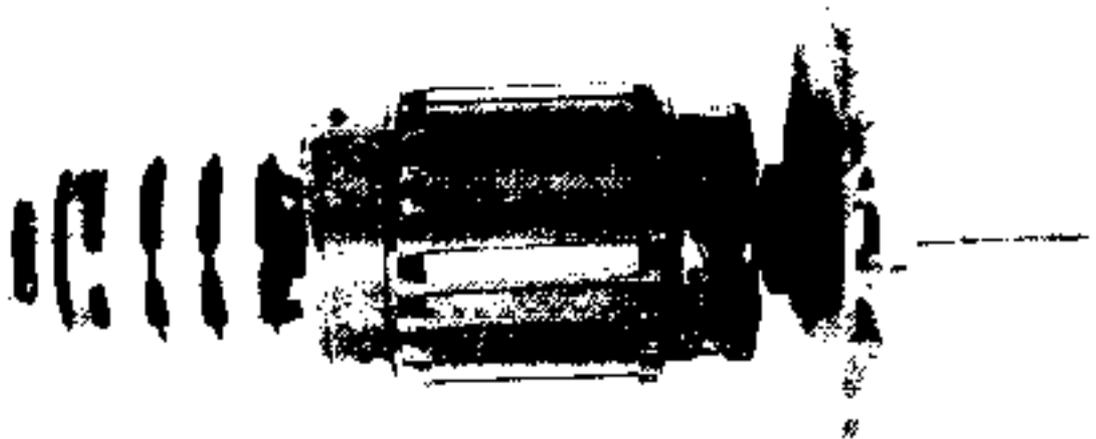




Eletricista de manutenção

Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas



Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas

© SENAI-SP, 1986

Trabalho elaborado pela Divisão de Material Didático do Departamento Regional do SENAI-SP.

| | |
|--------------------------|---|
| Coordenação geral | Marcos Antonio Gonçalves |
| Coordenação do projeto | Célia Regina Domingues Talavera |
| Elaboração | Antonio da Conceição Vieira Antonio Moreno Neto Francisco de Assis Costa e Silva Hernani Rossi Contrucci José Carlos de Souza |
| Revisão técnica | Antonio Moreno Neto Irandi Dutra |
| Texto final | Célia Regina Domingues Talavera |
| Revisão | Luiz Thomazi Filho |
| Planejamento gráfico | Marcos Luesch Reis |
| Composição | Cleide Aparecida da Silva Vanzelli |
| Produção gráfica | Silvia Regina de Oliveira Simões |
| Ilustração | José Antonio Datti Ferandes |
| Fotografia | Regina Maria Galli |
| Coordenação da impressão | Victor Atamanov |
| Digitalização | UNICOM - Terceirização de Serviços Ltda. |

Ficha catalográfica

S47b SENAI - SP. DMD. **Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas**. São Paulo, 1986. (Série Metódica Ocupacional de Eletricista de Manutenção).

1. Motor elétrico. 2. Rotor. L. T. LI. S.

CDU: 621.313.1

| | |
|---------------|--|
| SENAI | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Departamento Regional de São Paulo Av. Paulista, 1313 - Cerqueira Cesar São Paulo - SP CEP 01311-923 |
| Telefone | (0XX11) 3146-7000 |
| Telefax | (0XX11) 3146-7230 |
| SENAI on-line | 0800-55-1000 |
| E-mail | senai@sp.senai.br |
| Home page | http://www.sp.senai.br |

Sumário

| | |
|--|----|
| Introdução | 5 |
| Motor trifásico de rotor bobinado | 7 |
| Bobinas pré-moldadas | 13 |
| Percintar | 19 |
| O porta-escovas | 25 |
| A escova | 29 |
| O coletor | 31 |
| Montar e ajustar escovas | 35 |
| O reostato | 39 |
| Balanceamento de rotor | 45 |
| Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas | 47 |
| Ensaiai motor com rotor bobinado | 51 |
| Montagem e ensaio de rotor com motor bobinado | 59 |
| Montagem e ensaio de rotor com motor bobinado - Exercícios | 61 |
| Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas | 63 |

Introdução

A bobinagem do rotor é uma tarefa parecida com a bobinagem do estator, que você já aprendeu. A diferença é que o estator é bobinado pelo avesso.

Bobinar um rotor com bobinas pré-moldadas é encaixar as bobinas, que foram moldadas e encadarnadas previamente, nas ruas do rotor.

Nesta unidade será utilizado um rotor de pequena potência, didaticamente preparado para as necessidades da bobinagem pré-moldada.

Você não deve esquecer que é muito importante, na desmontagem de qualquer máquina elétrica que será recuperada, anotar precisamente todos os dados da bobinagem, tais como:

- Tipo de bobinamento,
- Tipo de ligação,
- Passo e tamanho das bobinas,
- Seções de fios,
- Números de espiras.

Nenhum dado deve ser desprezado.

Estudando esta unidade você terá informações sobre:

- Motor trifásico de rotor bobinado
- Bobinas pré-moldadas
- Porta-escovas
- Escova
- Coletor
- Reolator
- Balanceamento de rotor

Para realizar esta tarefa, você vai executar as seguintes operações:

- Percintar
- Montar e ajustar escovas

E para finalizar, você vai ensaiar o motor com rotor bobinado.

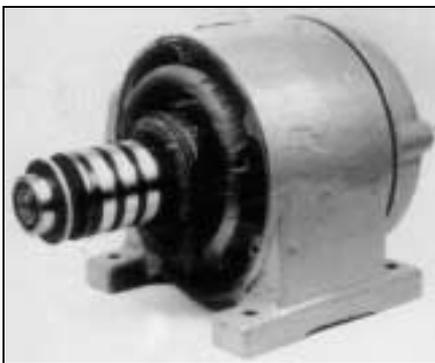
Motor trifásico de rotor bobinado

É um motor destinado a trabalhar em rede de corrente alternada trifásica.

Esse motor permite um arranque vigoroso com uma pequena corrente de partida. Por essa razão, é o motor preferido para potências elevadas, geralmente superiores a 5cv.

O motor de rotor bobinado é constituído de um estator e um rotor.

O estado é semelhante aos dos motores trifásicos já estudados. Apresenta os mesmos tipos de enrolamentos, ligações e distribuição que os estatores de induzido em curto.

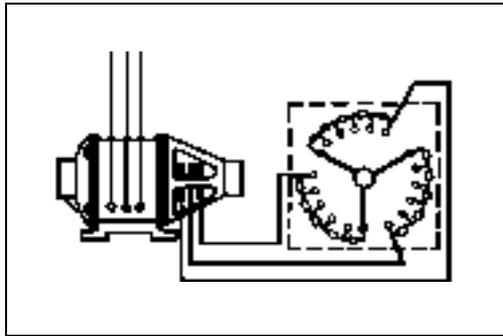


No rotor, encontra-se um enrolamento com várias bobinas isoladas, ligadas de modo a formar dois ou três circuitos. Esses circuitos são unidos, de um lado, a um ponto comum; e de outro, a três anéis coletores.

Sobre estes anéis se apoiam escovas coletoras e, através dos anéis, é estabelecido o contato elétrico entre o enrolamento do rotor e o reostato externo, chamado **reostato de partida**.

O reostato de partida é composto de três resistores variáveis, conjugados por meio de uma ponte. Essa ponte liga os reostatos em estrela, em qualquer posição de seu curso.

Veja, na figura, uma ligação típica de um motor trifásico de rotor bobinado e reostato de partida conjugado em estrela.



O motor trifásico de rotor bobinado é recomendado nos casos em que necessita de partidas a plena carga, pois não ocasiona intensidade excessiva de corrente na rede.

É também utilizado para realizar trabalhos que exigem variações de velocidade, pois o enrolamento existente no rotor desses motores, ao fazer variar a intensidade da corrente que percorre o induzido, faz variar a velocidade do motor.

Não é possível conseguir essa variação nos motores de rotor em gaiola de esquilo porque sua construção não permite ligação de resistores adicionais externos nos seus circuitos.

O motor de rotor bobinado, além de proporcionar arranque satisfatório, tem uma corrente de partida de baixa intensidade: é cerca de uma vez e meia o valor da corrente nominal.

É bom lembrar que, nos motores de rotor em curto, essa corrente atinge até oito vezes a corrente em plena carga.

Porém, os motores de rotor em curto são menos econômicos que os outros, devido ao elevado custo de seus enrolamentos e ao sistema de conexão das bobinas do rotor, tais como: Anéis, escovas, porta-escovas, reostato, etc.

Em pleno regime de marcha, o motor de rotor bobinado apresenta um deslizamento maior que os motores comuns.

É empregado com eficiência como motor de guindastes, de elevadores-calandras e em todas as condições em que for necessário dar partida sob grandes cargas.

Quando se necessita de motores para funcionar com variações permanentes de velocidade com regulagem mais delicada, usa-se outro tipo de motor trifásico de rotor bobinado. Este motor é reconhecido pelo coletor laminado, semelhante ao das máquinas de corrente contínua.

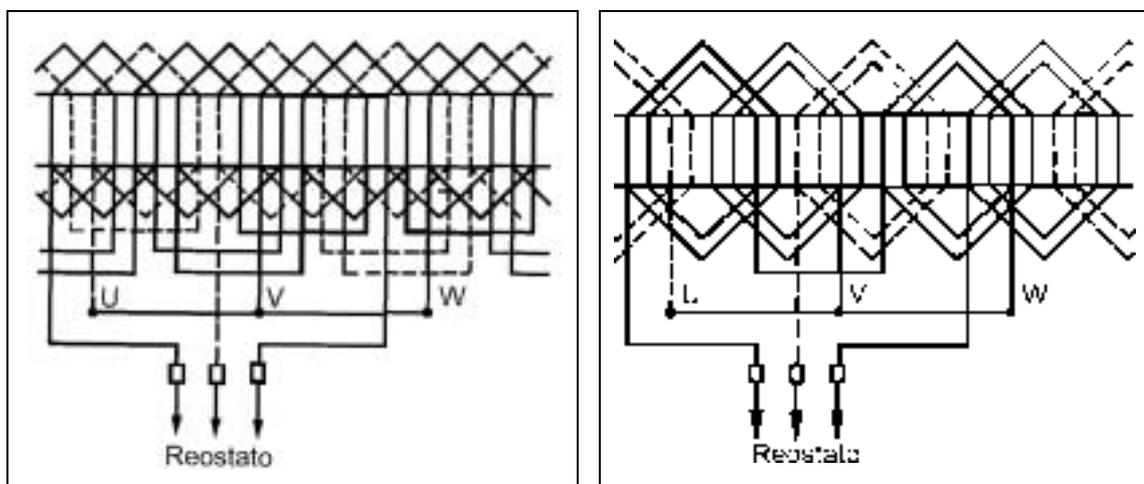
A regulagem da velocidade e a invasão de marcha são feitas pelo deslocamento de um conjunto de escovas que faz variar a tensão induzida nos enrolamentos do rotor.

A descrição feita aqui é de um tipo desses motores. Outros processos, porém, também são usados para se conseguir os mesmos resultados.

Esses tipos de motores encontram grande aplicação nas fábricas de papel e de tecidos.

Nos rotores bobinados de coletor de anéis, são usados os mesmos tipos de enrolamentos dos estatores trifásicos. Neste caso, predomina o enrolamento do tipo imbricado nas máquinas maiores.

Nos motores menores, ainda são usados os enrolamentos do tipo meio imbricado e principalmente o tipo cadeia com bobinas concêntricas. Observe nas figuras abaixo cada um desses tipos.



Esses enrolamentos não são obrigatoriamente trifásico; porém, tem necessariamente o mesmo número de pólos que o estator. Um motor trifásico, cujo estator tem um enrolamento para 4 pólos, pode ter rotor trifásico ou bifásico, mas, em qualquer dos casos, seu enrolamento estará distribuído para quatro pólos.

Veja, a seguir, os cálculos básicos para fazer o levantamento de esquema de rotor trifásico de motor de anéis, 4 pólos, enrolamento imbricado: $N_b = N_r = 24$ bobinas

$$Y_p = \frac{N_r}{24} = \frac{24}{4} = 6 \text{ dentes ou } 1 \text{ a } 7$$

$$Y_{bi} = Y_p = 6 \text{ dentes ou } 1 \text{ a } 7$$

$$\text{Grupo} = \frac{N_b}{p.f} = \frac{24}{4.3} = \frac{24}{12} = 2 \text{ bobinas por pólo e fase}$$

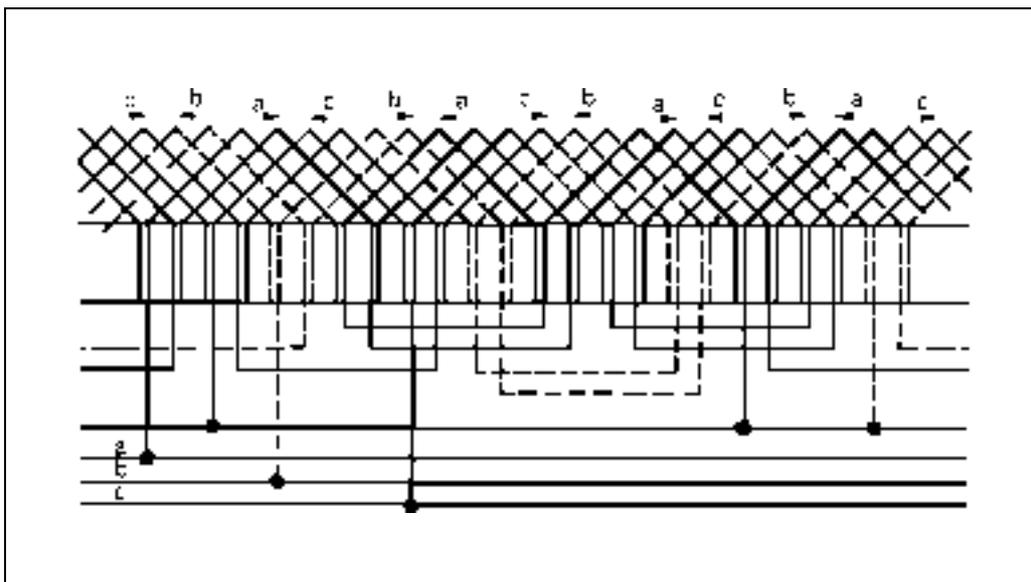
$$\text{GET} = 180^\circ \cdot E.P = 180^\circ \cdot 4 = 720^\circ E$$

$$\text{GE}/r = \frac{\text{GET}}{N_r} = \frac{720^\circ E}{24} = 30^\circ E$$

$$Y_f = \frac{120^\circ E}{\text{GE}/r} = \frac{120^\circ E}{30^\circ E} = 4 \text{ dentes ou } 1 \text{ a } 5$$

