternadas elevadas, são usados transformadores de corrente.

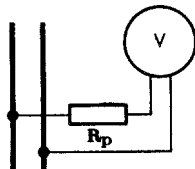
Medição de tensão

Medidores de tensão ou voltímetros são medidores de corrente com elevada resistência interna. Quando da aplicação de uma tensão, circula nos aparelhos uma determinada corrente, que provoca a deflexão do ponteiro. Devido a resistência interna inalterável do instrumento, a escala pode ser ajustada em volts. Voltímetros são ligados em paralelo com o consumidor ou rede.

Medição de tensão mais elevadas

É utilizado um resistor de pré-ligação.

Voltímetro com resistor de pré-ligação



Se a tensão a ser medida é n vezes superior a faixa de medição existente, então o valor de tensão a ser consumido pelo resistor é de $(n - 1)$ volts.

R_p = Resistor de pré-ligação R_i = Resistência interna do instrumento

$$R_p = R_i \times (n - 1)$$

Exemplo: A faixa de medição de um voltímetro de 12 volts deve ser ampliada para 60 volts. A resistência interna do instrumento é de 2000 ohms. Qual o valor de R_p ?

$$\text{Fator } n = \frac{60}{12} = 5; \quad R_p = R_i (n - 1) = 2000 (5 - 1) = 8000 \text{ ohms.}$$

Para a medição de tensões alternadas elevadas, empregam-se transformadores de potencial.

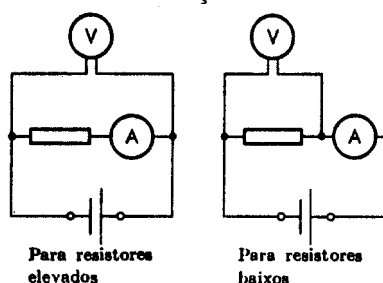
Medição da Resistência

Resistência obtida pela medição da tensão e da corrente.

A determinação da resistência de uma carga pode ser feita por medição indireta. Para tanto, o elemento resistivo é ligado a uma tensão, medindo-se a sua queda de tensão e a absorção da corrente. O valor da resistência é obtido segundo a Lei de Ohms: $R = E/I$.

Nas medições de grande precisão, devem ser levadas em consideração a resistência interna e a corrente absorvida pelo instrumento de medição.

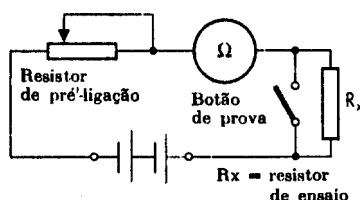
Ligações para a determinação indireta de resistências



Medição por meio de Ohmímetro.

Ligando-se diversos resistores de valores diferentes a uma mesma tensão, então em cada um aparecerá uma corrente de valor diferente. As grandezas das correntes são inversamente proporcionais aos valores dos resistores. Quando da interrupção de um circuito de corrente, isto é, quando a resistência tem um valor infinitamente elevado, a corrente terá valor nulo. Por estas razões, a escala de um amperímetro pode ser calibrada em ohms e o instrumento utilizado como um ohmímetro.

Ligação do ohmímetro



A escala em ohms começa então com o valor infinito (∞).

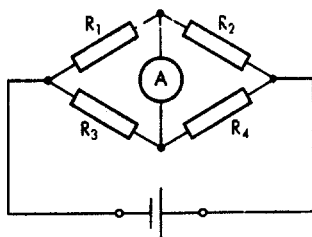


A fonte de tensão é normalmente uma bateria de 4 volts. O valor da deflexão máxima do instrumento (valor zero) é ajustado mediante o pressionamento do botão de prova (eliminação do resistor R_x) e pelo ajuste do resistor preligado. Quando diferentes baterias são usadas, a tensão exata é obtida por meio de um divisor de tensão.

Pontes de Medição

Compõe-se a ponte de medição de dois divisores de tensão ligados em paralelo, cada um composto de 2 resistores ($R_1 - R_3$) e ($R_2 - R_4$), sob a mesma tensão, acrescentando-se mais um amperímetro (galvanômetro) ligado entre os terminais de um dos divisores de tensão.

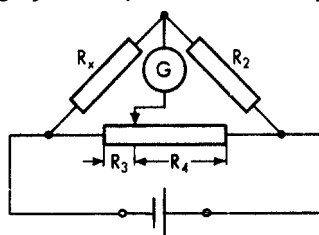
Divisores de tensão ligados em paralelo (ligação em ponte)



A ponte se baseia no princípio de que a corrente no galvanômetro é nula, quando a relação entre os valores R_1 e R_2 de um dos lados é igual a relação R_3 e R_4 . Isto significa: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$.

Os resistores R_3 e R_4 podem ser feitos variáveis, mediante um cursor que desliza sobre o fio metálico. Desta forma, é possível determinar o valor de um resistor R_x desconhecido.

Ligação da ponte de medição



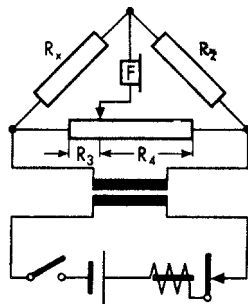
Neste caso: $R_x = R_2 \times \frac{R_3}{R_4}$.

Na execução normal de pontes de medição usa-se um potenciômetro no lugar do fio com cursor. Para se obter valores de medição exatos, o valor de R_2 deve se aproximar o mais possível do valor de R_x . Isto leva a fazer com que o resistor R_2 seja executado nos tamanhos de 1 - 10 - 100 - 10 000 ohms.

Ponte de Medição de Corrente Alternada

Para a medição de resistências de líquidos ou aterramento, deve-se usar corrente alternada no lugar da corrente contínua, pois caso contrário aparecerá uma decomposição química, que influirá sobre o valor da medição. Da mesma forma, numa medição de um resistor com parte reativa, a ponte deve ser alimentada com corrente alternada. A corrente é então obtida da bateria, tornada pulsante e ajustada por meio de um transformador. No lugar do galvanômetro é colocado um fone. A ponte de medição é ajustada até a posição em que o som desaparece do fone.

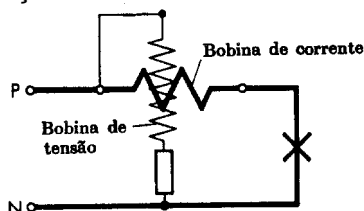
Ponte de medição de corrente contínua com campainha



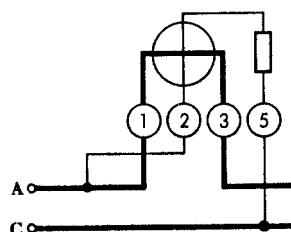
Medição de Potência

Nos instrumentos eletrodinâmicos utilizados para a medição de potência, um resistor é ligado antes da bobina de tensão, quando a corrente nesta bobina não deve atingir valores muito elevados. Neste caso, a ligação deve ser feita de tal forma que a bobina de corrente e a de tensão em uma de suas extremidades estejam ligadas ao mesmo pólo (P).

Ligação das bobinas do wattímetro



Ligação do Wattímetro

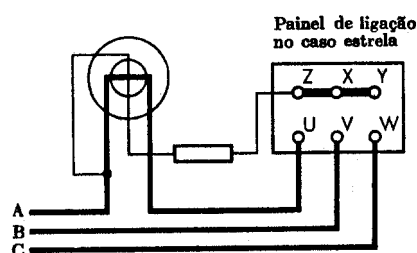


Assim, evita-se que entre as duas bobinas esteja atuando toda a tensão, o que poderia dar origem à descarga no instrumento.

Se a deflexão do ponteiro se der no sentido inverso ao desejado, então é necessário inverter a polaridade de uma das bobinas não modificaria o sentido de deflexão.

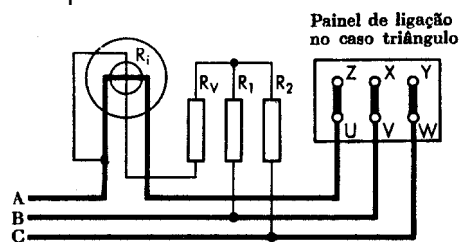
Nos casos de igual carga para a fase, a potência total é 3 vezes maior que a potência de uma fase. Por esta razão, um medidor de potência pode ser ligado a um dos condutores de fase (A). A bobina de tensão é ligada entre a fase considerada (R) e o condutor neutro ou ponto de estrela.

Ligação do wattímetro para medir a potência de fase



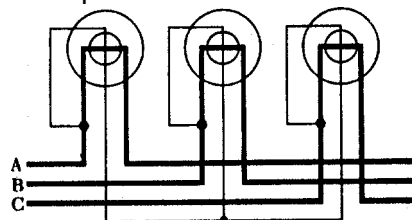
No caso de um sistema de 3 condutores, o ponto neutro é formado artificialmente por meio de 3 resistores, neste caso, o resistor de pré-ligação R_p deve ser menor que os resistores R_1 e R_2 , pelo valor da resistência interna do aparelho R_i , de modo que $R_1 = R_2 = R_p + R_i$.

Ligação da potência de fase com neutro artificial



No caso de cargas desequilibradas nas diversas fases, a medição pode ser feita por meio de 3 wattímetros.

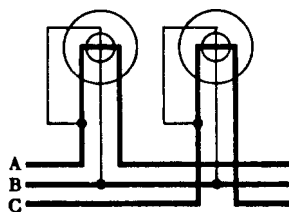
Medição da potência total com 3 wattímetros



A potência total é dada pela soma das 3 potências parciais. A bobina de corrente é ligada nas 3 fases, e os terminais das 3

bobinas de tensão são unidos entre si ou levados a um condutor neutro existente. A ligação com 3 wattímetros é pouco usada, empregando-se mais o sistema de 2 wattímetros, que permite obter o valor total, somando-se os valores medidos em ambos os instrumentos.

Medição de potência total com 2 wattímetros



As bobinas de corrente são inseridas em duas fases externas e as extremidades das duas bobinas de tensão são ligadas àquele condutor de fase, que ainda não recebeu ligação.

Medidores de Energia Elétrica

Generalidades

Para a medição do trabalho elétrico, são empregados medidores de energia elétrica cujos valores são obtidos em função da tensão, da corrente e do tempo. Dependendo do seu emprego, são encontrados diversos tipos, classificados segundo:

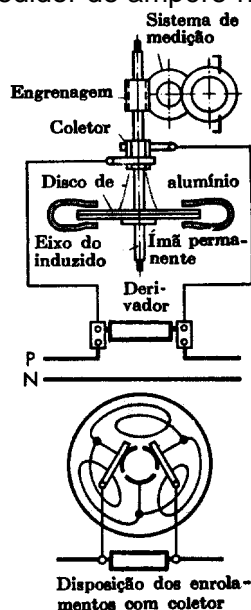
- 1. Tipo de corrente:** corrente contínua , alternada monofásica e alternada trifásica.
- 2. Tipo de medição:** medidores de ampère-horas, medidor de watt-horas.
- 3. Tipo de construção:** medidor com motor, medidor de indução, medidor eletrolítico.
- 4. Medidor de diversas tarifas:** medidor que após um determinado tempo passa a um segundo sistema de medição ou um medidor que apenas marca consumo acima de um determinado valor, medida de máxima.

Medidores de Corrente Contínua

Medidor de motor para medição dos ampères-horas.

Este medidor baseia o seu funcionamento no princípio dos motores de corrente contínua.