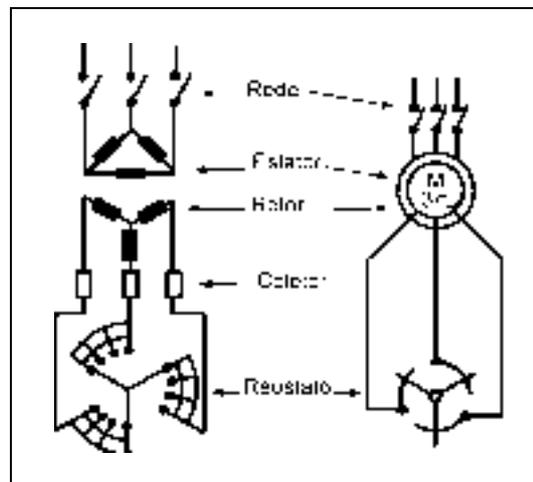
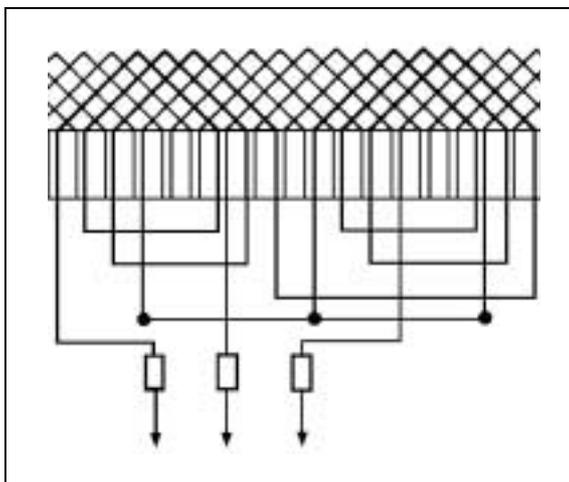
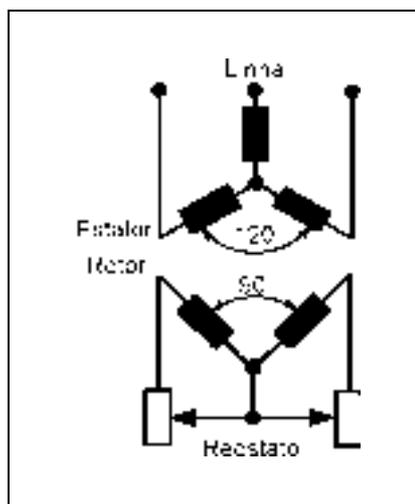
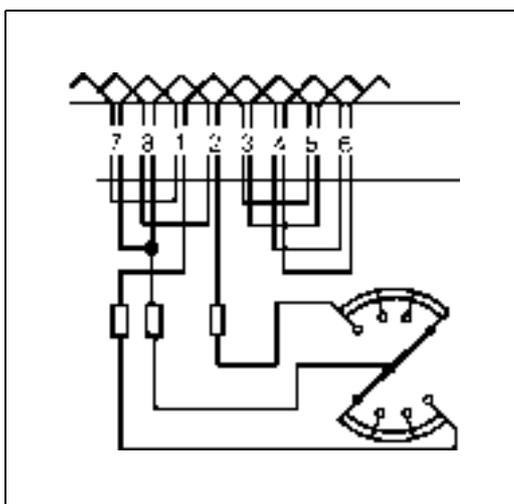
$$\text{Bobinas levantadas} = Y_b - 1 = 6 - 1 = 5$$

Esquema planificado:



Nas figuras a seguir, é mostrado o esquema de um rotor de motor trifásico de quatro pólos, cujo enrolamento é bifásico de dois circuitos.

Note que uma extremidade de cada circuito ou fase de rotor está ligada a um anel coletor e a união das duas outras extremidades, ao anel central. O reostato também é de dois circuitos.



É importante saber que há uma relação entre o enrolamento do estator e o do rotor. Essa relação é de 3:1. Isto quer dizer que, se a tensão do estator for 220V, a do rotor em vazio será $220 \div 3$, ou 73V aproximadamente.

A mesma relação pode ser aplicada às intensidades da corrente.

Se a intensidade no estator for 10 A, o rotor será percorrido por uma corrente de $10 \cdot 3 = 30$ A. Consequentemente, a seção do fio deve ser calculada par essa corrente. Por essa razão, os enrolamentos dos induzidos tem fios de maior seção que os do indutor.

Observação

As orientações sobre os estatores de motores trifásicos também são válidas para o fechamento das bobinas dos rotores.

Bobinas pré-moldadas

São bobinas moldadas em aparelhos de madeira ou metal e em seguida, uma após a outra, encaixadas nas ranhuras do núcleo previamente isolado.

Nos motores grandes, de ranhuras totalmente abertas, as bobinas são moldadas, encadarçadas e depois encaixadas nas ranhuras.

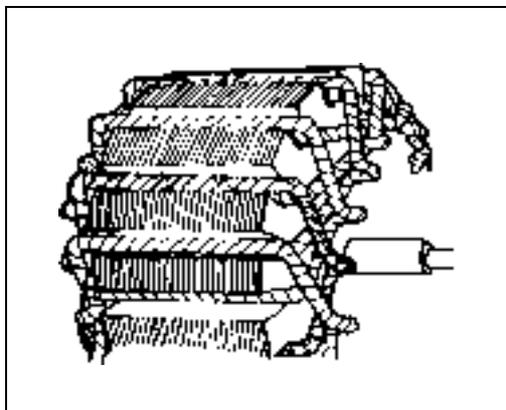
Quando as ranhuras são semifechadas, costuma-se encadarçar somente as cabeceiras das bobinas, antes ou depois de encaixadas. Com esse tipo de ranhura, os fios das bobinas são alojados um por um nas ranhuras.

Em alguns casos, esse encadarçamento é dispensável; porém, perde-se um bom isolamento entre bobinas.

Algumas vezes, as bobinas levam um banho de verniz diluído antes de serem encaixadas nas ranhuras. Neste caso, é indispensável aplicar parafina nos dois lados de cada bobina de modo a abranger o máximo de condutores de cada lado, para que deslizem na ranhura e se acomodem com facilidade nos seus lugares.

Quando dois lados de bobina coincidem na mesma ranhura, é costume reforçar o isolamento por meio de uma tala de papel isolante entre esses lados.

Nos enrolamentos com bobinas pré-moldadas, todas são de tamanho e formas iguais. Isto torna o enrolamento mais simétrico, melhor balanceado e com melhor aparência que os enrolamentos manuais. Observe a bobina pré-moldada na figura a seguir.



A confecção das bobinas em separado e sua posterior colocação nas ranhuras faz com que o processo de enrolamento a mão seja mais lento e, conseqüentemente, mais caro.

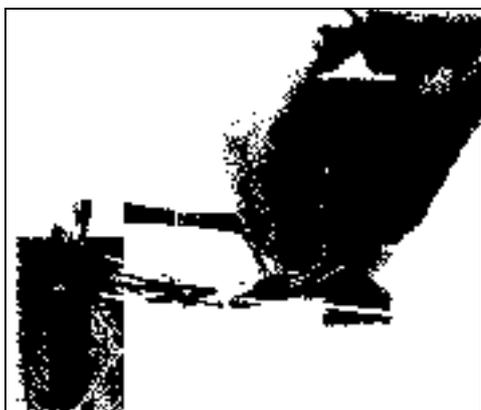
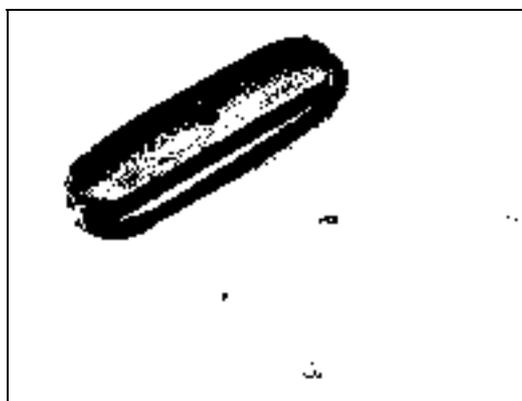
Eletricamente, o enrolamento a mão é igual ao de bobinas pré-moldadas e oferece melhor isolamento. Os enrolamentos a mão são destinados geralmente a pequenos induzidos com diâmetro de até 3 polegadas. Como mostra a figura abaixo.



Em sua maioria, os induzidos com o diâmetro maior do que 3 polegadas são enrolados com bobinas pré-moldadas.

As bobinas pré-moldadas podem ser de dois tipos: **Planas** e **de cabeceiras viradas**.

As **planas** podem ser enroladas sobre molde na forma definitiva ou em molde alongado. Depois de enroladas, devem ser abertas em outro aparelho destinado a isso, como mostram as figuras a seguir.

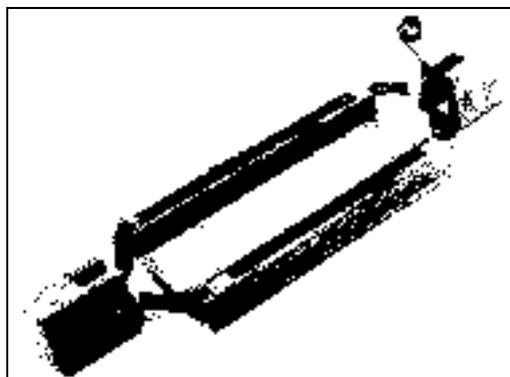
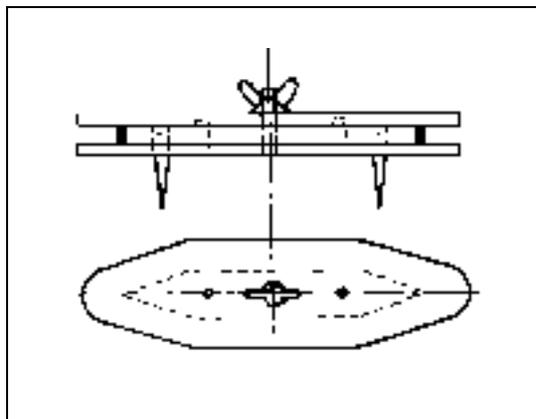


As bobinas planas são usadas geralmente em pequenas armaduras, de cerca de 4 polegadas de diâmetro.

As bobinas **de cabeceira virada** são empregadas em motores maiores e podem ser enroladas em fôrma especial, geralmente de aço, com as curvas que as cabeceiras das bobinas devem ter.

De um modo geral, essas bobinas são enroladas sobre moldes alongados e depois e depois montadas em um aparelho para abrir os dois lados da bobina.

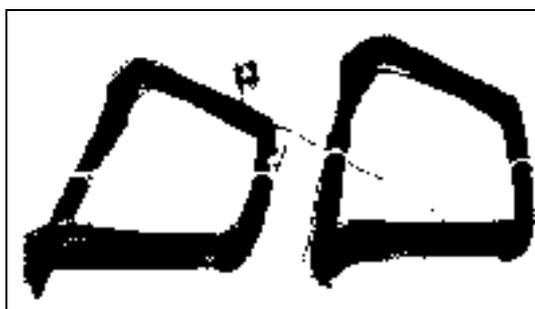
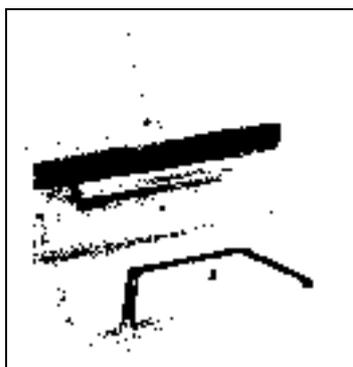
Depois, as cabeceiras devem ser viradas com o auxílio de suportes de fibra. Observe as figuras a seguir.



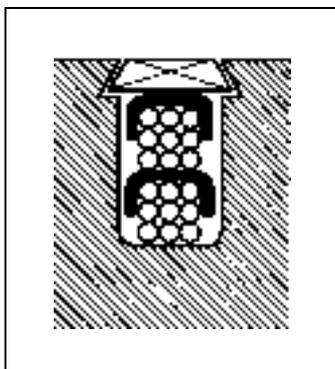
As bobinas já devem ter as cabeceiras encardachadas para evitar que os fios se movam; porém, é necessário tomar o máximo cuidado ao virar a cabeceira para evitar o esgarçamento do cadarço e, conseqüentemente, a ruptura do isolamento dos condutores.

O dispositivo que vira a bobina deve ter os cantos ligeiramente arredondados; a abertura onde a cabeceira da bobina se encaixa deve ser ajustado à espessura exata da cabeceira e o pino não deve ceder durante a torção dos condutores.

Também é possível fazer um grupo de duas bobinas com o auxílio de gabaritos de madeira. Veja as figuras.

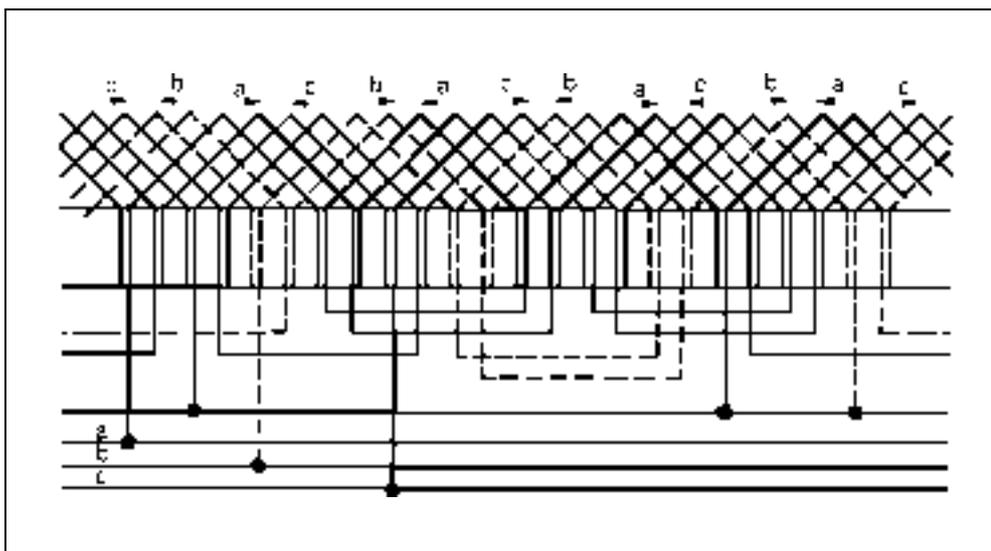


A técnica de colocação destas bobinas, para ranhuras totalmente abertas, consiste em alojar por inteiro cada lado da bobina de uma vez só, colocando em seguida o material isolante. Veja a figura.



Os lados da bobina ficam levantados conforme o tipo de bobinagem adotado, para serem colocados no final. Ao final da colocação deve ser feita uma revisão para corrigir as eventuais deformidades, de modo que o acabamento da bobinagem seja o melhor possível. Após, conclui-se a fixação mecânica, com isolantes apropriados e travaranhuras, colocando-se separadores de fase nas cabeceiras das bobinas, quando necessário.

A próxima etapa é o teste de massa e curto-circuito. Em seguida, são feitas as ligações, de acordo com o diagrama, que interligam as bobinas, fases e os anéis coletores:



Se as ranhuras não forem totalmente abertas, a colocação das bobinas é feita como para os estatores, conforme você já aprendeu.

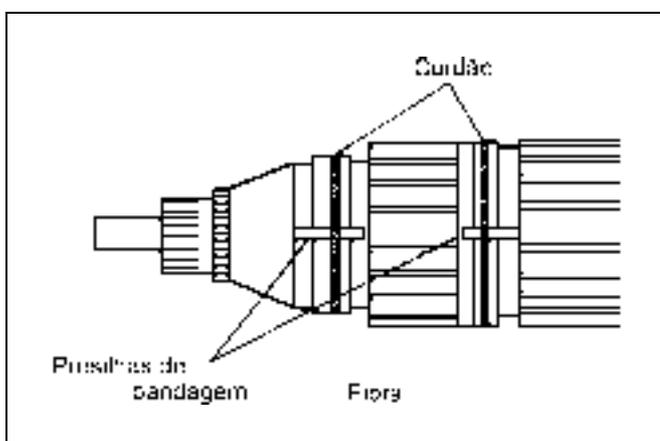
Percintagem

Esse tipo de bobina precisa ser percintado antes de ser usado.

Percintar é prender a bobinagem de modo que as bobinas não se movimentem quando houver solicitações eletromagnético e mecânicas, como por exemplo mudanças bruscas de rotação.

Percintar

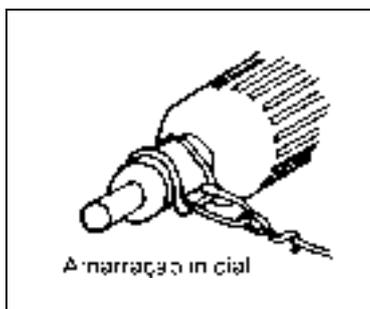
1. Ponha as tiras de fibra de 1/32" sobre o enrolamento.
2. Distribua as presilhas de folha-de-flandres sobre as tiras de fibra. Prenda-as inicialmente com um barbante.



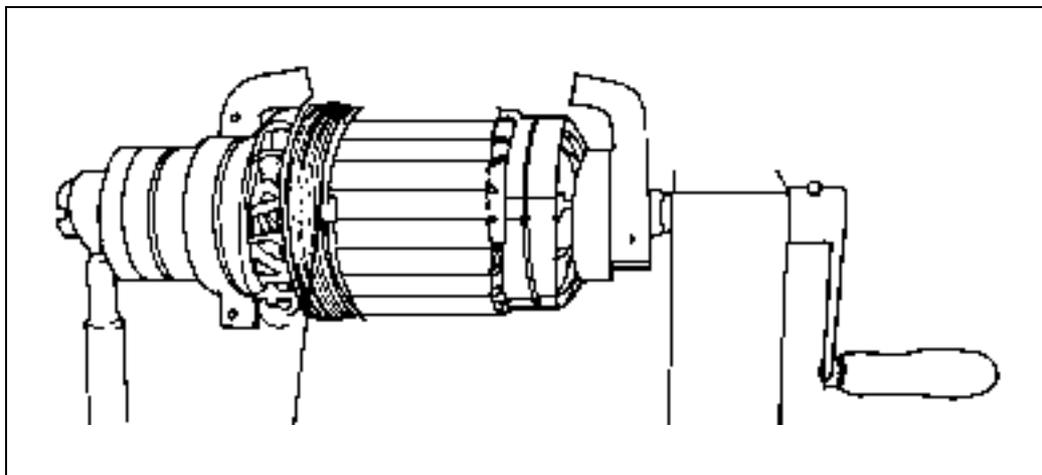
Observação

O número de presilhas é proporcional ao diâmetro do enrolamento onde vai a cinta. Todas as presilhas devem estar bem colocadas sobre as tiras de fibra.

3. Prenda o arame de aço na garra do dispositivo previamente colocado no eixo do rotor.



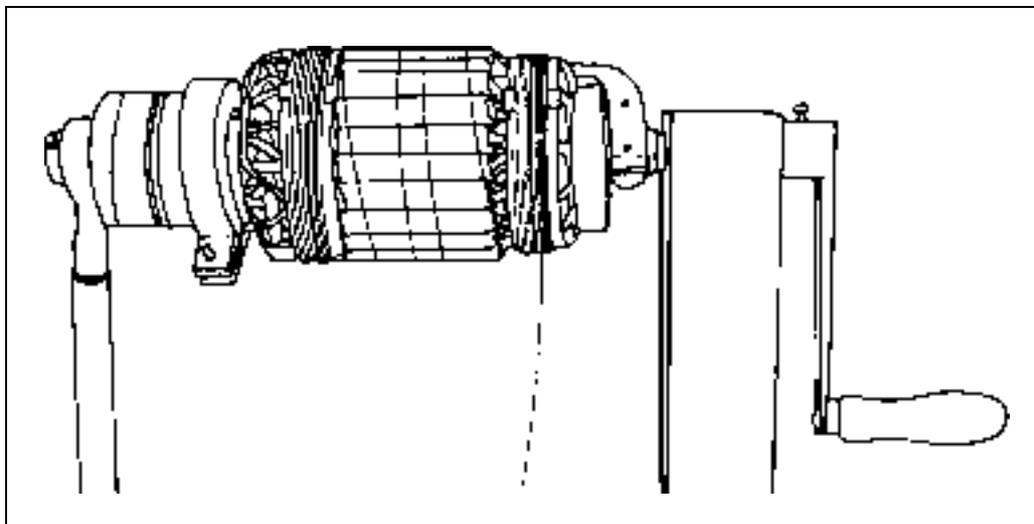
4. Inicie a cinta com arame bem esticado e as espiras bem unidas, deixando de 3 a 4mm de sobra de fibra em cada lado da cinta.



Observação

Quanto a cinta estiver na metade, corte o barbante que segura as presilhas no lugar.

5. Dê voltas no arame, uma longe da outra, até atingir o outro lado do rotor, para iniciar outra percintagem.

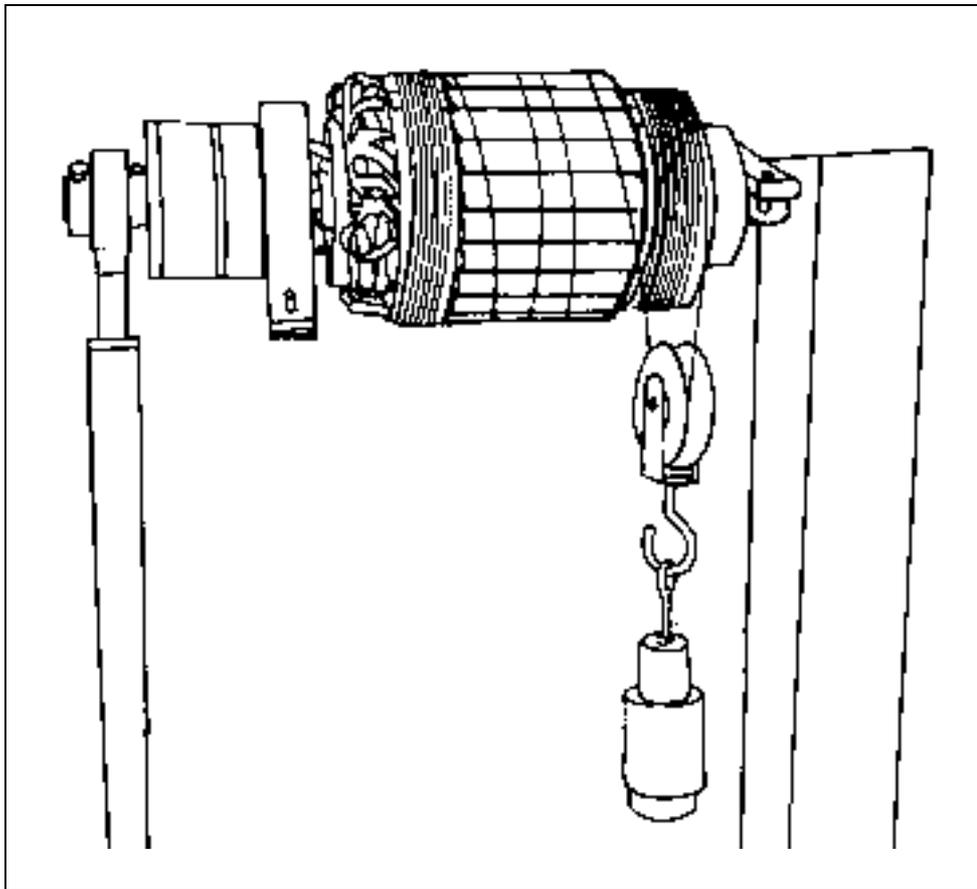


6. Faça a percintagem do outro lado do rotor, repetindo os passos 1 a 4.

Observação

Gire o rotor lentamente, conservando as espiras unidas e o arame esticado.

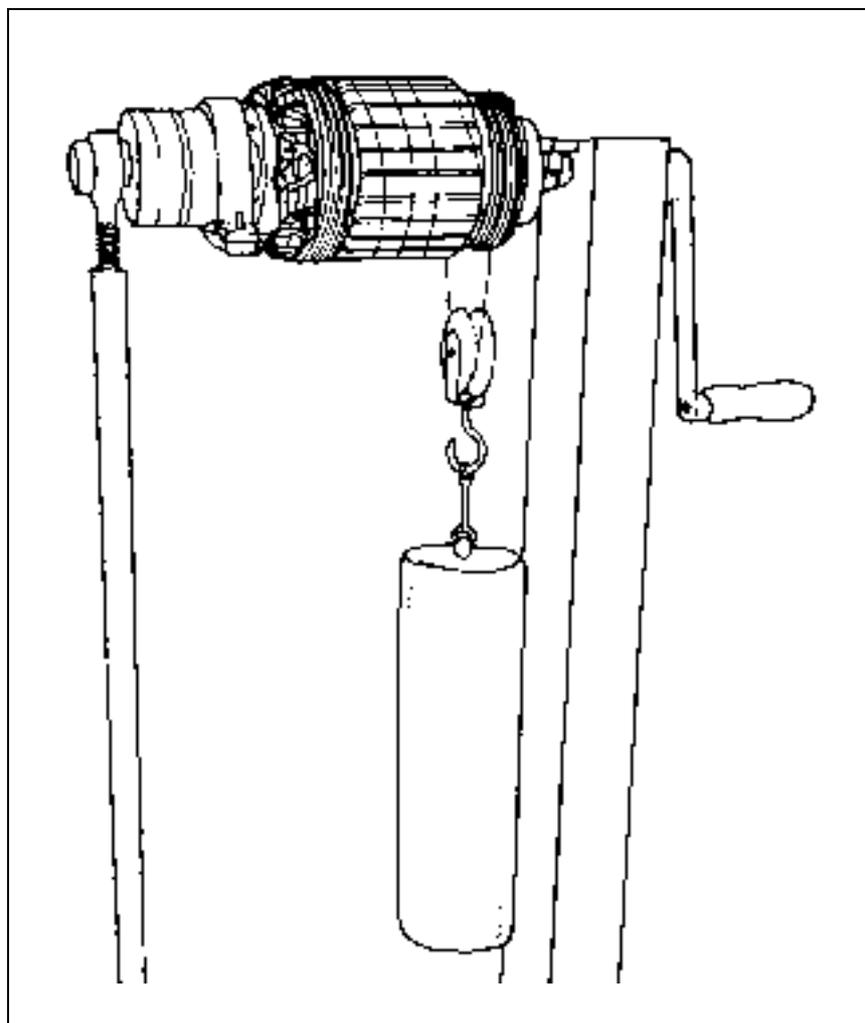
7. Corte o arame aproximadamente 50cm abaixo do rotor. Passe-o pela roldana e prenda-o na garra colocada no eixo do rotor.



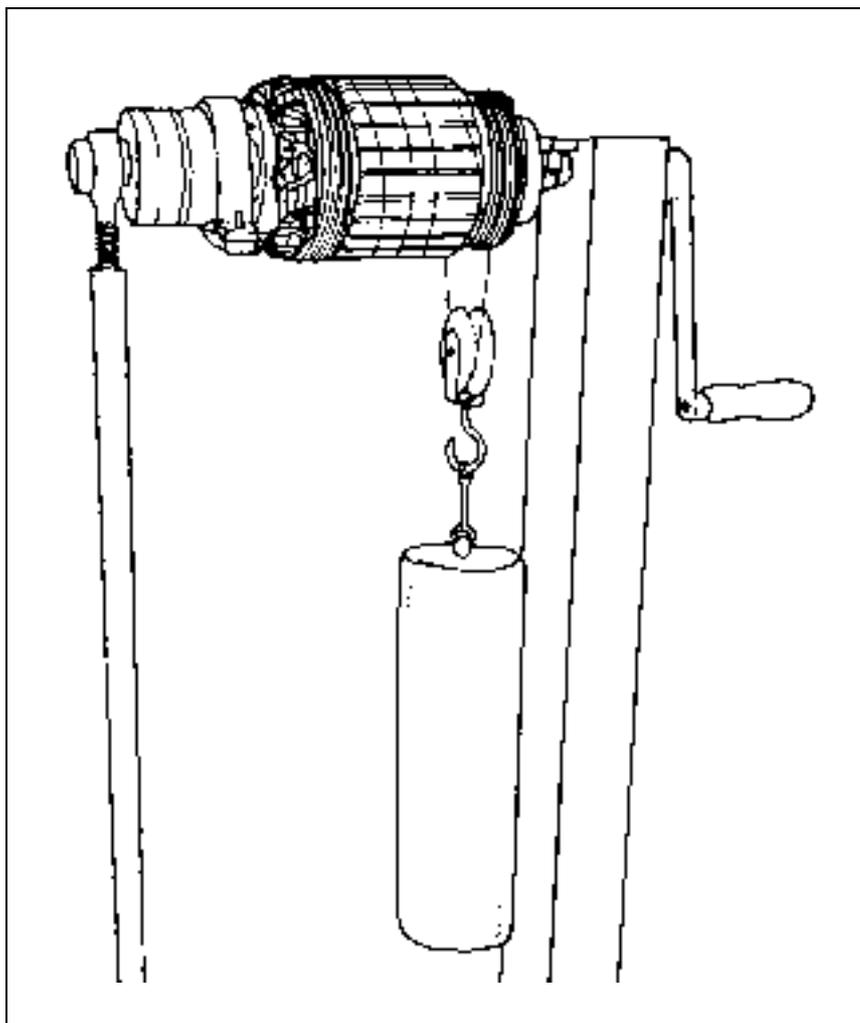
Precaução

- Cuidado para não se ferir com a ponta do arame.
- Em nenhum momento deixe o arame solto.