Medidor de ampère-horas



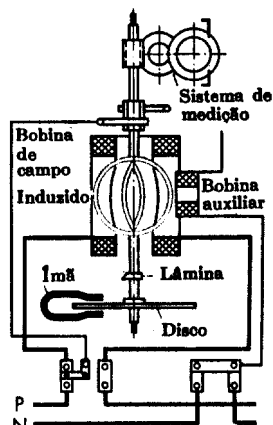
Os pólos são constituídos por um ímã ferradura. O induzido se compõe de 3 bobinas planas, que são dispostas entre dois discos de alumínio. Os terminais das bobinas são levados a um coletor de 3 lamelas.

O induzido é percorrido apenas por uma parte da corrente devido à ligação de um derivador. O conjugado do induzido é proporcional ao fluxo de corrente. O disco de alumínio sofre uma frenagem durante a sua rotação, em função da própria rotação e das correntes parasitas que se desenvolvem. Desta forma, os efeitos de rotação e de frenagem mantêm a rotação num certo equilíbrio, fazendo com que a rotação represente a grandeza da corrente do induzido. A rotação do eixo do induzido é transmitida ao mecanismo de medição por meio de uma engrenagem. Como o número de voltas do disco depende da corrente do induzido e do tempo, o número de ampère-horas pode ser lido diretamente, levando-se em consideração uma relação de transmissão adequada. Considerando-se constante a tensão de rede, este mecanismo pode ser calibrado para indicar o consumo de kWh. A construção deste medidor é simples e, por isto, relativamente barata. Os terminais devem estar com a polaridade certa, pois, caso contrário, o medidor andarà para trás.

Medidor de motor para watt-horas.

Este medidor também baseia o seu funcionamento nos motores de corrente contínua e assemelha-se na sua construção ao instrumento eletrodinâmico de medição.

Medidor de watt-horas

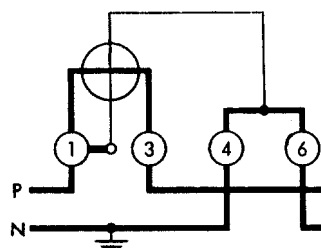


Duas bobinas de corrente fixas, pelas quais passa a corrente de carga, originam o campo magnético fixo (campo do estator). O induzido, que é uma bobina de tensão sem núcleo de ferro e formato circular, ligado à tensão da rede, recebe a alimentação da corrente por meio de escovas e um coletor de metal nobre. As forças de frenagem desenvolvem-se devido às correntes parasitas, empregando discos de alumínio e ímãs permanentes. O número de voltas depende tanto da corrente como da tensão, em virtude da montagem dinamométrica. O valor medido ao longo de um certo tempo é dado em kWh.

Para a compensação das perdas devido ao atrito, acrescenta-se uma bobina auxiliar. Esta bobina é ligada ao circuito de corrente do induzido e fica assim permanente sob tensão. É de se observar, porém, que esta bobina auxiliar poderá fazer com que o induzido gire mesmo sem carga, quando ocorre uma sobretensão ou aparecem vibrações mecânicas. Para evitar tal situação, o eixo é dotado de uma lâmina de ferro, a qual é presa pelo ímã de frenagem perto da posição deste.

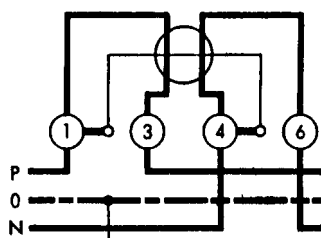
A designação dos terminais dos medidores de corrente contínua e corrente alternada é normalizada.

Designação dos terminais



A ligação de um medidor de watt-horas de dois condutores e de três condutores pode ser vista nas figuras abaixo.

Medidor de watt-horas de dois condutores



Medidor de watt-horas de três condutores

Con- dutor	Entrada de corrente	Tensão	Saída de corrente
A (P)	1	2	3
B (N)	4	5	6
C	7	8	9
N	10	11	12

Medidor eletrolítico

Este medidor baseia-se na decomposição eletrolítica de um líquido. Nesta decomposição, dá-se a liberação de hidrogênio ou metal. A quantidade que se desprende é proporcional à corrente e ao tempo, podendo, desta forma, ser usada como uma medida das ampères-horas. Tais medidores podem apenas ser usados em corrente contínua.

Medidor de Corrente Alternada

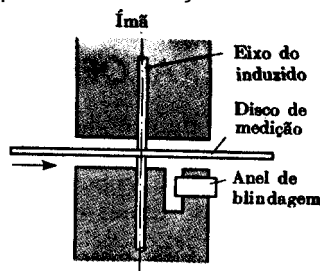
Funcionamento

Um disco de alumínio, montado de tal forma que possa girar horizontalmente, fica sob a ação de diversos campos magnéticos alternados próximos. Por meio destes campos aparecem no disco correntes parasitas. Os efeitos magnéticos destas correntes influem entre si e originam a rotação do disco.

a. Rotação do disco por blindagem

Um campo magnético pode ser blindado parcial ou totalmente, quando o pólo do ímã é dotado de um anel metálico. O mesmo efeito tem uma lâmina de ferro em presença de um campo.

Rotação do disco por meio da ação de um anel de blindagem



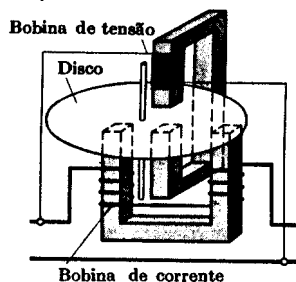
O fluxo magnético induz, assim, de um lado o anel metálico, e do outro, com seu fluxo não blindado, o disco.

Desta forma desenvolvem-se correntes de igual sentido em ambos os lados, cujos campos se atraem, dando ao disco o movimento de rotação.

b. Rotação do disco pela atuação de dois campos magnéticos

Medidores de corrente alternada são construídos de tal modo que dois campos alternados, defasados entre si, atuam sobre um disco de alumínio.

Rotação do disco por meio de dois campos magnéticos

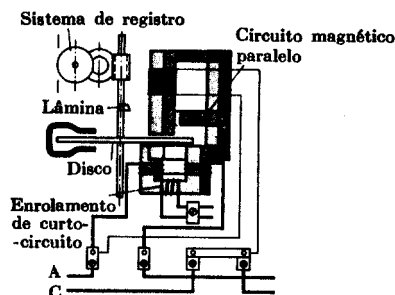


Um dos campos é criado pela bobina de tensão, o outro pela bobina de corrente. O defasamento de 90° entre ambos é devido, em grande parte, ao fato de a bobina de tensão, com elevado número de espiras, apresentar uma indutância bem superior à bobina de corrente. Além disto, a bobina de tensão é feita com um circuito magnético paralelo, de modo que apenas parte do fluxo passa pelo disco. Desta forma, aparece mais um defasamento angular. Para o ajuste exato da posição de fase, os enrolamentos de tensão e de corrente são dotados de mais um enrolamento auxiliar, que é curto-circuitado por meio de um reostato.

Construção

O mecanismo registrador é acionado por meio de uma engrenagem, que está ligada ao eixo do induzido. Um ímã permanente forma também aqui a força oposta à rotação, por meio da ação das correntes parasitas.

Medidor de corrente monofásica



Para compensar as forças de atrito, desenvolve-se um conjugado suplementar, obtido por meio de uma blindagem parcial do campo da bobina de tensão ou por meio de um pequeno parafuso de ferro, lateralmente ao campo magnético.

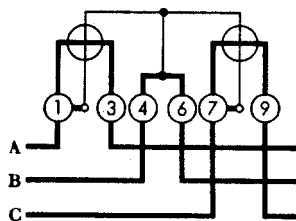
Obtêm-se assim uma distribuição irregular do campo magnético e, com isto, uma força resultante que motiva a rotação. Uma lâmina de frenagem evita a rotação sem carga, tal como no medidor com motor de corrente contínua.

Medidores Trifásicos

Para a medição do trabalho em corrente trifásica, com carga equilibrada, basta um medidor de corrente monofásica.

Este é ligado em uma das fases e o valor medido é multiplicado por três. No caso de carga desequilibrada, empregam-se dois instrumentos de medição, que estão interligados da mesma forma como os dois wattímetros.

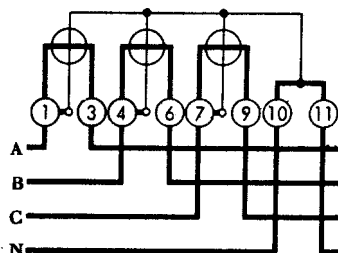
Medidor de watt-horas na ligação com dois wattímetros



Os dois discos do induzido são, neste caso, montados sobre um mesmo eixo.

No caso de um sistema de 4 condutores, ou seja, três condutores de fase e um neutro, são empregados medidores com três sistemas de medição.

Ligação de medidores num sistema de 4 condutores



Os três discos são montados sobre um eixo comum, de modo que as suas forças de rotação se somam.

Medidores Especiais

Os medidores de potência reativa: destinam-se à medição do trabalho reativo. Estes medidores se distinguem dos medidores trifásicos de potência ativa, apenas pela mudança da ligação de seus elementos internos, devendo-se atentar para que a sequência de fase seja correta (A, B, C).

Os medidores de duas tarifas: são dotados apenas de um sistema de medição, que porém, é comutado com dois sistemas registradores, por meio de um relógio de comando. Desta forma, é possível o registro de duas tarifas, por exemplo, diurna e noturna.

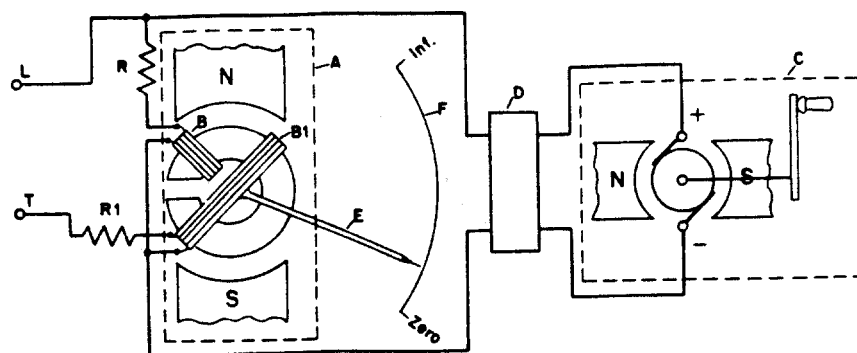
Os medidores de excesso de consumo: possuem, igualmente, dois sistemas de registro. Um deles indica o consumo total e o outro o excesso de consumo acima de um valor máximo preestabelecido. A separação de ambos os valores é feita por um motor síncrono, o qual, por meio de uma engrenagem ajustável, separa o número de rotações do medidor, que correspondem ao excesso de carga.

Os medidores de máxima: possuem, além de um dispositivo de medição do trabalho útil (kWh), um destinado a medir a potência (kW), para determinar a carga máxima que ocorre dentro de um período de leitura de 15 ou 30 minutos. Esta é a base para o cálculo do preço básico. Por meio de um sistema de contatos, podem ser ligados sistemas de alarme ou de desligamento, quando uma determinada carga máxima prefixada é ultrapassada. Também **os medidores de controle do valor máximo**, que se baseiam no princípio de funcionamento do Medidor de Excesso de Consumo, executam este serviço.

Megômetro (Megger)

O megômetro é um instrumento de medidas elétricas destinado à medição da resistência de isolamento dos dispositivos ou equipamentos elétricos (motores, transformadores, redes de eletrodutos metálicos, cabos, etc...). Essa resistência de isolamento é normalmente de valores elevados, na ordem de megohms ($M\Omega$). O valor de $1 M\Omega = 1\,000\,000\,\Omega$.