8. Prenda um peso de 3 a 5Kg na roldana para esticar o arame e dar mais rigidez à cinta. Observe a figura.



9. Continue a percintagem, girando o rotor no sentido contrário.



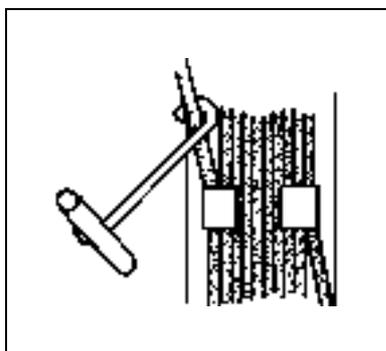
Observação

Este passo deve ser executado quantas vezes for necessário, para um lado e para o outro, até que as cintas fiquem bem rígidas.

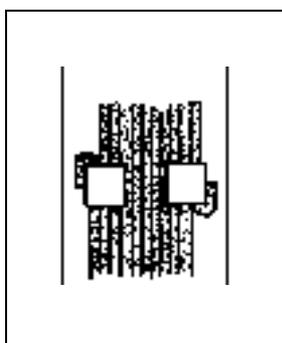
Precaução

Cuidado com os pés embaixo do peso.

10. Arremate, deixando o peso entre as duas cintas; dobre as abas das presilhas e solde-as



11. Corte as sobras do arame a, aproximadamente, 5mm das presilhas e dobre as pontas.

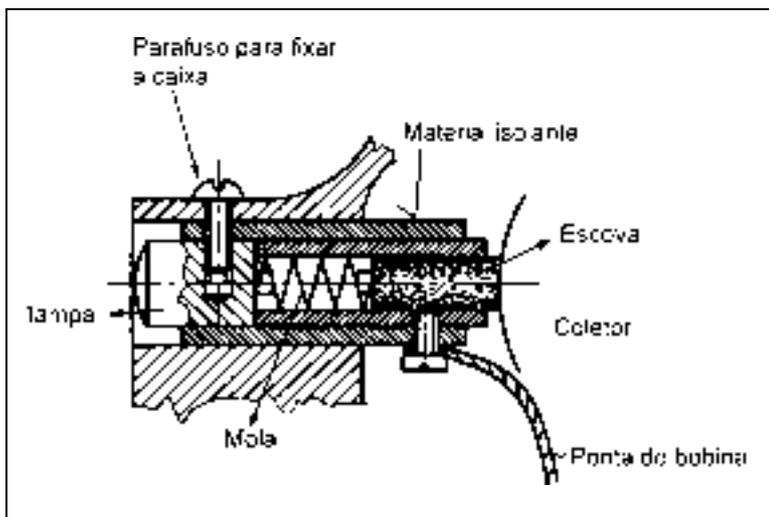


12. Complete a solda sobre as presilhas.

O porta-escovas

É um elemento que mantém as escovas firmemente seguras na sua posição correta em relação ao coletor. É utilizado em todos os tipos de máquinas giratórias cujo induzido tenha coletor.

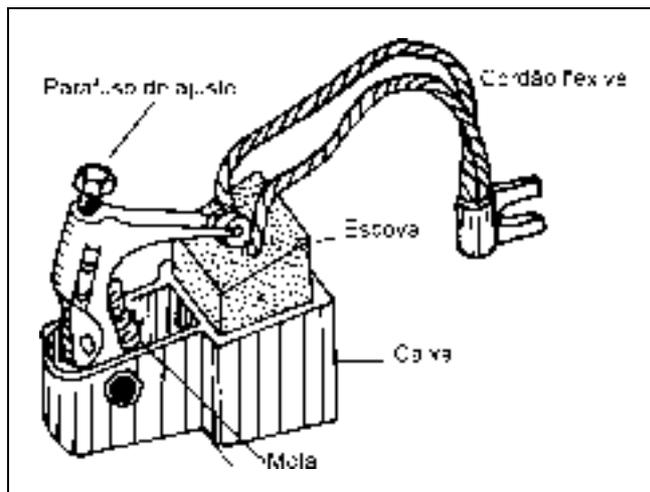
O porta-escovas é constituído por uma caixa onde estão alojadas uma ou mais escovas. Uma mola ou lâmina curvada que pressiona as escovas, mantendo-as em contato com o coletor. Observe a figura abaixo.



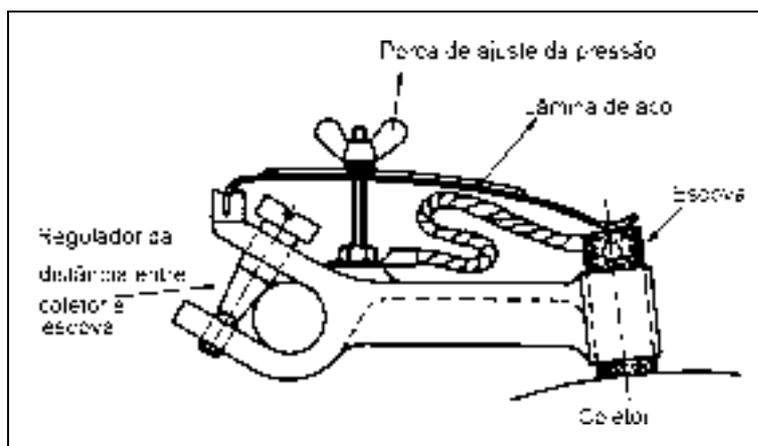
Existem várias formas de porta-escovas, segundo o tipo de máquina e de corrente que circula por essa máquina.

Os porta-escovas podem ser classificados em **fixos** e **reguláveis**. Podem ser de latão, cobre, baquelite ou plástico.

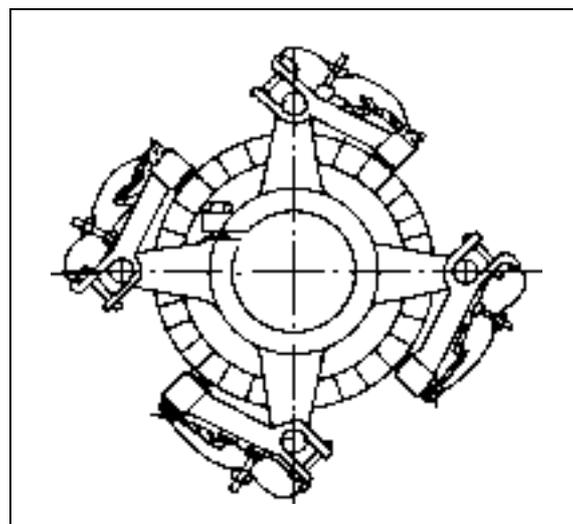
Veja, na figura abaixo, um porta-escova fixo.



Veja agora um porta-escova regulável.

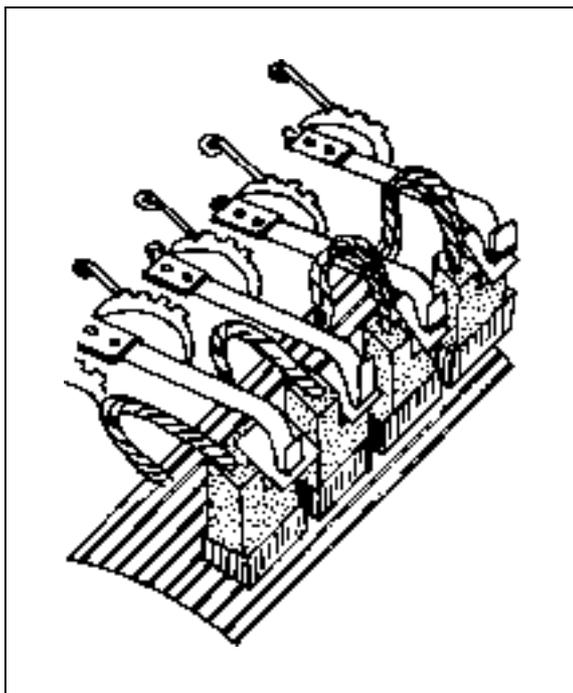


Nas máquinas grandes, os porta-escovas são montados isolados sobre um anel ou coroa. A coroa é montada na parte inferior de uma das tampas. Assim, os porta-escovas podem se ajustar sobre os passadores no sentido lateral e no sentido vertical. Observe a figura ao lado.



O objetivo da coroa é permitir que todo o grupo de escovas gire em um pequeno ângulo para sua posição com respeito aos campos e eliminar o faiscamento originado ao se aplicar carga a um gerador ou a um motor de CC.

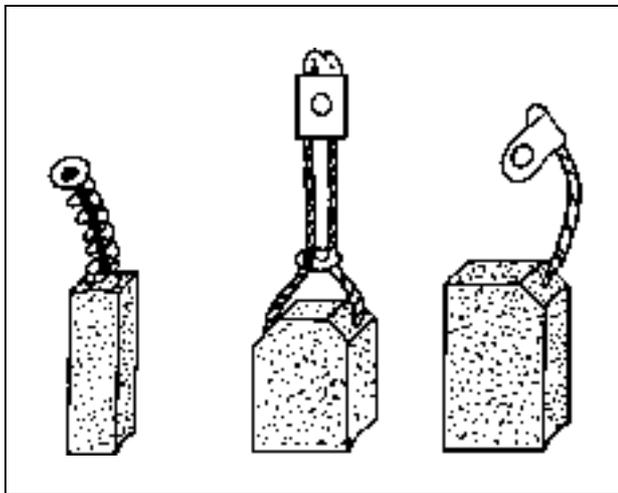
Muitas vezes, há dois ou mais porta-escovas montados em cada passador ou barra, pois várias escovas se adaptam melhor à superfície do coletor do que uma só, maior. Veja a figura a seguir.



Ao se fazer a manutenção, além da limpeza de poeira ou de graxa é necessário verificar-se o estado da caixa, do suporte, dos parafusos e rebites e do isolamento elétrico do conjunto com relação à massa da máquina.

A escova

É uma peça que permite estabelecer o contato elétrico deslizante entre uma parte fixa e outra móvel. É empregada em máquinas elétricas giratórias. Veja na figura abaixo três exemplos de escovas.



As escovas são fabricadas com uma mistura de pó de carvão e grafite. Em alguns casos, junta-se também pó de cobre.

A resistência elétrica, a dureza e a abrasividade das escovas são levadas em consideração para se assegurar um bom funcionamento da máquina com um mínimo de desgaste.

As escovas podem ser de vários tipos, de acordo com a mistura empregada.

Escovas à base de carvão

São compostas de uma mistura de carvão, em maior proporção, e de grafite. As escovas à base de carvão são utilizadas em máquinas de corrente contínua para tensões entre 110V e 440V.

Escova com agregado de pó de cobre

São compostas de uma mistura de carvão e grafite, à qual se agrega o pó de cobre. A agregação do pó de cobre à mistura diminui a resistência das escovas e aumenta sua capacidade de condução da corrente.

A escova com agregado de pó de cobre é geralmente empregada em máquinas de baixa tensão, como, por exemplo, nos motores de arranque para automóveis.

Escovas à base de grafite

São compostas de uma mistura de carvão e grafite, com uma proporção maior de grafite.

As escovas à base de grafite têm pouca resistência elétrica e melhores características lubrificantes; diminuem, portanto, o desgaste do coletor.

Para relacionar o tipo de escovas que se vai empregar, é preciso levar em conta a **corrente** que ela pode conduzir, a **velocidade** do coletor, a **pressão** de contato e a **resistência elétrica**.

O cuidado com as escovas deve constar da verificação periódica das seguintes condições: **superfície de contato**, **pressão da mola**, **conexão elétrica** e **desgaste natural**.

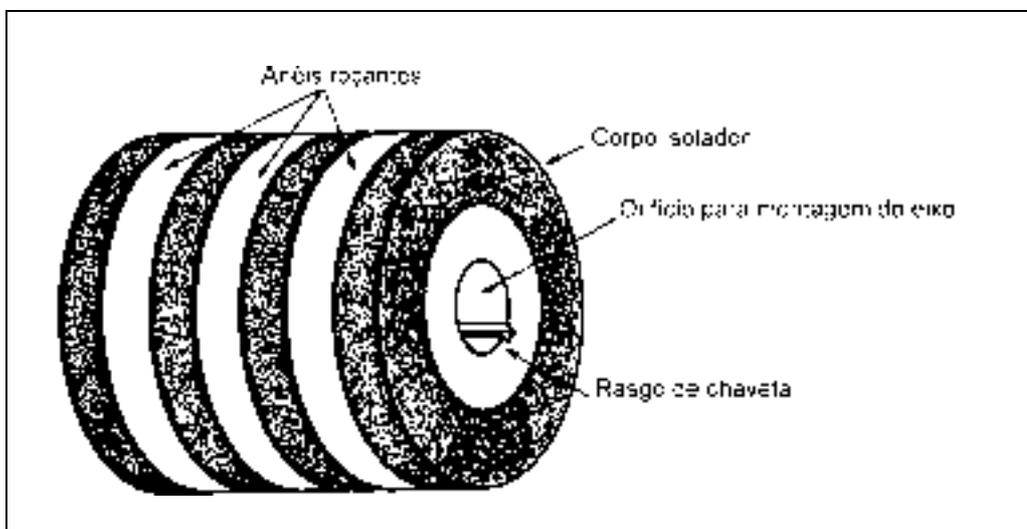
É preciso eliminar graxa, óleo ou pó aderidos às escovas quando se faz a manutenção.

O coletor

É uma peça metálica, de forma circular, utilizada em todos os rotores bobinados. Serve para ligar eletricamente, através das escovas, o bobinado móvel do rotor com os bobinados e/ou circuitos externos.

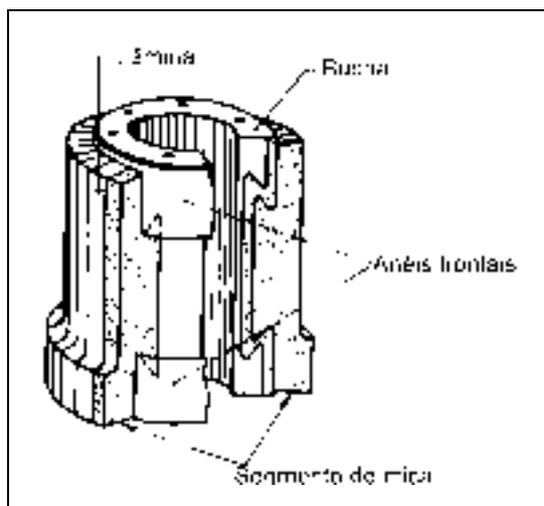
Há dois tipos de coletores: coletores de anéis, e coletores laminados.