Basicamente, os megômetros são constituídos pelos seguintes componentes:

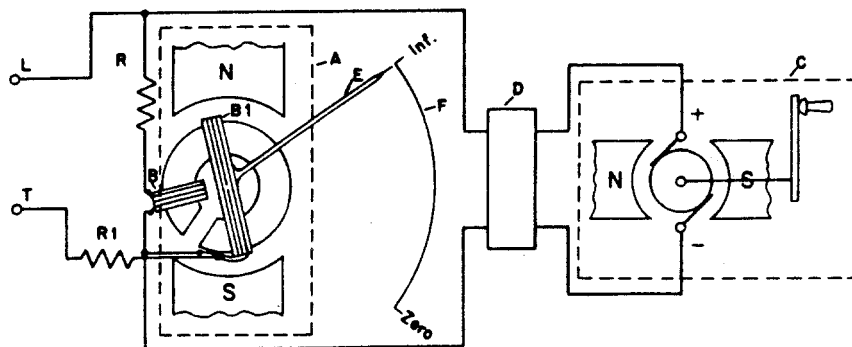


- A - Galvanômetro com bobinas cruzadas (A);
- B - Bobinas móveis cruzadas (B e B1);
- C - Gerador de CC manual de 500 ou 1000 V (C);
- D - Regulador de tensão;
- E - Ponteiro;
- F - Escala graduada;
- G - Bornes para conexões externas (L e T);
- H- Resistores de amortecimento (R e R1).

O funcionamento do megômetro é baseado no princípio eletrodinâmico com bobinas cruzadas, tendo como pólo fixo, um ímã permanente e como pólos móveis as bobinas B e B1.

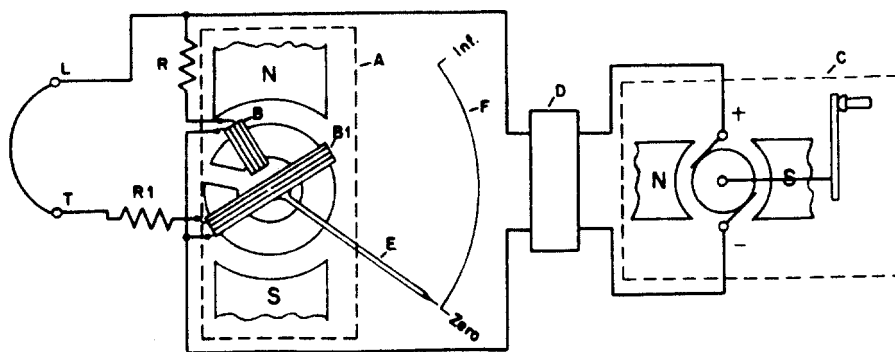
Quando a manivela do gerador de CC é girada obtêm-se uma tensão de valor variável, de acordo com a velocidade que esteja sendo imprimida à manivela. Essa tensão é enviada ao regulador de tensão que a estabiliza em 500 ou 1000 V, sendo enviada aos bornes L e T.

Se os bornes L e T estiverem abertos, haverá circulação de corrente somente pela bobina B, que recebe tensão através do resistor de amortecimento R.



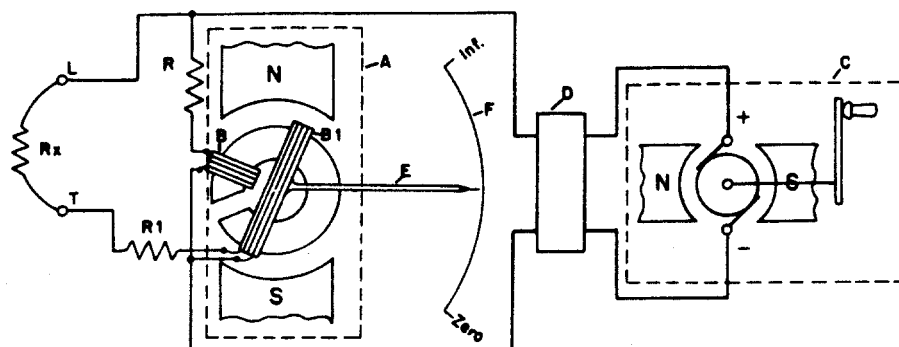
O campo magnético criado por essa bobina B um deslocamento do conjunto de bobinas móveis, levando o ponteiro para o ponto *infinito* da escala graduada.

Se os bornes L e T estiverem fechados em curto circuito haverá circulação de corrente também pela bobina B1, que receberá tensão através do resistor de amortecimento R1.



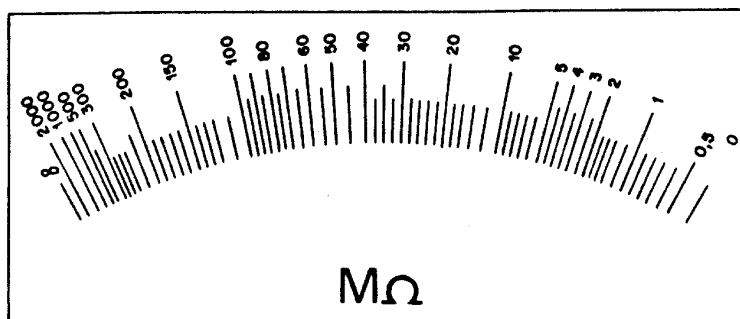
O campo magnético criado pela bobina B1 será forte e oposto ao criado pela bobina B, o que fará com que o conjunto de bobinas móveis se desloque para outro lado, levando o ponteiro para o ponto *zero* da escala graduada.

Se os bornes L e T forem fechados através de um resistor R_x de valor elevado, a corrente que fluirá pela bobina B1 terá uma intensidade menor, ocasionada pela queda de tensão no resistor R_x .



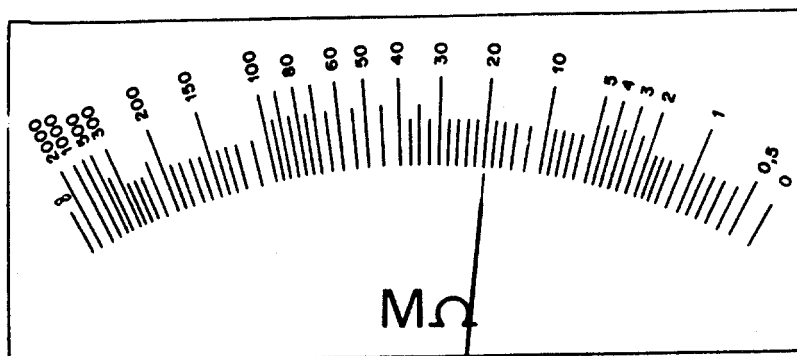
O campo magnético criado pela bobina B1 terá uma intensidade menor, porém ainda em oposição ao campo criado pela bobina B. Nessa situação o conjunto móvel se deslocará levando o ponteiro para um ponto intermediário da escala graduada. Esse ponto intermediário é o valor da resistência ôhmica do resistor R_x .

A escala do megôhmetro é graduada em megohms e a sua graduação não é homogênea.

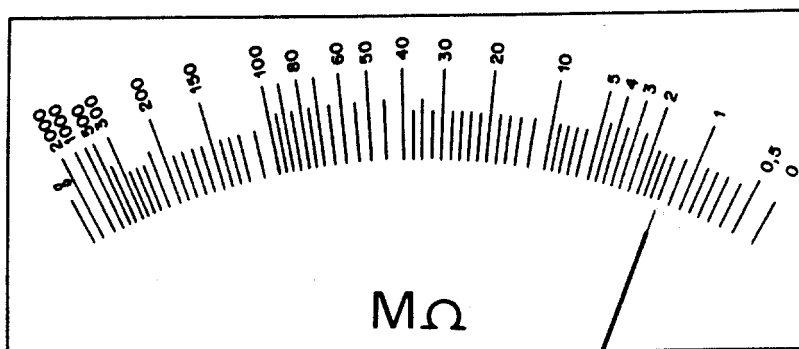


ESCALA ($M\Omega$)			GRADUAÇÃO ($M\Omega$)		
0,5	a	1	0,1	em	0,1
1	a	2	0,2	em	0,2
2	a	5	0,5	em	0,5
5	a	10	1	em	1
10	a	30	2	em	2
30	a	40	2,5	em	2,5
40	a	100	5	em	5
100	a	200	10	em	10
200	a	300	20	em	20
300	a	500	100	em	100
500	a	1000	250	em	250
1000	a	2000	1000	em	1000

A leitura da escala graduada do megômetro é direta, ou seja, basta localizar a posição do ponteiro sobre a escala graduada e fazer a leitura.

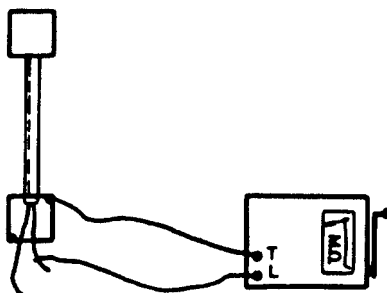


- O ponteiro está localizado sobre o número 20. Portanto, $R_i = 20 \text{ M}\Omega$.



- O ponteiro está localizado sobre o número 1,4. Portanto, $R_i = 1,4 \text{ M}\Omega$.

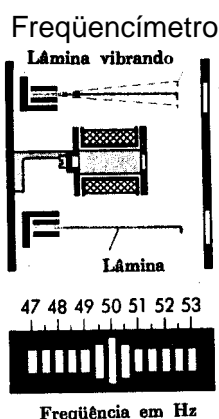
Medição da resistência de isolamento entre a fiação e a tubulação metálica (massa) da instalação elétrica.



O borne T é conectado à tubulação metálica (massa) da instalação elétrica, e o borne L é conectado à fiação da instalação.

O Freqüencímetro

Para as medições em baixa freqüência, é geralmente usado o freqüencímetro de lâminas.

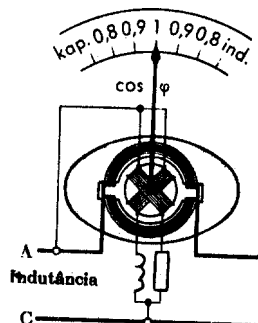


O instrumento baseia o seu funcionamento nos efeitos de ressonância. Uma determinada quantidade de Lâminas metálicas (línguas) de diferentes freqüências, próprias de ressonância, é levada a vibrar, pela ação dos impulsos magnéticos provenientes de um eletroímã alimentado com freqüência nominal da rede. Com isto, uma das lâminas vibrará com maior intensidade, e exatamente aquela cuja freqüência própria é a mesma cômoda freqüência aplicada. Lâminas adjacentes também vibrarão, porém com menor intensidade.

Medidor de Fator de Potência

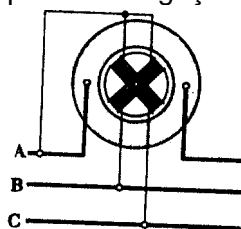
O fator de potência pode ser determinado por cálculo baseado na tensão, corrente e potência útil, ou senão diretamente por meio de um medidor de fator de potência. A construção deste instrumento corresponde ao de um instrumento eletrodinâmico blindado em invólucro de ferro, com bobinas cruzadas móveis. Os pólos do núcleo de ferro, que é fixo, são estabelecidos por meio de uma bobina de corrente. Ambas as bobinas do sistema móvel de bobinas cruzadas são ligadas à tensão e apresentam um comportamento em oposição. Aplicando-se corrente alternada monofásica, uma das duas bobinas cruzadas, ligadas em paralelo, irá comandar uma indutância, enquanto a outra comandará um resistor puro.

Medidor de fator de potência. Ligação em corrente alternada monofásica



No caso de corrente trifásica, ambas as bobinas cruzadas estão ligadas a duas tensões, defasadas entre si, da rede trifásica.

Medidor de fator de potência. Ligação em corrente trifásica

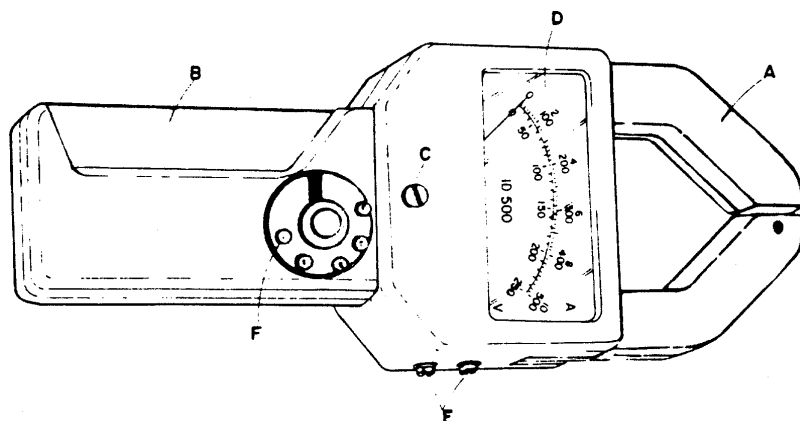


Em ambos os casos analisados, apresentam-se conjugados opostos nas bobinas cruzadas, devido ao defasamento, em relação à bobina de corrente. O conjugado que atua sobre a deflexão do ponteiro é determinado pela bobina, cuja tensão apresenta um maior deslocamento de fase em relação à corrente da bobina de corrente. O ponto zero do instrumento, tal como em todos os instrumentos de bobina cruzada, é dado apenas após a ligação da tensão. estes instrumentos tem amortecimento por correntes parasitas.

Volt-Amperímetro Tipo Alicate

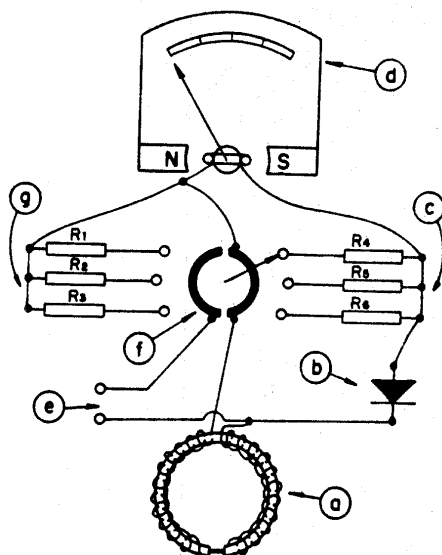
O amperímetro comum é acoplado ao circuito, quando empregado para medir a corrente elétrica em CA. Podemos efetuar essa mesma medida com um volt-amperímetro tipo alicate, sem a necessidade de acoplamento com o circuito, pois esse instrumento é constituído pelo secundário de um transformador de corrente, para captar a corrente do circuito.

O volt-amperímetro tipo alicate apresenta os seguintes componentes básicos externos:



- A - Gancho (secundário de um TC);
- B - Gatilho (para abrir o gancho);
- C - Parafuso de ajuste (para zerar o ponteiro);
- D - Visor da escala graduada;
- E - Terminais (para medição de tensão);
- F - Botão seletor de escala.

O volt-amperímetro tipo alicate apresenta os seguintes componentes básicos internos:

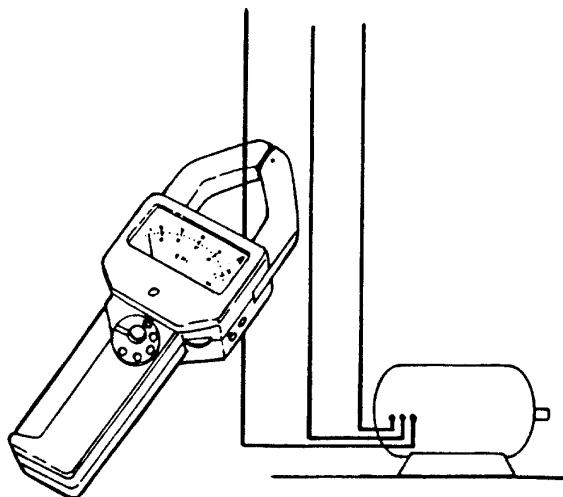


- a - Gancho (bobinado secundário de um TC);
- b - Retificador;
- c - Resistor *shunt* para medições amperimétricas;
- d - Galvanômetro;
- e - Terminais;
- f - Seletor de escala;
- g - Resistores de amortecimento para medições voltimétricas.

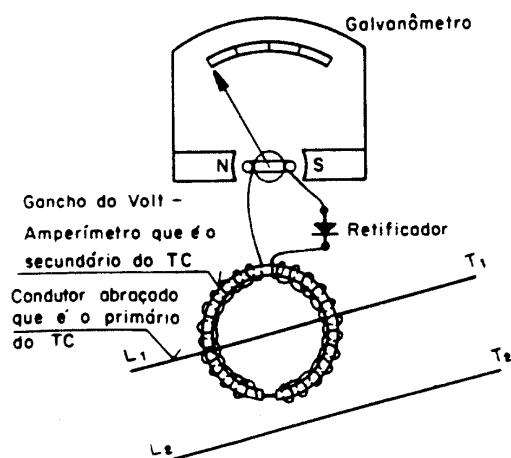
O princípio de funcionamento do volt-amperímetro tipo alicate é do tipo bobina móvel com retificador e é utilizado tanto para medições de tensão como de corrente elétrica.

Observação: Quando o volt-amperímetro tipo alicate é utilizado na medição de tensão elétrica, funciona exatamente como o multíteste.

Na medição da corrente o gancho do instrumento deve *abraçar* um dos condutores do circuito em que se deseja fazer a medição (seja o circuito trifásico ou monofásico).

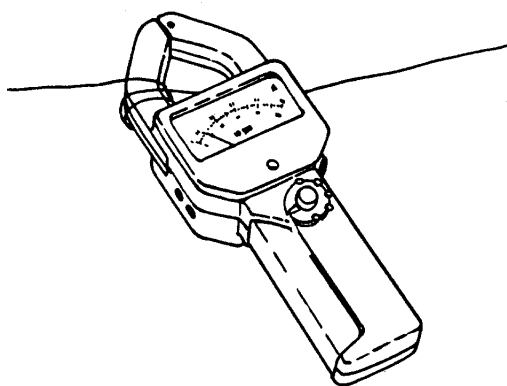


O condutor *abraçado* deve ficar o mais centralizado possível dentro do gancho.



O condutor *abraçado* funciona como o primário do TC e induz uma corrente no secundário (o próprio gancho). Essa corrente secundária é retificada e enviada ao galvanômetro do instrumento, cujo o ponteiro indicará, na escala graduada, o valor da corrente no condutor.

Os volt-amperímetros tipo alicate não apresentam uma boa precisão no início de sua escala graduada, mesmo assim podem ser empregados nas medições de correntes com baixos valores (menores que 1A). Nesse caso, deve-se passar o condutor duas ou mais vezes pelo gancho do instrumento.



Para sabermos o resultado da medição basta dividirmos o valor lido pelo número de vezes que o condutor estiver passando pelo gancho.

Suponha que o instrumento da figura acima esteja indicando uma corrente de 3A.

A corrente real que circula no condutor será:

$$I = \frac{3}{3} \Rightarrow \frac{\text{valor indicado pelo instrumento}}{\text{numero de voltas do condutor no gancho}} \Rightarrow I = 1A$$

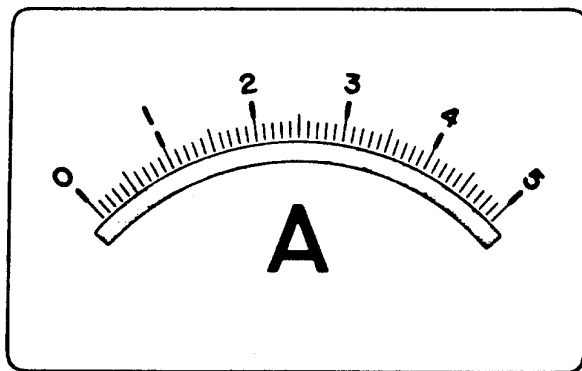
Precisão dos Instrumentos de Medidas Elétricas

Para que a medição de uma grandeza elétrica seja correta, dois fatores devem ser observados:

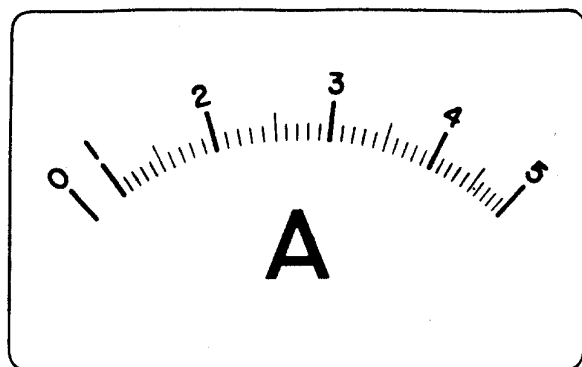
- A escolha correta dos instrumentos;
- Precisão de leitura.

Cada tipo de instrumento apresenta variações na precisão de sua escala, ou seja, a precisão da escala varia, de acordo com o princípio de funcionamento do mesmo.

Numas escalas, as divisões são *homogêneas*, isto é, suas divisões são uniformes, mantendo do início ao fim da graduação a mesma distância entre uma divisão e outra.

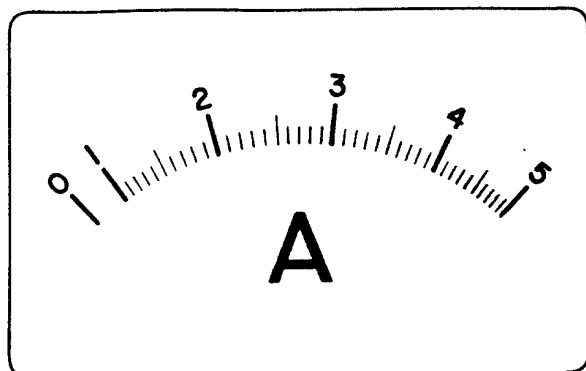


Em outras escalas, essas divisões são *heterogêneas*, suas divisões são mais concentradas no início e mais afastadas no centro.



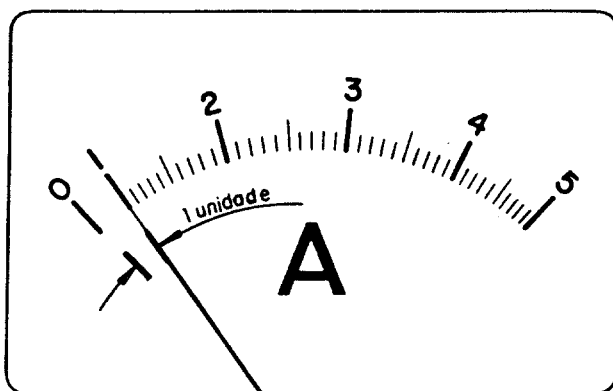
Precisão em Instrumentos do Tipo Ferro Móvel

A escala graduada dos instrumentos de medida do tipo ferro móvel é heterogênea.



A distância entre o número zero e o número 1 é menor que a distância entre o número 1 e o número 2. Essa variação ocorre porque o deslocamento do ponteiro, nesse tipo de instrumento, não é linearmente proporcional ao aumento da corrente em sua bobina.

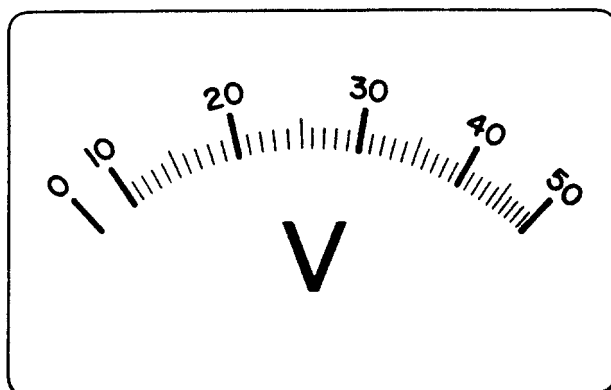
Com a passagem de 1 A na bobina do instrumento, o ponteiro deflexiona 1 unidade na escala graduada.