Os **coletores de anéis** são formados por dois ou três anéis, isolados entre si e montados sobre o eixo da máquina, da qual estão eletricamente isolados. Observe a figura.

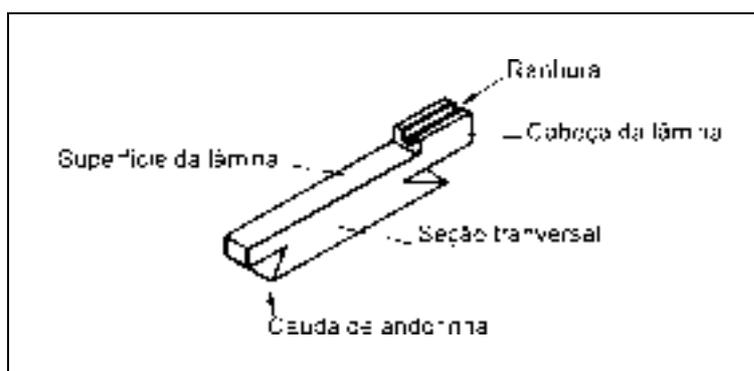


Os coletores laminados são formados por diversas lâminas de cobre, isolados entre si e do eixo do induzido. São construídos montando-se certo número de lâminas e igual número de segmentos de mica sobre uma bucha de ferro formada por um conjunto com dois anéis frontais.

Veja um coletor na figura abaixo.



A lâmina é de seção transversal, em forma de cunha, com dois entalhes em V nos extremos, em formato de cauda de andorinha. Os anéis frontais se encaixam nesses dois entalhes. Observe a figura.



Os segmentos isolantes são de mica de espessura adequada e são intercalados entre as lâminas, de igual seção longitudinal.

Os anéis frontais são de ferro e são isolados com arruelas cônicas de mica ou de micanite. A bucha ou casquilho é de ferro.

As características de um coletor são dadas pelo diâmetro exterior, pelo diâmetro do ferro interno, pelo tamanho e quantidade das lâminas e pela forma de suas cabeças.

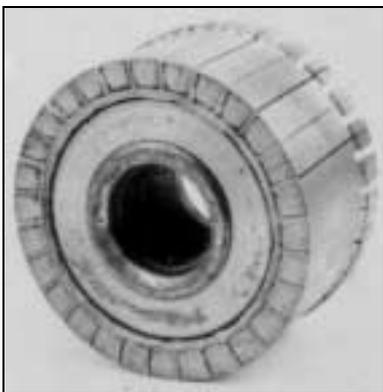
Outra característica importante é o tipo de isolamento, que comumente é feito com mica, baquelite ou outro isolante.

A superfície do coletor, onde estão assentados os carvões, deve estar lisa e centrada em relação ao eixo do rotor.

Os isolamentos de mica estão geralmente abaixo das lâminas e as ranhuras devem estar livres de pó de carvão, para que cada lâmina fique eletricamente isolada das demais.

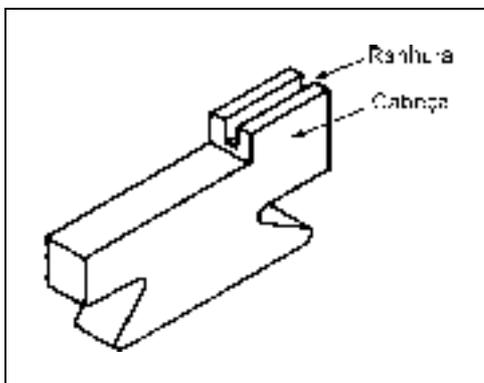
É preciso manter os coletores limpos, livres de óleo, graxa e umidade para evitar arcos elétricos prejudiciais. Periodicamente, é necessário polir as superfícies do coletor com lixa bem fina. Quando essas superfícies apresentarem riscos, afundamentos ou ovalados, deve-se retificar o coletor no torno mecânico.

Os coletores podem ser de dois tipos: **tambor axial** e **frontal-radial**. Os coletores do tipo **tambor axial** formam a maioria dos coletores laminados. Veja a figura abaixo

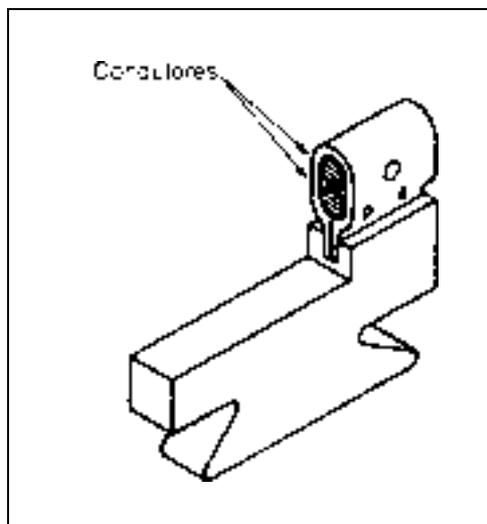


Os coletores do tipo **frontal-radial** são usados nos motores de repulsão-indução e também nos motores de ferramentas portáteis, em motores de limpadores de parabrisas de automóveis e em qualquer máquina onde o espaço ocupado pelo coletor é importante.

Nas máquinas de pequena potência, as conexões entre as lâminas e as pontas das bobinas são feitas através da soldagem do condutor diretamente no entalhe existente na cabeça da lâmina como mostra a figura seguinte.



Nas máquinas de maior potência, as lâminas têm suportes de metais rígidos, nos quais são soldadas as pontas dos bobinados, como mostra a figura abaixo.



Teste do conjunto e circuito entre lâminas

Esse tipo de teste deve ser realizado de acordo com a tensão da máquina onde está colocado o coletor.

Nas máquinas de 6, 12 ou 24 volts, o teste é realizado através de uma lâmpada em série com uma tensão de duas ou três vezes o valor dessa tensão. Essa recomendação vale tanto para o teste entre as lâminas quanto para a prova entre as lâminas e a massa.

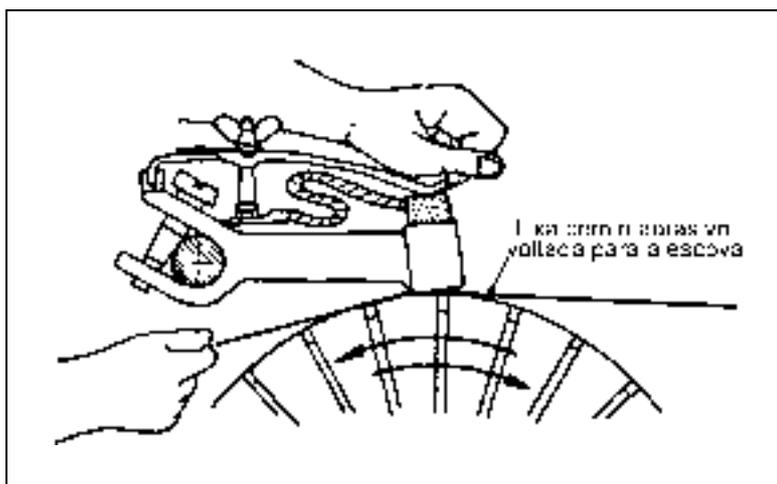
Para máquinas de maior tensão, como 220 volts, o teste entre coletor, conjunto e lâminas é realizado com uma lâmpada em série de pouca potência, como a de 25 watts. Esta lâmpada é usada para evitar a passagem de correntes altas e a forma de arcos elétricos prejudiciais.

Montar e ajustar escovas

1. Limpe as paredes interiores dos porta-escovas a fim de obter um deslizamento correto das escovas.
2. Coloque as escovas nos porta-escovas, sem conectar os terminais.

Observações

- As escovas devem deslizar suavemente nos porta-escovas, sem apresentar folgas.
 - Se a escova estiver apertada, ajuste-a com lixa fina nos pontos onde houver marcas de aperto.
- 3 Coloque uma tira de lixa mais larga que a escova sobre o coletor. A parte áspera da lixa deve ficar voltada para a escova.
 - 4 Coloque a mola sobre a escova e pressione-a com a mão.
 - 5 Comece a assentar a escova, fazendo a lixa girar no sentido de rotação da máquina.



Observação

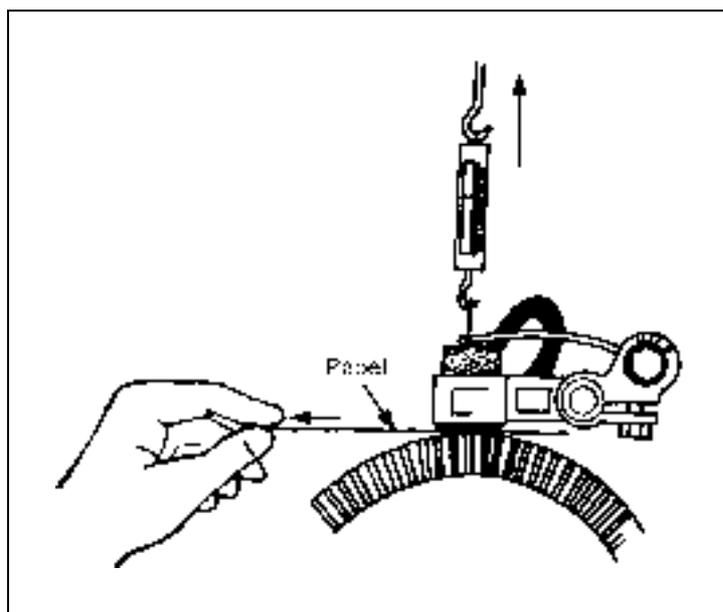
Comece a assentar a escova com lixa de grão médio e termine com lixa de grão fino.

- 6 Continue a operação até que a superfície de contato da escova coincida com a superfície do coletor.
- 7 Repita as orientações para assentar as demais escovas.

Observação

Limpe o pó de carvão que tenha ficado no coletor e nos porta-escovas, com auxílio de pincel e pano seco.

- 8 Coloque um papel fino entre o coletor e a escova.
- 9 Coloque um dinamômetro no extremo da mola e puxe o papel pela parte superior até que ele deslize suavemente.



Observação

Neste momento, observe a leitura indicada no dinamômetro. Esta leitura deverá ser igual à recomendada pelo fabricante da máquina. Você também poderá consultar a tabela seguinte.

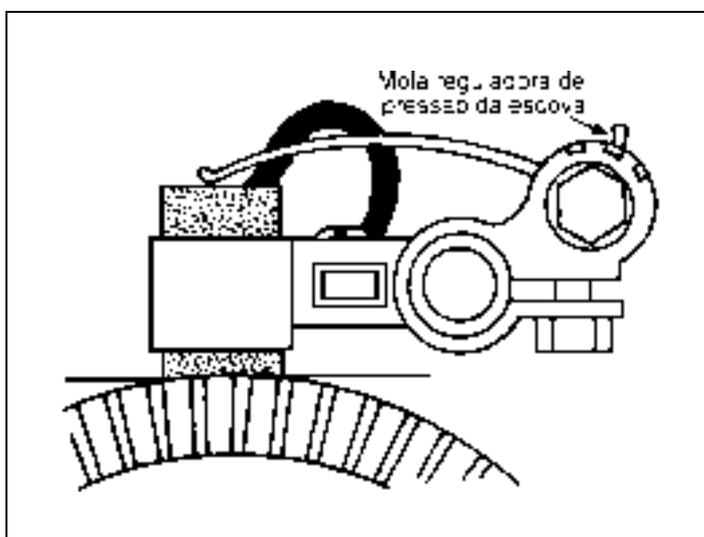
| Características | Tipo de escova | | | | |
|---|----------------|----------------|---------|----------------|--------------|
| | Carvão | Carvão-grafite | Grafite | Eletro-grafite | Metal-carvão |
| Resistividade aproximada em $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ | 0,07 | 0,02 | 0,013 | 0,03 | 0,002 |
| Corrente admissível em A/cm^2 | 6,5 | 8 | 9,5 | 10 | 12 |
| Velocidade periférica do coletor em m/s | 16 | 25 | 40 | 40 | 25 |
| Pressão em g/cm^2 | 180 | 160 | 140 | 170 | 170 |
| | a | a | a | a | a |
| | 200 | 180 | 160 | 190 | 190 |

Exemplo

Uma escova de carvão de 2cm^2 de área deverá ter uma pressão de:

$$P = p \cdot A = 180 \cdot 2 = 360\text{g}$$

Se a pressão estiver acima ou abaixo da recomendada, regule-a conforme a figura abaixo



10 Conecte os terminais das escovas e aperte os parafusos de fixação.

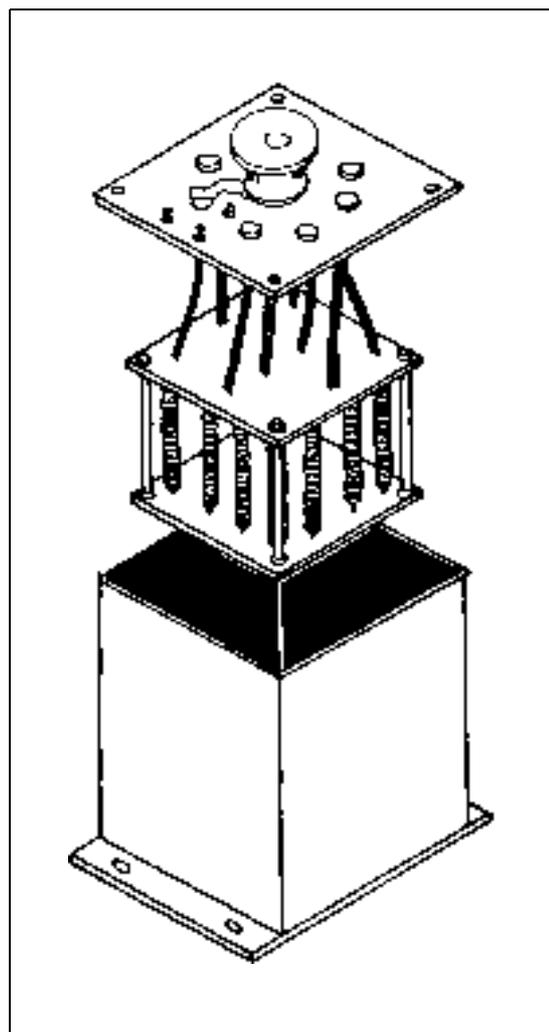
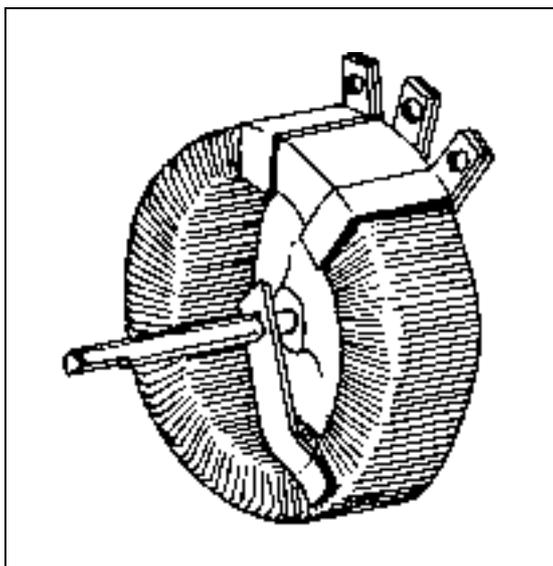
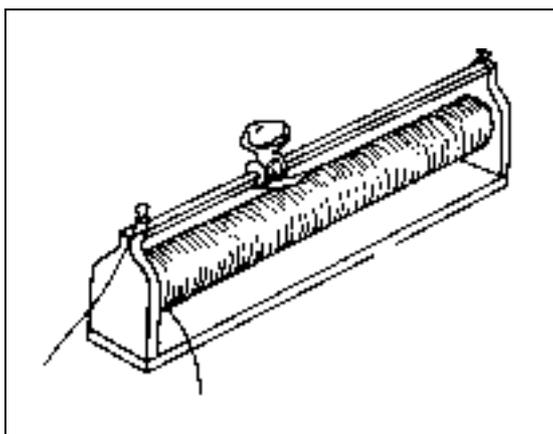
Observação

Os cabos flexíveis das escovas não devem ficar retorcidos ou próximos da massa.