Com a passagem de 2 A na bobina do instrumento, o ponteiro deflexiona 4 unidades na escala graduada. Note que o deslocamento do ponteiro nesse tipo de instrumento é *proporcional ao quadrado da corrente* na sua bobina.

Devido a essa característica, esse instrumento é utilizado apenas para medições de grandezas elétricas que não requerem grande precisão e cujos valores se situem em pontos intermediários da escala graduada.

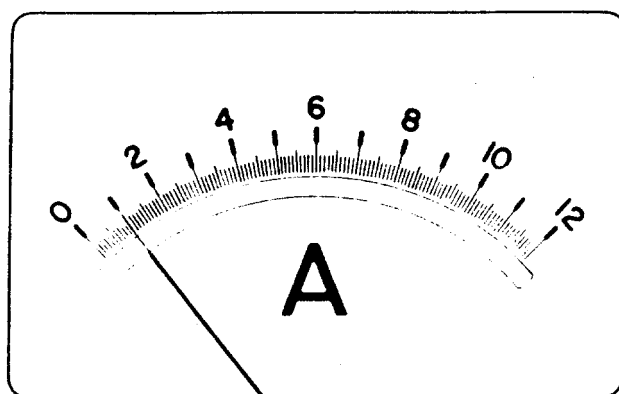
O instrumento de medição tipo ferro móvel abaixo com escala graduada de 0 a 50 V, tem uma precisão aceitável de medida somente nos pontos localizados entre 10 e 40 V.



Precisão nos instrumentos do tipo bobina móvel

A escala graduada dos instrumentos de medida do tipo bobina móvel é homogênea. A distância existente entre o número zero e o número 2 é igual à que existe entre o número 2 e o número 4. Essa homogeneidade ocorre porque o deslocamento do ponteiro nesse tipo de instrumento é linearmente proporcional ao aumento da corrente na sua bobina.

Com a passagem de 1 A na bobina do instrumento, o ponteiro deflexiona 1 unidade na escala graduada.

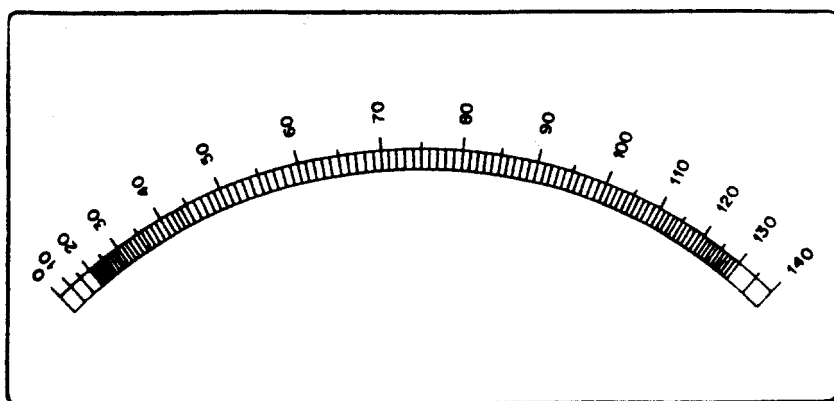


Esse tipo de instrumento é bastante sensível às variações de corrente na sua bobina, isto é, qualquer alteração no valor dessa corrente será prontamente registrada pelo ponteiro. Esse instrumento tem boa precisão em toda a sua escala graduada. Por isso, esse instrumento é bastante usado na medição de grandezas elétricas que requerem precisão (grandezas medidas em laboratórios).

Precisão nos instrumentos dos tipo eletrodinâmico

A escala graduada dos instrumentos de medida do tipo eletrodinâmico é heterogênea.

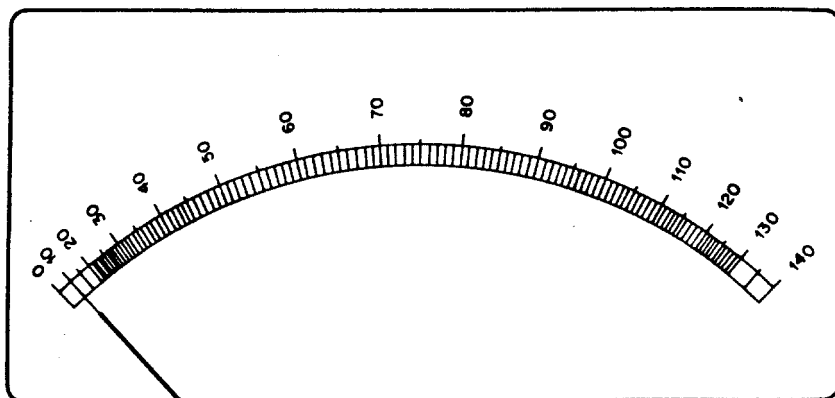
A graduação é mais concentrada no início, pois a distância entre o número zero e o número 20 é menor que a distância entre o número 20 e o número 40.



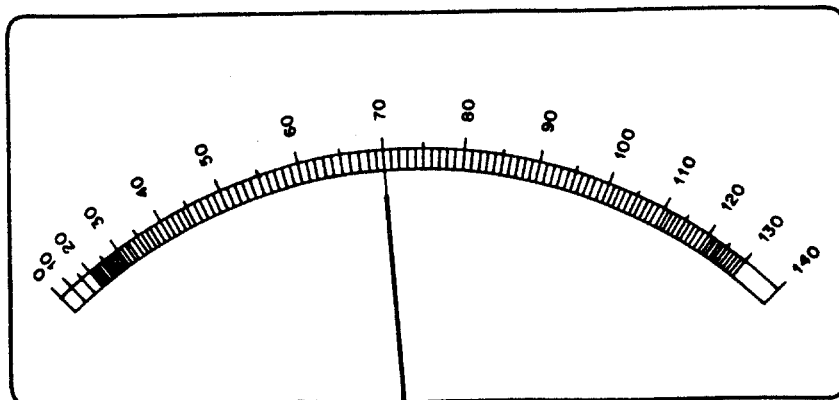
Note que as distâncias vão aumentando até o centro da escala, decrescendo a seguir e voltando a concentrar-se no final. Essa variação é devido a este tipo de instrumento ter duas bobinas cruzadas, responsáveis pela variação do ponteiro (uma fixa A e outra móvel B que se repelem mutuamente com a passagem da corrente).

A repulsão, no início da passagem da corrente, é mais fraca, aumentando de intensidade até que bobina móvel B atinja o centro do fluxo magnético da bobina fixa A. A partir desse ponto a repulsão volta a enfraquecer.

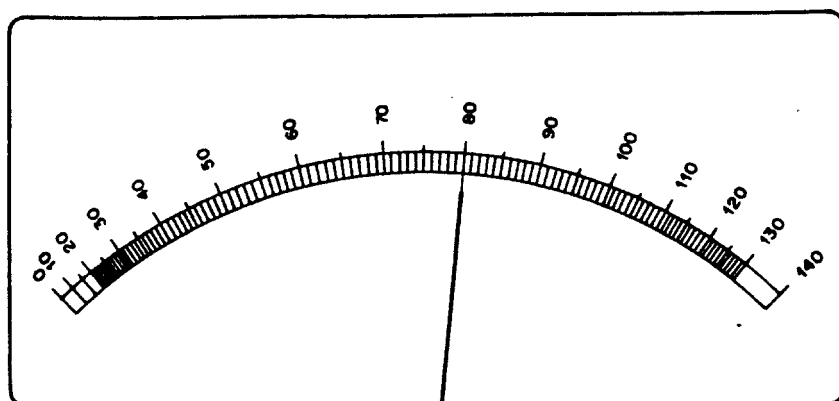
Com a passagem dos primeiros 10 A o ponteiro deflexionará 2 mm.



Com a passagem de 60 para 70 A o ponteiro deflexionará 10mm.



Com a passagem de 70 para 80 A o ponteiro deflexionará 11mm.



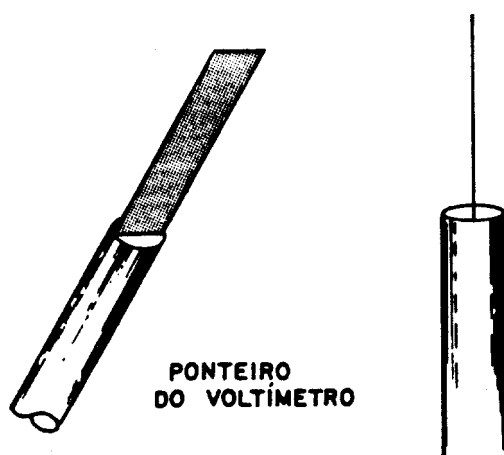
Esse tipo de instrumento apresenta precisão aceitável, nas medições de valores situados nos pontos intermediários de sua escala graduada, e é empregado com maior freqüência nos medidores de potência elétrica, como os wattímetros.

Erro por efeito paralaxe

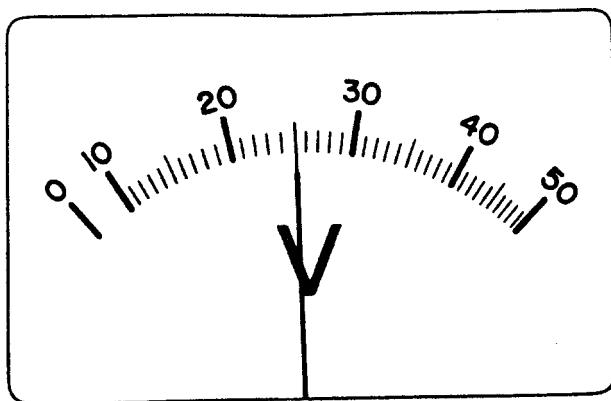
É o erro de leitura que ocorre quando qualquer instrumento de medida analógico é lido de ângulo desfavorável.

Para tentar evitar esse tipo de erro alguns instrumentos contem dispositivo que facilita a leitura de sua escala graduada.

Os instrumentos de serviço tem o ponteiro no formato de lâmina bem fina.

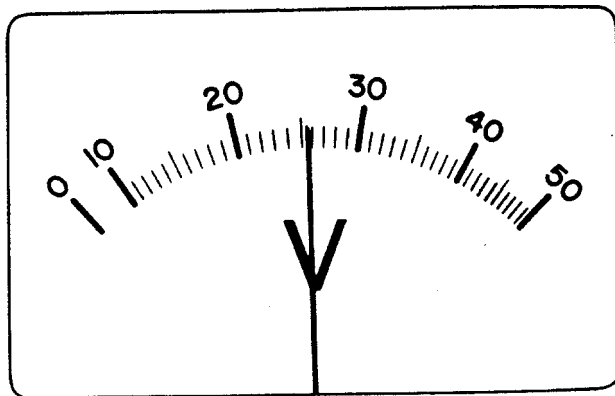


Para fazer a leitura de sua escala, devemos ficar de frente ao instrumento , de tal forma que possamos ver somente o fino perfil do ponteiro.



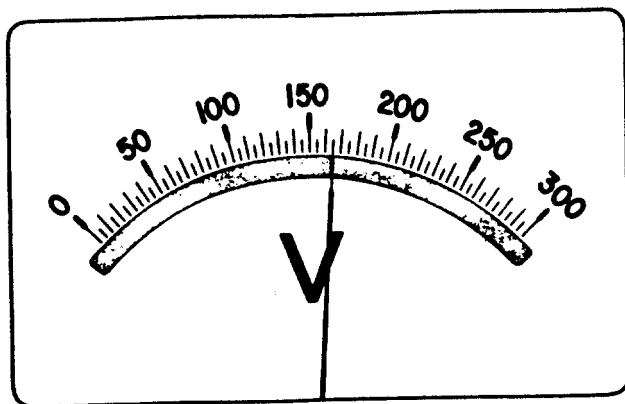
Estando bem posicionado não lhe será possível visualizar as faces do ponteiro, mas somente o seu perfil.

Na posição abaixo o leitor está visualizando as faces do ponteiro. Isso provavelmente causará um erro de leitura, por *efeito paralaxe*.



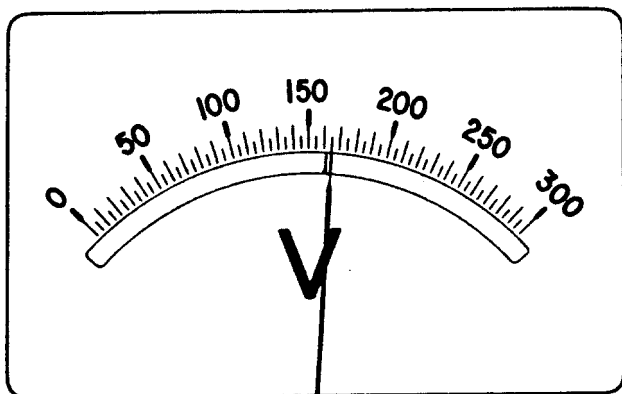
Os instrumentos de precisão (usados em laboratório) também apresentam os ponteiros em forma de lâmina, bem fina.

Diferem dos instrumentos de serviço por possuírem um espelho, logo abaixo da escala graduada.



Para leitura da escala graduada desse tipo de instrumento devemos ficar em posição frontal ao aparelho, de tal forma que possamos ver o ponteiro refletindo no espelho.

Na posição abaixo, o leitor está fazendo a leitura do instrumento de um ângulo desfavorável. Ele está vendo a sombra do ponteiro refletida no espelho. A leitura efetuada estará errada, por efeito paralaxe.

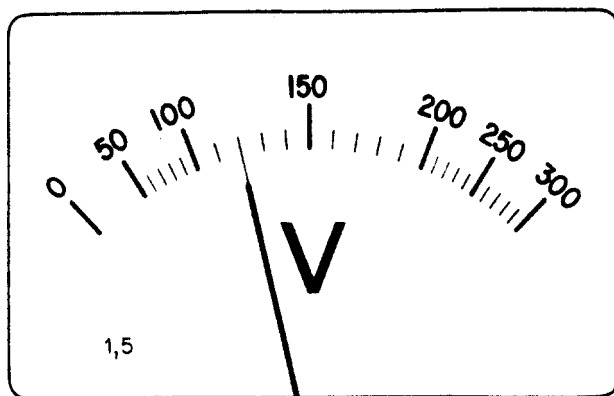


Classe de Precisão dos Instrumentos

É a margem de erro percentual que se pode obter na medição de uma determinada grandeza, por meio de um instrumento de medidas elétricas.

Os instrumentos de precisão para laboratório tem classe de precisão de 0, 1; 0,2 ou 0,5. Os instrumentos de serviço para fins normais tem, classe de precisão 1,0; 1,5; 2,5 ou 5,0.

Consideremos a medição de tensão indicada em 120V por um voltímetro de serviço da classe precisão 1,5 e cuja escala graduada seja de 0 a 300 V.

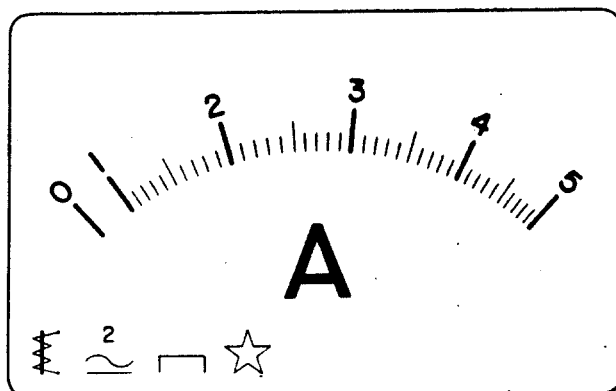


Matematicamente temos: $\frac{300 \times 1,5}{100} = \frac{450}{100} = 4,5$.

Esse resultado indica que os 120 V lidos no instrumentos são na realidade $120 \pm 4,5$ V, ou seja, pode variar de 115,5 a 124,5 V.

Simbologia dos Instrumentos de Medidas Elétricas

Para ter segurança no uso dos instrumentos de medidas elétricas você deverá escolher aquele que tem as características necessárias à medição a ser feita.



Para tanto, observe que os instrumentos se distinguem por símbolos gravados em seus visores.

Classe de precisão: A precisão do instrumento é indicada pelo seu erro em porcentagem do seu valor, no fim da escala.

Classe	Instrumentos de alta precisão			Instrumentos para fins normais			
	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0
Erro em porcentagem do valor, no final da escala	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 5,0$

Exemplo: Qual é o erro de um amperímetro para 60 A da classe 1,5, quando o instrumento indica 40 A?

Erro de medição $\pm 1,5\%$ de 60 A = $0,015 \times 60 = \pm 0,9$ A

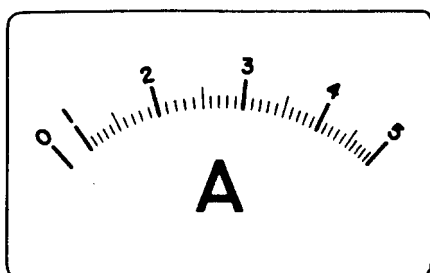
O valor real está entre 39,1 e 40,9 A.

Tipo de corrente: corrente contínua — corrente alternada ~ corrente contínua e alternada ≈

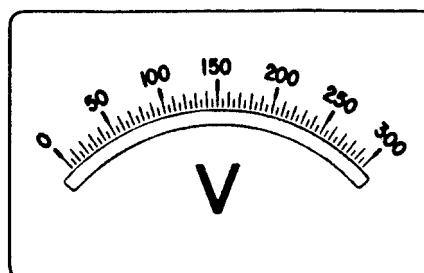
Tensão de ensaio: ☆ Estrela sem número = 500 V ☆ 2 Número na estrela indica a tensão de ensaio em kV

Posição de instalação: ⊥ Vertical □ Horizontal /60° Inclinado de 60°

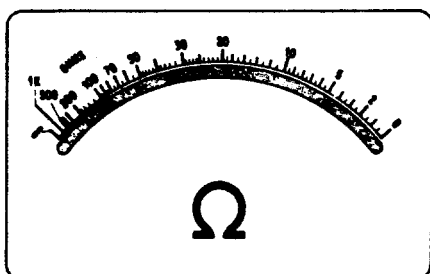
Simbologia quanto às unidades de medidas



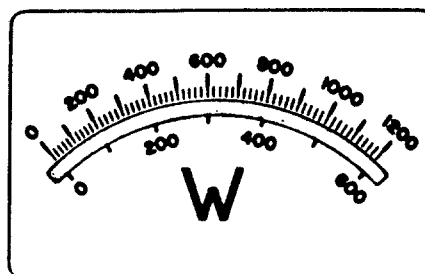
A = Ampères
Amperímetro



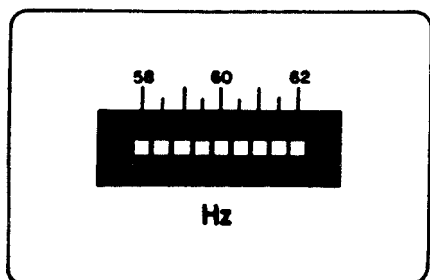
V = Volts
Voltímetro



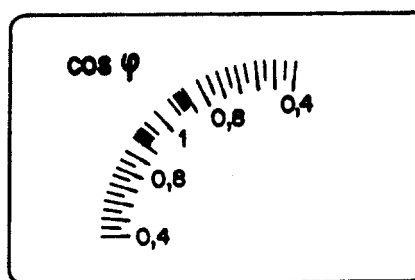
Ω = Ohm
Ohmímetro



W = Watts
Wattímetro



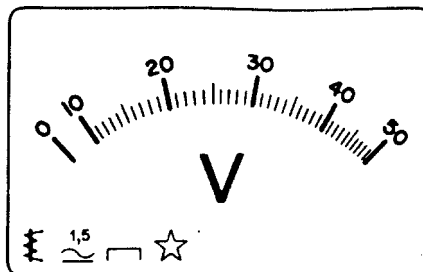
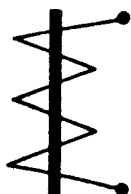
f ou Hz = frequência
Frequencímetro



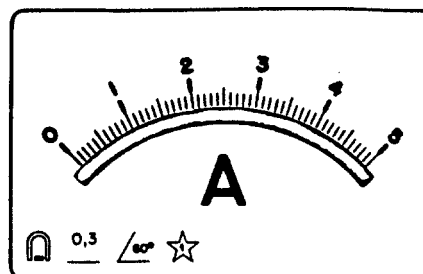
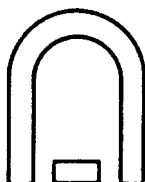
cos φ ou φ = fator de potência
Fasímetro

Simbologia quanto ao princípio de funcionamento

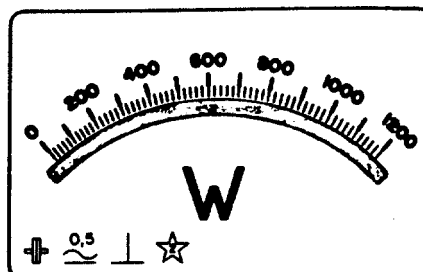
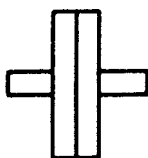
Sistema Ferro Móvel



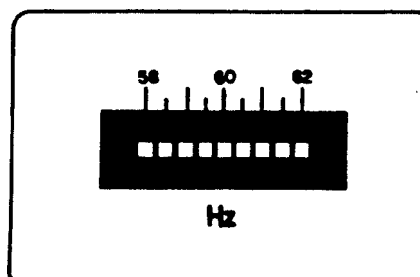
Sistema Bobina Móvel



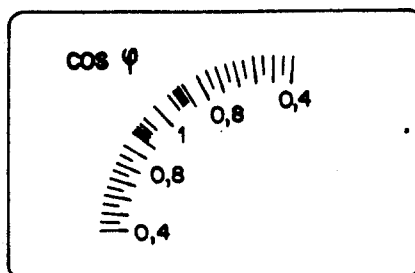
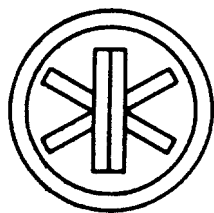
Sistema Eletrodinâmico