O reostato

É um resistor ajustável, construído de modo a permitir variação de sua resistência, sem abrir o circuito no qual se encontra colocado.

O reostato é usado para regular a tensão dos geradores, a velocidade dos motores, a corrente nos circuitos, etc. Veja nas figuras abaixo alguns tipos de reostato.



O reostato possui várias funções, mas a que mais se destaca é a função de partida ou demarragem dos motores elétricos.

É sabido que os motores de grande potência determinam, na partida, uma corrente muito elevada; essa partida deve ser dada sob tensão reduzida. Isto se verifica tanto nos motores de corrente alternada quanto nos de corrente contínua.

Você já conhece dois dispositivos de motores de corrente alternada para partida com tensão reduzida; são eles: a chave estrela-triângulo e a chave compensadora.

O reostato, na função de demarrador, é outro dispositivo para partida ou demarragem e também se aplica aos motores de corrente contínua.

Observe o exemplo que segue. Um motor de corrente contínua, de 230 volts, tem 2ohms de resistência. A corrente que circulará no motor quando parado, pois não há força contra-eletromotriz, pela lei de Ohm, será:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{230V}{2\Omega} = 115 \text{ ampères}$$

Em determinada rotação, é gerada uma força eletromotriz de 100 volts. Nesse caso, a corrente será:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{230V - 100V}{2\Omega} = \frac{130V}{2\Omega} = 65 \text{ ampères}$$

Em plena marcha, a força eletromotriz gerada no motor atinge 200 volts e a corrente será:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{230V - 200V}{2\Omega} = \frac{30V}{2\Omega} = 15 \text{ ampères}$$

Em resumo, a corrente do motor em funcionamento será de 15 ampères. Se essa corrente não for limitada, atingirá o valor de 115 ampères na partida e poderá pôr em perigo os enrolamentos do motor, que foi preparado para suportar uma corrente de 15 ampères.

A intercalação de um reostato no circuito do motor é o meio pelo qual se pode regular a tensão nos bornes desse motor nas diferentes fases da marcha.

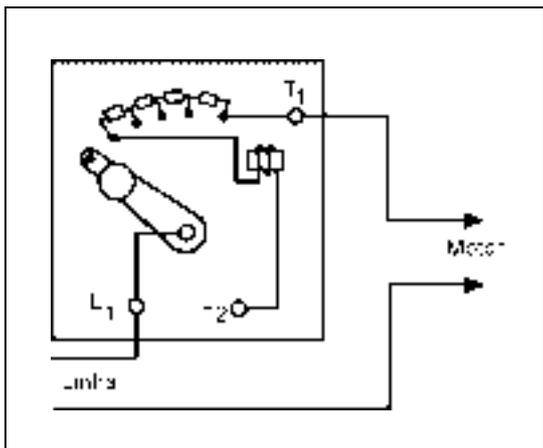
$$R = \frac{E}{I} = \frac{230}{15} \cong 15\Omega$$

Portanto, deve-se acrescentar uma resistência de 15Ω ao circuito para uma partida suave desse motor. Os reostatos não podem ser usados indistintamente. Eles devem ser escolhidos para o trabalho que vão realizar.

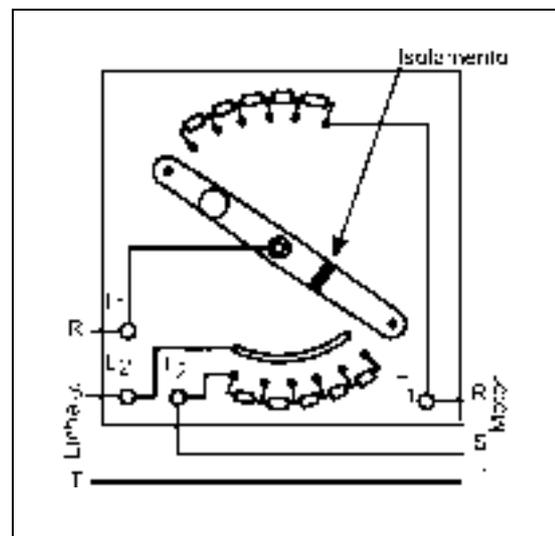
A tabela a seguir dá as características de alguns tipos de reostatos comerciais.

| Características | | | | | |
|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Tipo de reostato | Resistência em ohms | Corrente em ampères | Potência em watts | Número de pontos para regulação | Tipo de controle |
| Tubular | De 0,3 a 32.000 | De 0,1 a 25 | De 65 a 1.200 | De 20 a 6.000 | Cursor retilíneo |
| Anel | De 0,5 a 10.000 | De 0,07 a 31 | De 25 a 1.000 | De 20 a 1.200 | Cursor rotativo (knob) |
| Placa circular | De 2 a 2.000 | De 0,2 a 44 | - | De 30 a 120 | Cursor rotativo (knob) |
| Grade de ferro fundido | De 0,25 a 40 | De 5 a 650 | - | 60 a (máximo) | Cursor rotativo (knob) |
| Carvão sob compressão | De 0,001 a 3.000 | De 6 a 800 | De 20 a 5.500 | Infinito | Pressão por parafuso (Knob) |
| Líquido | De 60 a 12.000 | 0,1 | Alta | Infinito | Imersão da placa |

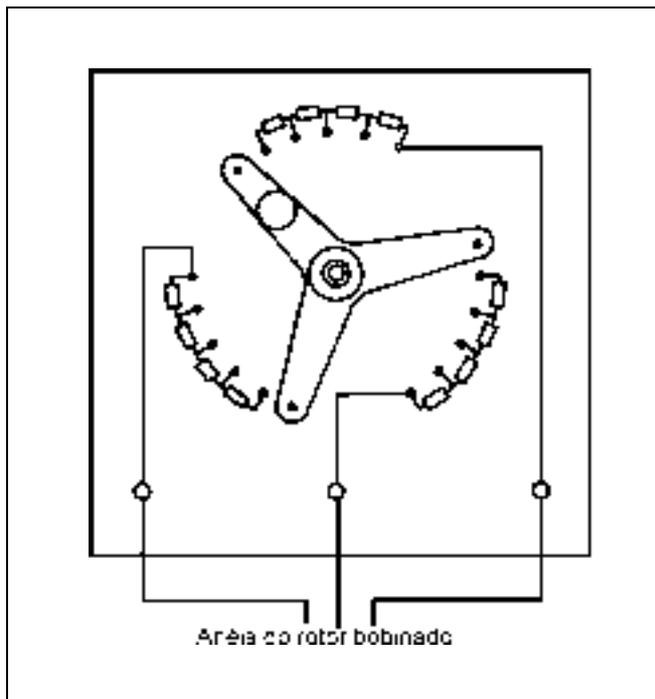
Veja, abaixo, alguns tipos de reostatos usados para demarragem ou partida de motores elétricos.



Reostato manual para partida de motores monofásicos de repulsão

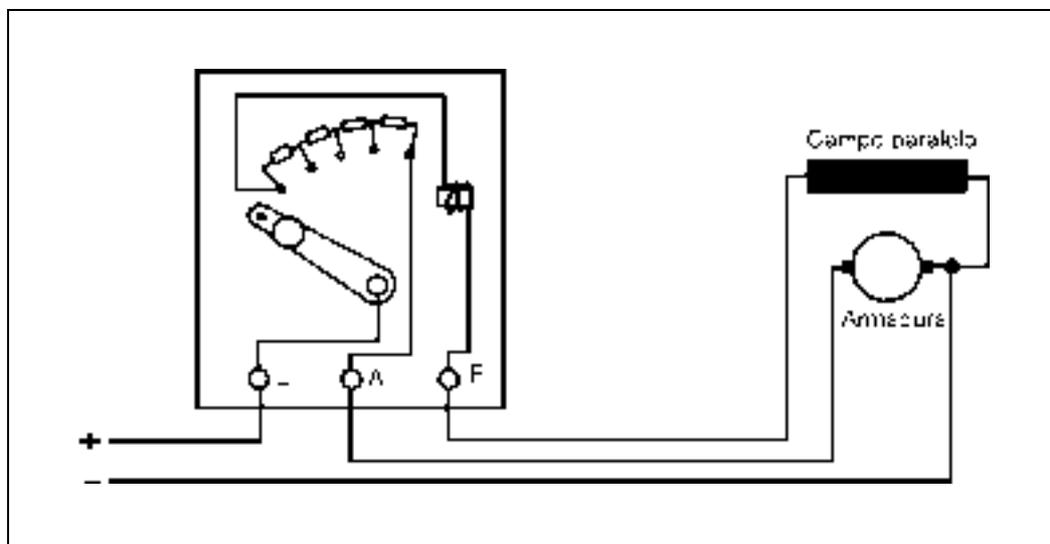


Reostato usado para partida de motores trifásicos de rotor em curto-circuito

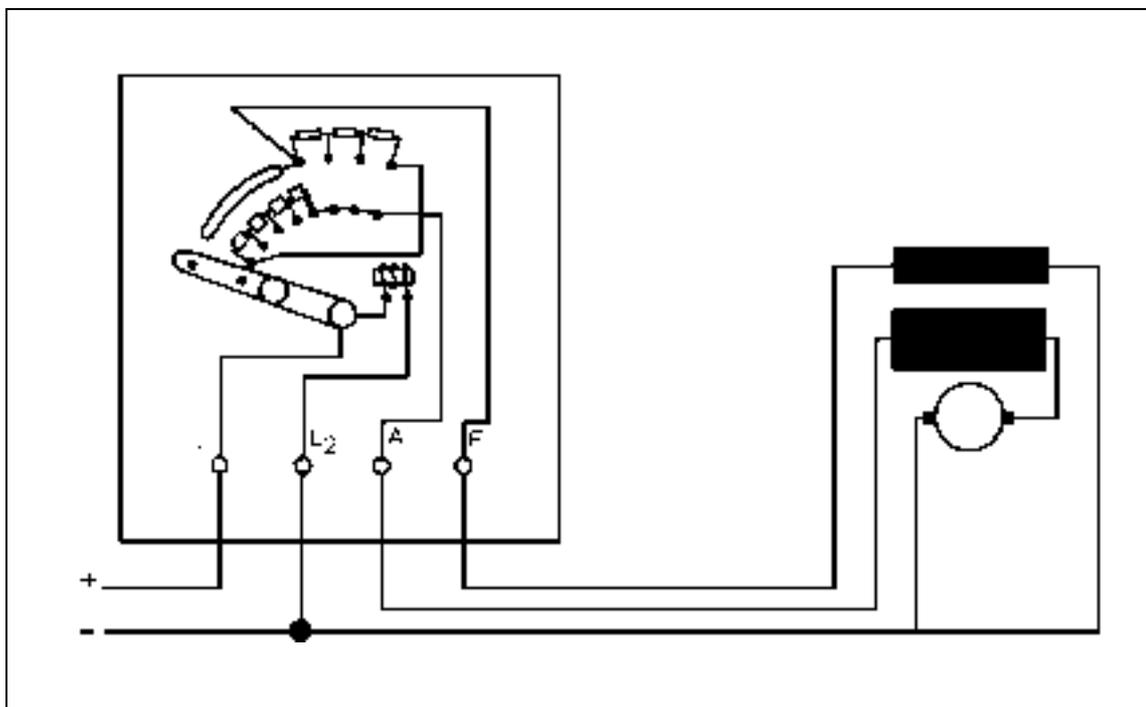


Reostato de partida para motores trifásicos de rotor bobinado

A figura abaixo mostra um reostato ligado a um motor **shunt** de corrente contínua.



A ilustração a seguir mostra um reostato combinado, partida e regulador de velocidade, intercalado no circuito de um motor **compound** de corrente contínua.



Balanceamento de rotor

Balanceamento é a distribuição equilibrada de peso sobre um corpo. O enrolamento de um induzido, principalmente quando feito a mão, faz com que as últimas bobinas fiquem maiores que as primeiras, porque foram enroladas sobre estas. Isso resulta em um desequilíbrio no peso do rotor. Isto é, se o peso de um corpo que gira ao redor de um eixo não está perfeitamente distribuído, de modo que o eixo fique no centro de gravidade do corpo, esse corpo, quando colocado em movimento, vai girar como se fosse excêntrico, provocando enormes vibrações. Por esta razão, torna-se necessário balancear o rotor após o enrolamento.