Sistema Ressonante



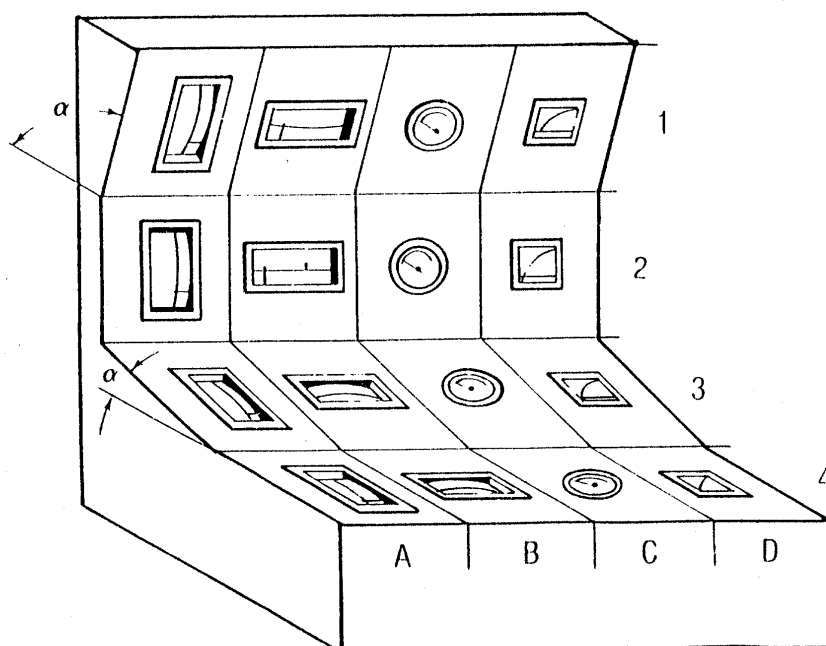
Sistema Eletrodinâmico com bobinas cruzadas



Simbologia quanto à posição de funcionamento

Os instrumentos de medidas elétricas são construídos para funcionar em três posições:

Vertical, horizontal e inclinada



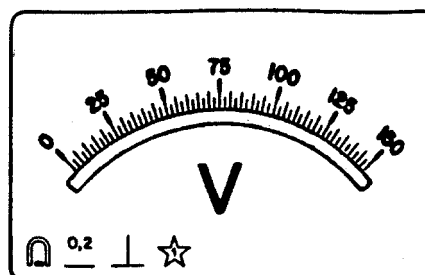
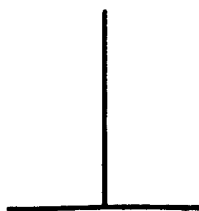
Pos.	Símbolo	Ângulo de Montagem
1		$\alpha > 90^\circ$
2		$\alpha = 90^\circ$
3		$\alpha < 90^\circ$
4		$\alpha = 0^\circ$

Normais: 2A, 2B, 2C e 2D.

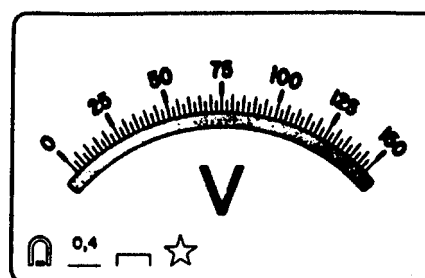
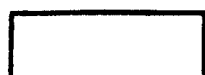
Nas outras posições, mencionar o ângulo de inclinação (α).

Há instrumentos que não trazem o símbolo característico da posição de funcionamento. Eles podem funcionar em qualquer posição.

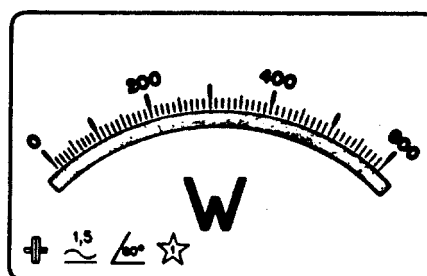
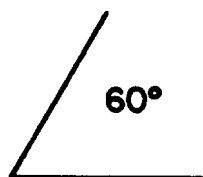
Posição Vertical



Posição Horizontal



Posição Inclinada



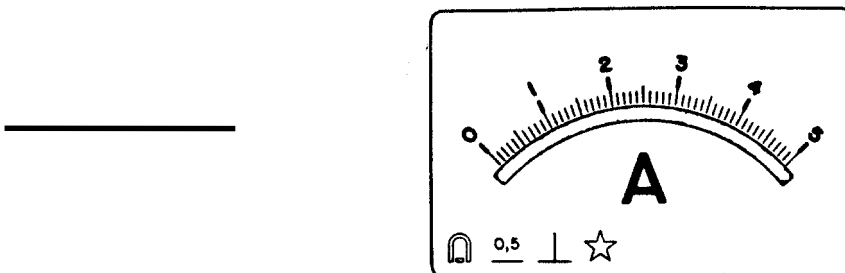
Note que na posição inclinada o símbolo assinala também os graus da inclinação além dos símbolos normalizados, você poderá encontrar outras formas de representar a posição do instrumento:

Posição Horizontal ⇒

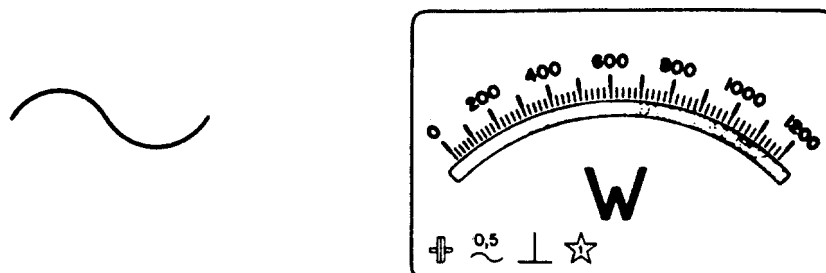
Posição Vertical ⇒

Simbologia quanto ao tipo de corrente

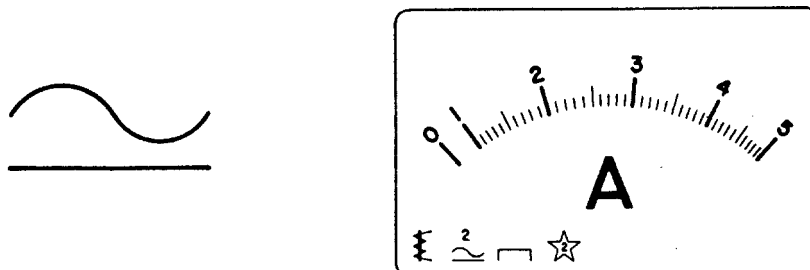
Somente Corrente Contínua



Somente Corrente Alternada

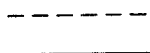


Ambas as Correntes - Contínua e Alternada



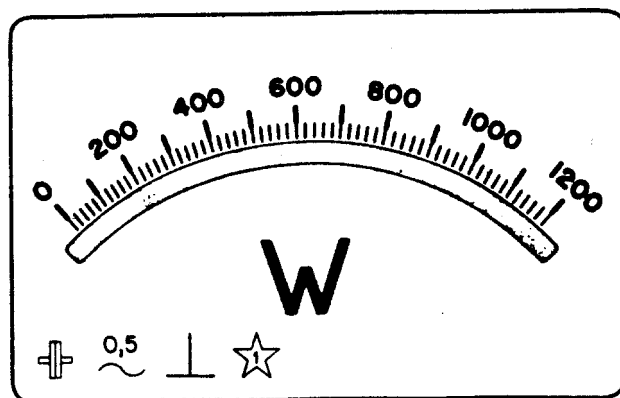
Além dos símbolos normalizados, você poderá encontrar outras formas de representar o tipo de corrente.

Instrumento que mede ambas as correntes ⇒

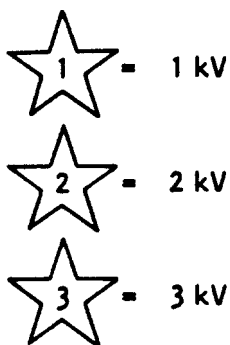


Simbologia quanto à tensão de isolação

Tensão de isolação ou tensão de prova. É o valor máximo de tensão que um instrumento pode receber entre sua parte interna (de material condutor) e sua parte externa (de material isolante). Esse valor é simbolicamente representado nos instrumentos pelos números 1, 2 ou 3, contidos no interior de uma estrela.



Note que os números significam os valores de tensão de isolação em KV.



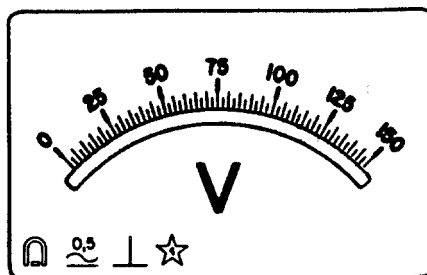
Observação: A existência da estrela sem número em seu interior indica que o valor da tensão de isolação é de 500 V.

Usar instrumentos de medidas elétricas que apresentam tensão de isolação inferior à tensão da rede a ser medida pode causar danos aos instrumentos e risco do operador tomar choque elétrico. O instrumento pode ser utilizado, sempre que sua tensão de isolação for maior que a tensão da rede.

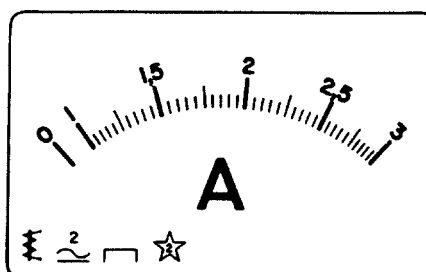
Simbologia quanto à classe de precisão

A classe de precisão dos instrumentos é representada por números. Esses números também são impressos no visor dos instrumentos.

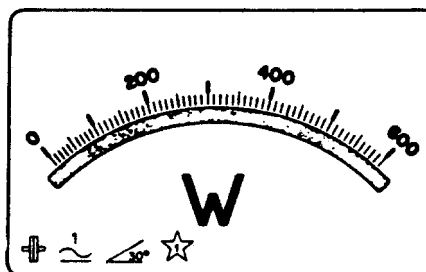
0,5



2

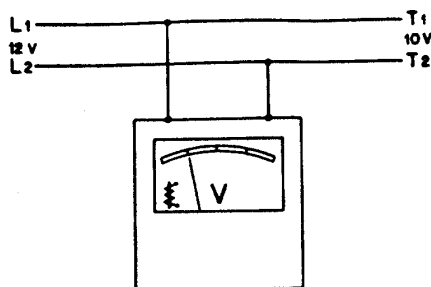
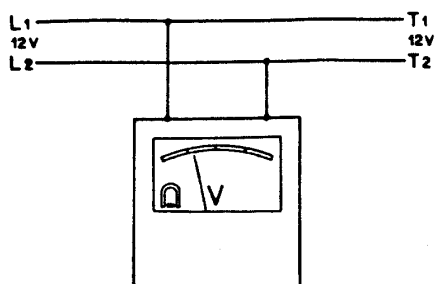


1



Sensibilidade dos Instrumentos de Medidas Elétricas

Nas figuras abaixo ambos os voltímetros recebem o mesmo valor de tensão (12V). Porém, um dos instrumentos indica 12 V e outro 10 V.



Essa diferença ocorre porque cada um desses instrumentos apresenta grau de sensibilidade diferente.

A sensibilidade dos instrumentos de medidas elétricas é determinado pela capacidade dos instrumentos em medir grandezas elétricas, sem acrescentar carga extra ao circuito.

O instrumento é considerado de boa sensibilidade quando, ao ser inserido no circuito, não alterar significativamente as características do circuito.

Sensibilidade dos Voltímetros

A sensibilidade dos voltímetros é caracterizado pela relação Ohms/Volts. Essa relação é calculada tomando-se por base a corrente necessária para levar o ponteiro do instrumento ao final da escala graduada.

Exemplo 1:

Seja um voltímetro do tipo ferro móvel que necessite de 1 μA para que seu ponteiro atinja o final de sua escala graduada.

$$\text{Relação ohms/volts} \Rightarrow \Omega / V = \frac{E}{I} = \frac{1}{0,001} \Rightarrow \Omega / V = 1000 .$$

O número 1000 representa a sensibilidade desse voltímetro, onde cada volt introduzido encontra uma resistência ôhmica de 1000 Ω .