Há dois tipos de balanceamento de rotor:

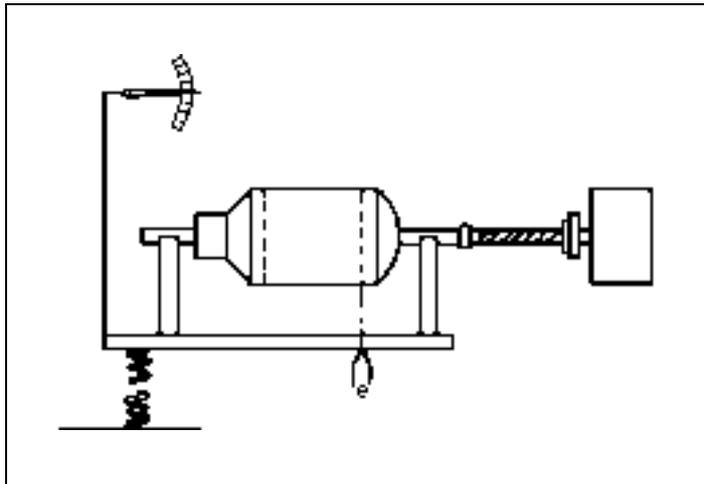
- Balanceamento estático
- Balanceamento dinâmico

O **balanceamento estático**, apesar de elementar, é pouco eficiente, ultrapassado para equipamento de alta rotação. Trata-se de colocar a armadura sobre um par de réguas prismáticas paralelas, que foram cuidadosamente niveladas, e impulsionar o rotor levemente, com o dedo. A armadura rolará ao longo das réguas e ficará num vaivém até parar com a parte mais pesada para baixo.

Para compensar o peso, cola-se uma quantia determinada de cola plástica ou cola de vidraceiro na parte superior do tambor, que, no caso, é a parte mais leve. A operação será repetida até que desapareça o desequilíbrio, isto é, o rotor rolará somente em uma direção, parando sempre em posições diferentes.

O **balanceamento dinâmico** é um processo moderno, mais correto e muito empregado. A máquina de balanceamento dinâmico é formada por dois mancais, fixos em uma base apoiada em uma das extremidades por um cutelo e, na outra, por uma mola, que transmite as vibrações para um indicador.

Observe a máquina de balanceamento na figura a seguir



A armadura a ser balanceada é montada sobre dois mancais que se ajustam ao comprimento do eixo. Um processo mecânico qualquer – cabo flexível ligado ao motor, roda de fricção, correia funcionando sobre o rotor – transmite movimento de rotação à armadura. A vibração será indicada pelo ponteiro do indicador.

Os pontos desbalanceados são encontrados eletronicamente em poucos segundos.

São as seguintes as vantagens do balanceamento dinâmico:

- Aumento de vida da bobinagem;
- Redução da fadiga dos eixos;
- Não-transmissão de ruídos;
- Aumento de vida dos rolamentos.

O balanceamento é tão importante quanto a bobinagem para o sucesso do reparo. O balanceamento dinâmico deve ser realizado segundo as normas de balanceamento dinâmico ISO – 1 940/UO/2 060 – ISO 2 372 – UO/2 056.

Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas

Resumo para execução

1. Desmonte o motor.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-----------------------------|--|---|
| Desmontar máquina giratória | <ul style="list-style-type: none"> • Extrator para polia • Martelo de bola • Talhadeira • Jogo de chave de boca fixa • Jogo de chave canhão • Jogo de chave allen • Saca-rolamento • Tarugo de cobre | <ul style="list-style-type: none"> • Pincel • Solvente para graxa • Graxa para rolamento |

2. Desfaça o bobinado.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|---|--|--|
| Desfazer bobinados de máquinas com núcleos ranhurados | <ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Varetas metálicas • Martelo • Lâmina de serra • Talhadeira • Escala milimétrica • Micrômetro/fieira AWB | <ul style="list-style-type: none"> • Ficha apropriada • Solvente para verniz |

3. Confeccione as bobinas.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|------------------------------|--|--|
| Enrolar bobinas para motores | <ul style="list-style-type: none"> • Bobinadeira manual com contagiros • Moldes para bobinas | <ul style="list-style-type: none"> • Fio magnético • Cordonê |

4. Dê forma às bobinas e encadarce-as.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-----------------|---------------------------------|--|
| Encadarçar | | <ul style="list-style-type: none"> • Cadarço de algodão |

5. Monte as bobinas nos canais do rotor.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-------------------------------|--|--|
| Montar bobinas tipo imbricado | <ul style="list-style-type: none"> • Espátula de fibra • Acamador • Martelo com pancada de plástico • Sarrafo de madeira macia | <ul style="list-style-type: none"> • Papel isolante de 0,50mm |

6. Faça as conexões.

| Operação | Ferramentas/instrumentos |
|------------------------------------|---|
| Ligar internamente motor trifásico | <ul style="list-style-type: none"> • Lâmpada em série • Alicata universal • Canivete |

7. Arremate o bobinado.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-------------------------------|---|---|
| Arrematar bobinado de estator | <ul style="list-style-type: none"> • Ferro de soldar 120W • Alicata universal • Canivete | <ul style="list-style-type: none"> • Espaguete de linho de 2mm a 4mm • Estanho • Cadarço de algodão ¾' • Papel isolante de 0,20mm |

8. Faça a bandagem.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-----------------|---|--|
| Percintar | <ul style="list-style-type: none"> • Canivete • Alicates universal • Tesoura para chapa • Ferro de soldar | <ul style="list-style-type: none"> • Fibra de 1/32' • Folha-de-flandres • Barbante • Arame de aço • Solda |

9. Faça o teste de curto-circuito entre espiras.

| Operação | Ferramentas/instrumentos |
|-------------------------------|---|
| Testar massa e curto-circuito | <ul style="list-style-type: none"> • Eletroímã de dimensões apropriadas (tatu) • Megôhmetro |

10. Balanceie o rotor

| | Ferramentas/instrumentos | |
|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina de balancear rotores | |

11. Monte o motor.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|-----------------------|---|---|
| Montar motor elétrico | <ul style="list-style-type: none"> • Martelo de bola • Tarugo de cobre ou latão • Jogos de chave de boca fixa, canhão ou allen | <ul style="list-style-type: none"> • Graxa para rolamento • Solvente para graxa |

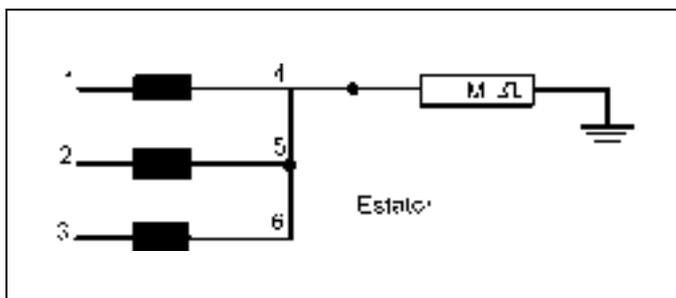
12. Monte e ajuste as escovas.

| Operação | Ferramentas/instrumentos | Materiais |
|--------------------------|--|--|
| Montar e ajustar escovas | <ul style="list-style-type: none"> • Dinamômetro • Jogos de chaves de boca fixa, canhão ou allen • Chave de fenda | <ul style="list-style-type: none"> • Lixa • pincel |

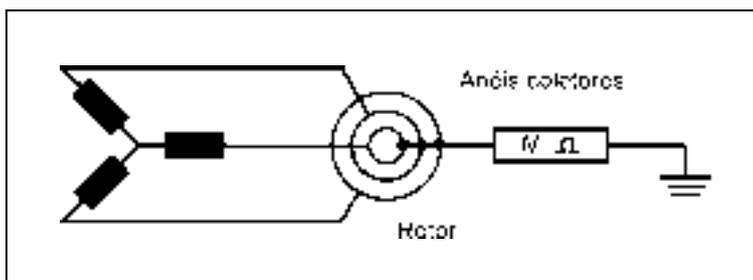
Ensaiar motor com rotor bobinado

Verificar as resistências de isolamento e as resistências dos condutores

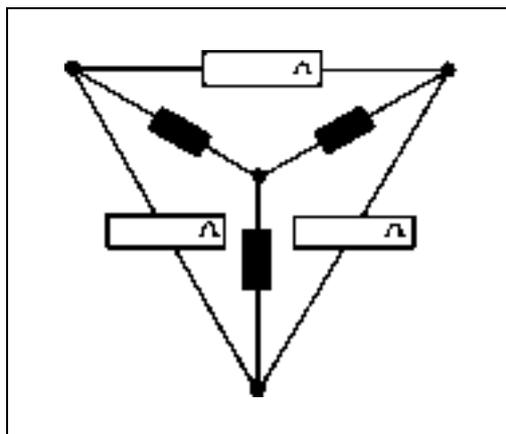
1. Meça a resistência de isolamento do estator.



2. Meça a resistência de isolamento do rotor.



3. Meça a resistência dos condutores por fases do rotor.



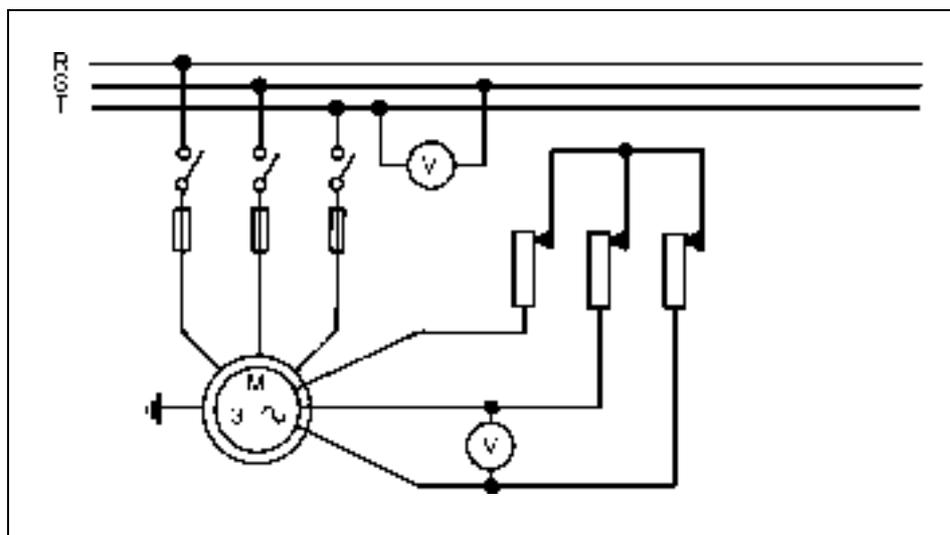
$$R_1 = \frac{R_1 + R_2}{2} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$R_2 = \frac{R_2 + R_3}{2} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$R_3 = \frac{R_3 + R_1}{2} = \underline{\hspace{10em}}$$

Determinar a tensão no rotor - V_R

4. Monte o circuito conforme o diagrama. Adote, no motor, a correção de ligação conforme a tensão disponível.



5. Ajuste o reostato para resistência máxima, energize o motor sem carga e meça o valor de tensão E_R . Anote no quadro.

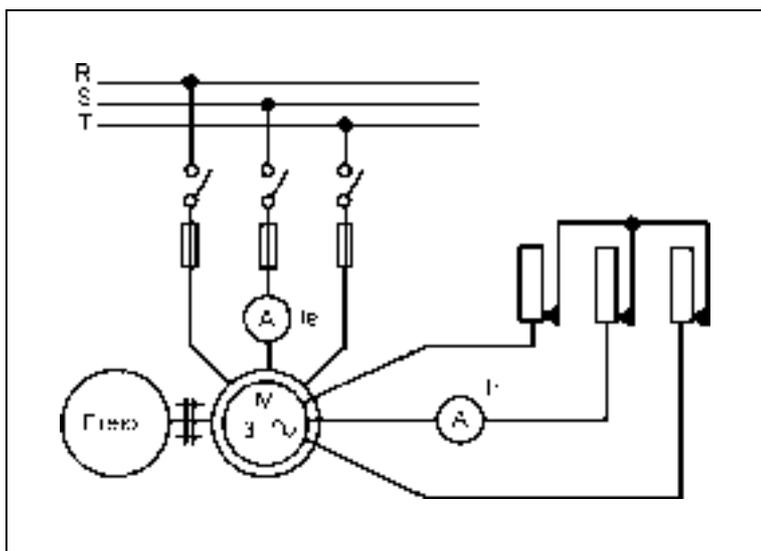
6. Diminua o valor da resistência em 50% e meça o valor de E_R . Anote no quadro

7. Diminua totalmente o valor da resistência, colocando o reostato em curto-circuito, e meça o valor de E_R .

| | Valores teóricos | Valores medidos |
|------------------|--------------------|-----------------|
| Fechado | Zero V | |
| 50% do reostato | $1/6 EL \cong 36V$ | |
| 100% do reostato | $1/3 EL \cong 73V$ | |

Medir os valores de I_R e I_e e o conjugado a plena carga

8. Acople o motor ao freio para ensaios de carga.
9. Monte o circuito conforme o diagrama e **shunt** os amperímetros.



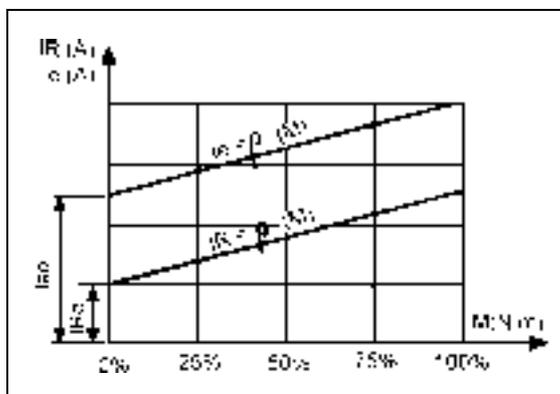
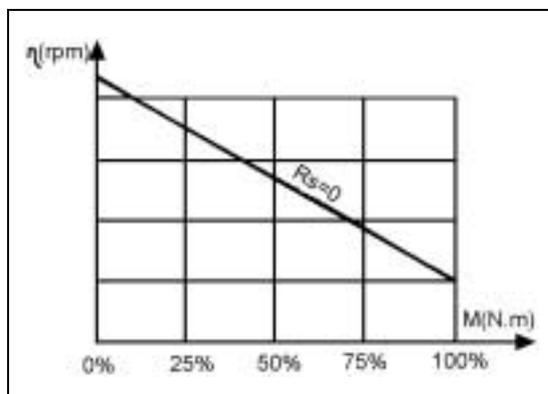
10. Dê partida ao motor, retire os **shunts** dos amperímetros e feche suavemente o reostato em curto-circuito, mantendo essa posição até o final desta parte do ensaio.