Exemplo 2:

Seja um voltímetro do tipo bobina móvel que necessite de 0,05 μA para que seu ponteiro atinja o final de sua escala graduada.

$$\text{Relação ohms/volts} \Rightarrow \Omega / V = \frac{E}{I} = \frac{1}{0,00005} \Rightarrow \Omega / V = 20000 .$$

O número 20000 representa a sensibilidade desse voltímetro, onde cada volt introduzido encontra uma resistência ôhmica de 20000 Ω .

O voltímetro que acrescenta menor carga ao ser inserido no circuito é o do exemplo 2. É o que exige menor corrente para funcionar. Em outras palavras, o que tem maior valor de resistência ôhmica por volt (Ω/V).

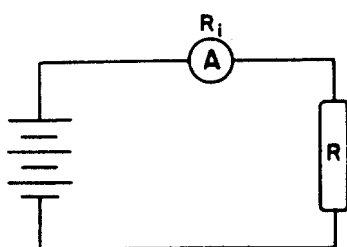
Em geral os voltímetros tipo bobina móvel oferecem melhor sensibilidade em relação aos outros tipos.

Sensibilidade dos amperímetros

Os amperímetros têm a sensibilidade caracterizada pelo valor de sua resistência ôhmica interna.

Quanto menor for o valor da resistência ôhmica interna, mais sensível será o instrumento.

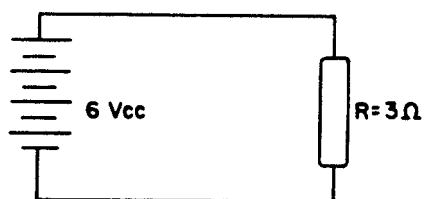
O amperímetro é ligado em série com a carga. Logo, o valor da sua resistência ôhmica interna se soma ao valor da resistência ôhmica da carga.



Por essa razão, ao fazermos a medição da intensidade da corrente de um circuito, devemos utilizar um amperímetro que tenha resistência ôhmica interna (R_i) no mínimo 100 vezes menor que a resistência de carga (R). Tomamos essa providência porque ela faz com que o resultado da medida se aproxime ao máximo da realidade.

Exemplo 1:

Observe o circuito abaixo:



Ele é alimentado por uma fonte de 6 VCC e é formado por uma carga com resistência de 3 Ω .

$$I = \frac{E}{R} = \frac{6}{3} \Rightarrow I = 2A$$

Vamos supor que na medição dessa corrente o amperímetro tenha indicado o valor de 1,5 A em vez dos 2 A calculados.

A indicação de amperagem menor ocorreu porque o amperímetro utilizado não estava adequado. Ao ser inserido no circuito o

amperímetro, com sua resistência ôhmica interna de $1\ \Omega$, contribuiu para o aumento da resistência ôhmica do circuito, elevando-a de 3 para $4\ \Omega$.

$$R_e = R + R_i = 3 + 1 \Rightarrow R_e = 4\ \Omega.$$

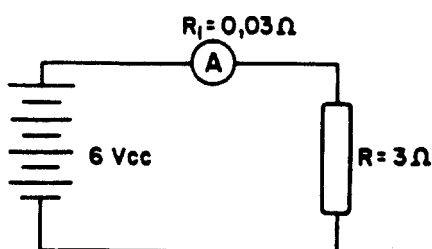
Esse aumento de resistência ôhmica do circuito fez com que o valor da corrente diminuísse:

$$I = \frac{E}{R_e} = \frac{6}{4} \Rightarrow I = 1,5\ A$$

Houve um erro de $0,5\ A$ devido ao uso de um amperímetro inadequado para a situação.

Exemplo 2:

Observe o circuito abaixo:



Usemos agora um amperímetro de resistência ôhmica interna de $0,03\ \Omega$ (100 vezes menor que o valor da resistência ôhmica da carga = $3\ \Omega$).

$$R_e = R + R_i = 3 + 0,03 \Rightarrow R_e = 3,03\ \Omega.$$

O novo valor de corrente será :

$$I = \frac{E}{R_e} = \frac{6}{3,03} \Rightarrow I = 1,98\ A$$

O novo valor de corrente ($1,98\ A$) está bem próximo do valor calculado ($2A$). Portanto, o amperímetro do exemplo 2 é mais apropriado para a leitura da corrente do circuito do que o amperímetro do exemplo 1.

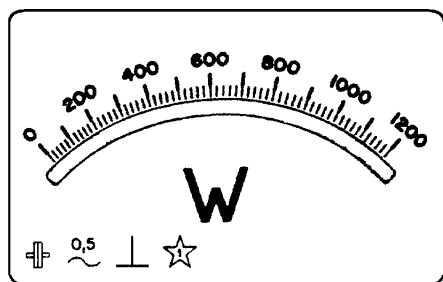
Exercícios:

1. O símbolo abaixo, segundo a ABNT, representa o instrumento constituído de:



- a) () eletroímã e bobina fixa;
- b) () ímã permanente e bobina fixa;
- c) () ímã permanente e bobina móvel;
- d) () eletroímã e bobina móvel.

A figura abaixo refere-se às questões 2 a 5



2. A tensão de ensaio na frequência industrial é de:
- a) () 2 KV;
 - b) () 500 V;
 - c) () 0,5 KV;
 - d) () 1 KV;
 - e) () instrumento não sujeito a ensaio de tensão.
3. O princípio de funcionamento do instrumento é de:
- a) () bobina móvel;
 - b) () ferro móvel;
 - c) () eletrodinâmico;
 - d) () bimetálico;
 - e) () bobina cruzada.

4. O tipo de corrente medida pelo instrumento é:

- a) () corrente contínua;
- b) () corrente alternada;
- c) () corrente contínua e alternada;
- d) () corrente alternada trifásica equilibrada;
- e) () corrente contínua estabilizada.

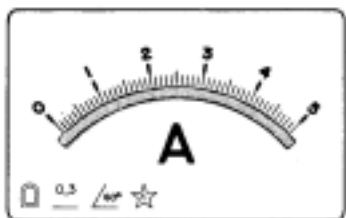
5. Considerando que este wattímetro indique 800 W, o valor real da potência pode variar entre:

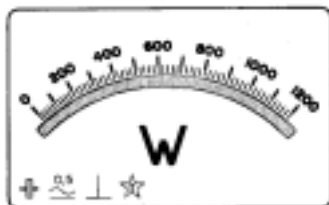
- a) () 799,5 e 800,5 W;
- b) () 760 e 840 W;
- c) () 796 e 804 W;
- d) () 720 e 880 W;
- e) () 794 e 806 W.

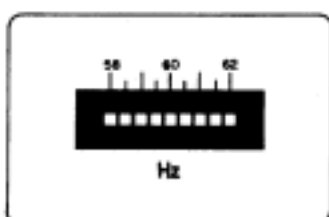
6. Para cada um dos instrumentos abaixo escreva:

- Princípio de funcionamento;
- Tipo de corrente;
- Posição de funcionamento;
- Classe de precisão;
- Tensão de isolamento.









7. Os instrumentos tipo ferro móvel são adequados para medição:

- a) () apenas de tensão alternada;
- b) () tanto de corrente quanto de tensão, em corrente contínua e em alternada;
- c) () de potência em corrente contínua (wattímetro);
- d) () apenas de corrente contínua;
- e) () de energia em corrente alternada (kWh).

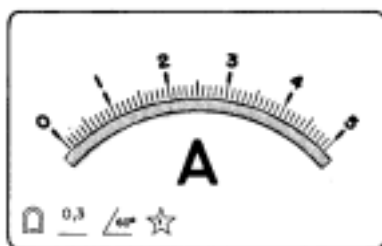
8. O instrumento tipo bobina móvel:

- a) () é utilizado para medição em médias frequências;
- b) () trabalha tanto com corrente contínua com alternada;
- c) () apenas pode ser usado para medição com tensão ou corrente contínua;
- d) () é utilizado para medição de frequência industrial;
- e) () funciona com o princípio de lâminas vibráteis.

9. Os instrumentos eletrodinâmicos:

- a) () são utilizados apenas em C.C. e possuem escala homogênea;
- b) () são utilizados apenas em C.A.;
- c) () é aplicado freqüentemente em wattímetros, tanto em corrente contínua como alternada;
- d) () utilizam obrigatoriamente em TC e TP;
- e) () são ligados sempre em paralelo com a carga.

A figura abaixo refere-se às questões 10 à 14.



10. A tensão de ensaio na frequência industrial é de:

- a) () 2 KV;
- b) () 500V;
- c) () 5 KV;
- d) () 1 KV;
- e) () instrumento não sujeito a ensaio de tensão.

11. O instrumento deve ser utilizado com o mostrador:

- a) () na posição vertical;
- b) () na posição inclinada;
- c) () na posição horizontal;
- d) () na posição horizontal ou inclinada;
- e) () na posição vertical ou horizontal.

12. O princípio de funcionamento do instrumento é de:

- a) () bobina móvel;
- b) () ferro móvel;
- c) () eletrodinâmico;
- d) () bimetálico;
- e) () bobina cruzada.

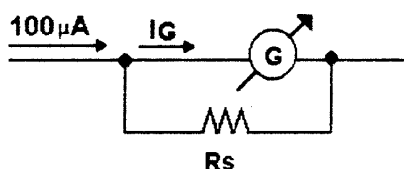
13. O tipo de corrente medida pelo instrumento é:

- a) () corrente contínua;
- b) () corrente alternada;
- c) () corrente contínua e alternada;
- d) () corrente alternada trifásica equilibrada;
- e) () corrente contínua estabilizada.

14. Considerando que este amperímetro indique 4A, o valor real da corrente pode variar entre:

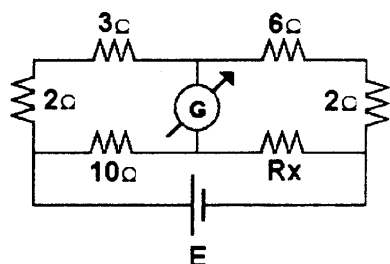
- a) () 3,8 e 4,2 A;
- b) () 3,92 e 4,08 A;
- c) () 3,98 e 4,02 A;
- d) () 3,9 e 4,1 A;
- e) () 3,2 e 4,8.

15. Um galvanômetro cujo fundo de escala é 1 micro ampère (μA) é colocado, em série, num trecho de circuito por onde circula corrente de intensidade $100 \mu\text{A}$. Qual deve ser o valor da resistência shunt (R_s), se a resistência interna do aparelho é $9,9 \Omega$?



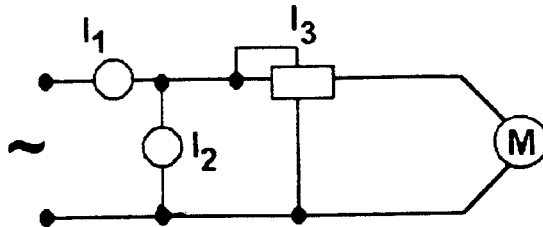
- a) () $0,99 \Omega$;
- b) () 99Ω ;
- c) () $0,1 \Omega$;
- d) () $9,9 \Omega$;
- e) () 1Ω .

16. O galvanômetro da figura abaixo não é atravessado por corrente elétrica. Qual o valor de resistência R_x ?



- a) () 3Ω ;
- b) () 16Ω ;
- c) () 10Ω ;
- d) () 4Ω ;
- e) () $3,3 \Omega$.

17. Os instrumentos de medição I_1 , I_2 , I_3 representam, respectivamente, a ligação de:



- a) () frequencímetro, voltmímetro, amperímetro;
- b) () fasímetro, amperímetro, voltmímetro;
- c) () amperímetro, voltmímetro, wattímetro;
- d) () frequencímetro, wattímetro, fasímetro;
- e) () amperímetro, wattímetro, fasímetro.