11. Ponha carga, através do freio, suavemente, até o motor atingir a corrente nominal. Anote no quadro os valores na linha com 100% de carga para I_R , I_e , F e n.

| Valores medidos | | | |
|-----------------|-----------|-----------|---------|
| Carga % | I_R (V) | I_e (V) | F (N/m) |
| 100 | | | |
| 75 | | | |
| 50 | | | |
| 25 | | | |
| 0 | I_{R0} | I_{e0} | |

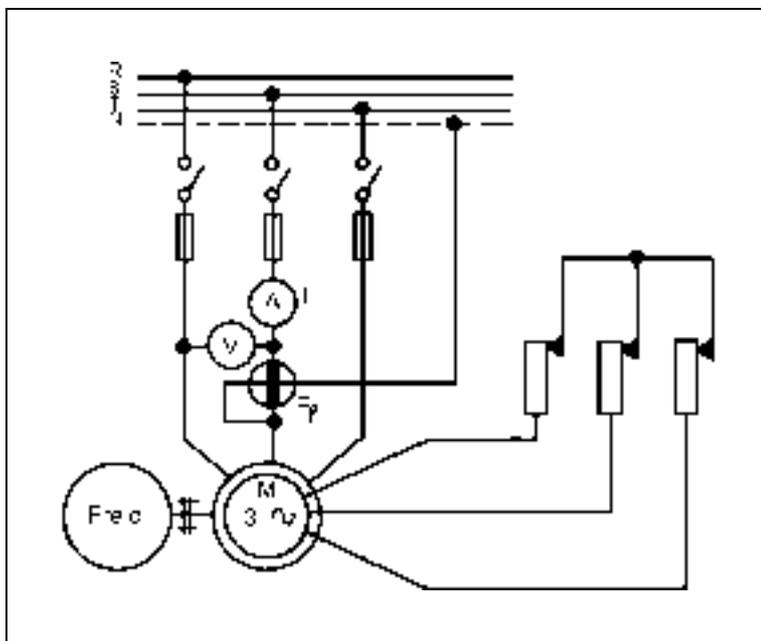
| Valores calculados | | | |
|--------------------|-------|---------|---------|
| Fração | N rpm | M-C N/m | Pm cv-H |
| 4/4 | | | |
| 3/4 | | | |
| 2/4 | | | |
| 1/4 | | | |
| - | | | |

12. Diminua a carga para $\frac{3}{4}$ da força F indicada no dinamômetro. Anote os valores no quadro.
13. Repita para $\frac{2}{4}$ de F, $\frac{1}{4}$ de F e vazio. Anote os valores no quadro e desligue os circuitos.
14. Trace as curvas I_R , I_e e n em função do conjunto M.



Determinar o rendimento, $\cos \varphi$ e o comportamento da rotação para o reostato $R_s = 0$, $R_s = 20\%$, $R_s = 40\%$ e $R_s = 60\%$.

15. Monte o circuito conforme o diagrama.



16. **Shunt** o amperímetro e a parte amperimétrica do wattímetro.

17. Ligue o motor, retire os **shunts** e feche novamente o reostato para $R_s = 0$.

18. Ponha, suavemente, $\frac{1}{4}$ da carga. Controle pela força F , cujo valor você anotou no quadro anterior, e complete o quadro seguinte com F para $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{4}$ e $\frac{5}{4}$.

Observação

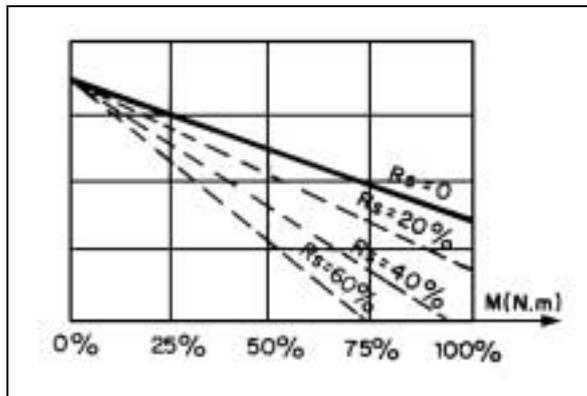
Peça a seu instrutor duas cópias deste quadro e faça as anotações nas cópias.

| Valores medidos | | | | | | | Valores calculados | | | | |
|--------------------|--------|---------|----------------|---------|---------|----------|--------------------|----------|----------|------------|--------|
| Carga % fração | F N | EL V | Reostato Rs | IL A | Pf W | n Rpm | PM cv-HP | M N/m | Pa VA | cos φ % | μ % |
| 25% $\frac{1}{4}$ | | 220V | Zero | | | | | | | | |
| | | | 20% | | | | | | | | |
| | | | 40% | | | | | | | | |
| | | | 60% | | | | | | | | |
| 50% $\frac{2}{4}$ | | 220V | Zero | | | | | | | | |
| | | | 20% | | | | | | | | |
| | | | 40% | | | | | | | | |
| | | | 60% | | | | | | | | |
| 75% $\frac{3}{4}$ | | 220V | Zero | | | | | | | | |
| | | | 20% | | | | | | | | |
| | | | 40% | | | | | | | | |
| | | | 60% | | | | | | | | |
| 100% $\frac{4}{4}$ | | 220V | Zero | | | | | | | | |
| | | | 20% | | | | | | | | |
| | | | 40% | | | | | | | | |
| | | | 60% | | | | | | | | |
| 125% $\frac{5}{4}$ | | 220V | Zero | | | | | | | | |
| | | | 20% | | | | | | | | |
| | | | 40% | | | | | | | | |
| | | | 60% | | | | | | | | |

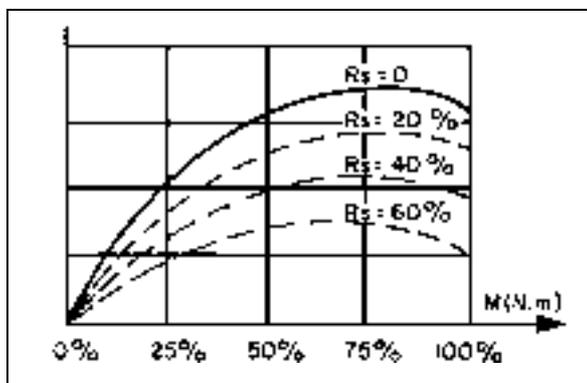
19 Meça a n variando, respectivamente, o reostato de $R_s = 0$ para $R_s = 20\%$, $R_s = 40\%$ e $R_s = 60\%$, com carga $\frac{1}{4}$. Anote os resultados no quadro que o instrutor lhe entregou.

20 Complete o ensaio para os outros valores.

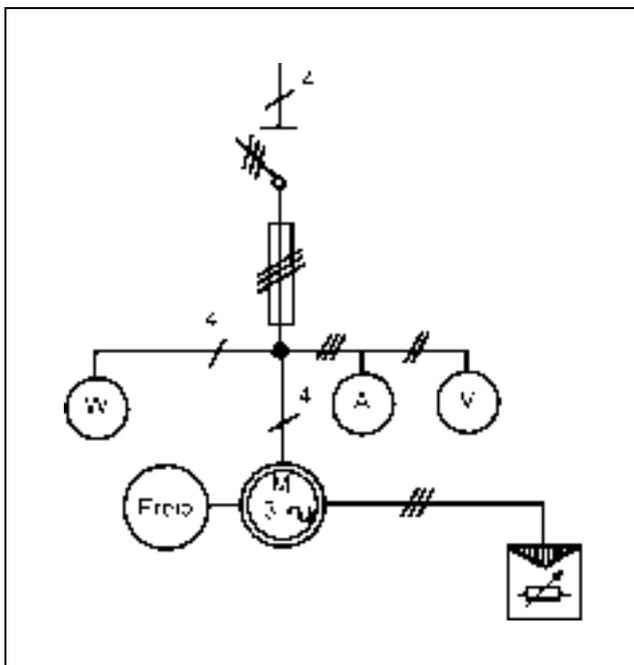
21 Trace o gráfico com os valores do quadro, comparando rendimento e conjugado



22 Trace o gráfico com os valores do quadro, comparando conjunto e rotação.



Montagem e ensaio de rotor com motor bobinado



1. Monte o circuito conforme o diagrama.
2. Dê a partida e elimine o reostato de partida.
3. Ajuste o freio para corrente nominal.
4. Faça as anotações de tensão, corrente e potência.
5. Elimine a carga e anote os valores de tensão, corrente e potência.
6. Calcule o fator de potência do motor com carga nominal.
7. Calcule o fator de potência do motor a vazia.

Aparelhos

- Megôhmetro
- Ponte de Wheatstone
- Freio de Prony
- Tacômetro
- Amperímetro de 0 a 5A
- Amperímetro de 0 a 10A
- Voltímetro de 0 a 150V
- Wattímetro monofásico

Material

- Cabos para conexões

Equipamentos

- Chaves fixas

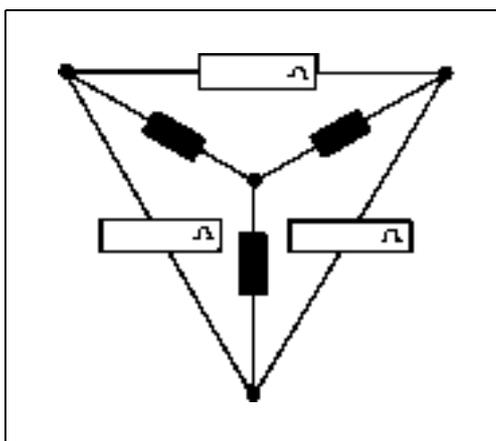
Montagem e ensaio de rotor com motor bobinado - Exercícios

1. Dê a resistência de isolamento:

Do estator, medida a _____ °C = _____ MΩ

Do rotor, medida a _____ °C = _____ MΩ

2. Dê a resistência das frases do rotor.



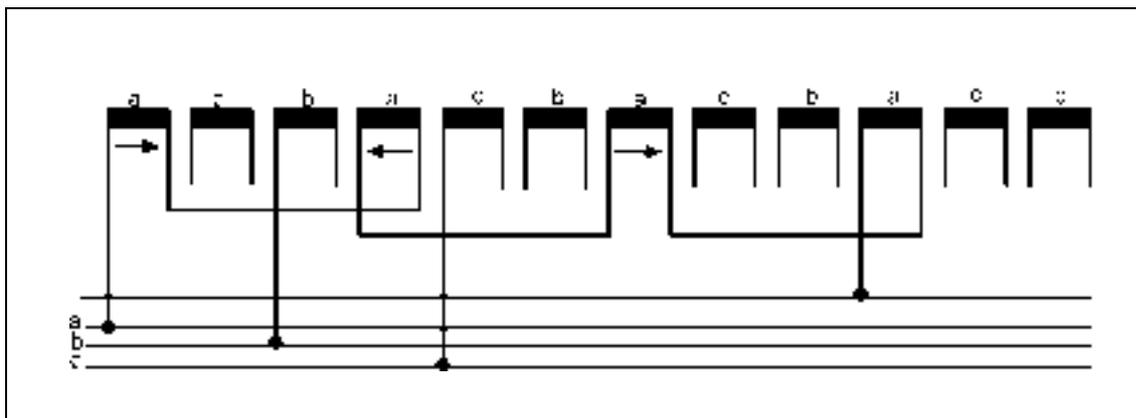
$$R_1 = \frac{R_1 + R_2}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_2 = \frac{R_2 + R_3}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_3 = \frac{R_3 + R_1}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Meça o valor da tensão no rotor com o motor girando sem carga e o reostato na máxima resistência e mínimo curto-circuito.

4. Complete o esquema simplificado para esse rotor.



5. Calcule a pressão de uma escova de 4cm^2 de área de carvão grafite.

6. Assinale com **X** as alternativas corretas.

- a) () Os reostatos são usados para regular a tensão dos geradores, a velocidade dos motores, a corrente dos circuitos, etc.
- b) () Uma das principais funções do reostato é a partida dos motores elétricos, ou demarragem.
- c) () A intercalação do reostato no circuito do motor é o meio pelo qual se pode regular a corrente no enrolamento desse motor.

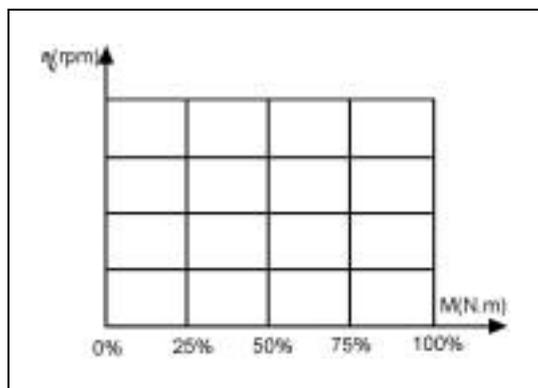
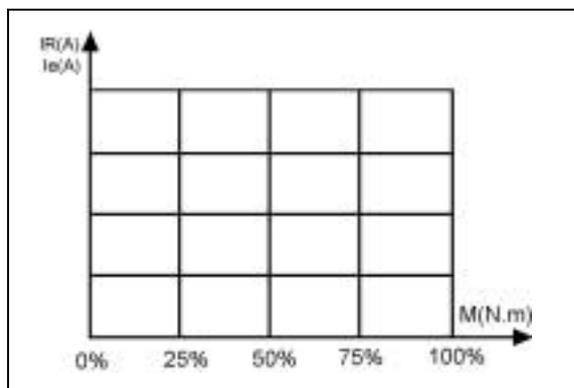
7. Cite as principais conseqüências do funcionamento de um rotor desbalanceado.

4. Preencha a tabela com os valores de I_R e I_e para o motor em função do seu conjugado.

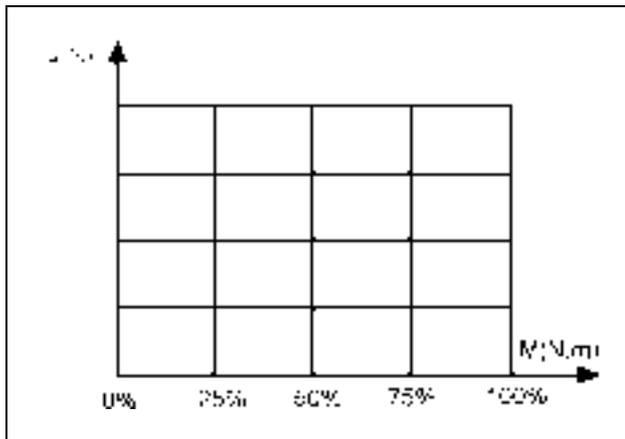
| Valores medidos | | | |
|-----------------|-----------|-----------|---------|
| Carga % | I_R (V) | I_e (V) | F (N/m) |
| 100 | | | |
| 75 | | | |
| 50 | | | |
| 25 | | | |
| 0 | I_{R0} | I_{e0} | |

| Valores calculados | | | |
|--------------------|-------|---------|---------|
| Fração | N rpm | M-C N/m | Pm cv-H |
| 4/4 | | | |
| 3/4 | | | |
| 2/4 | | | |
| 1/4 | | | |
| - | | | |

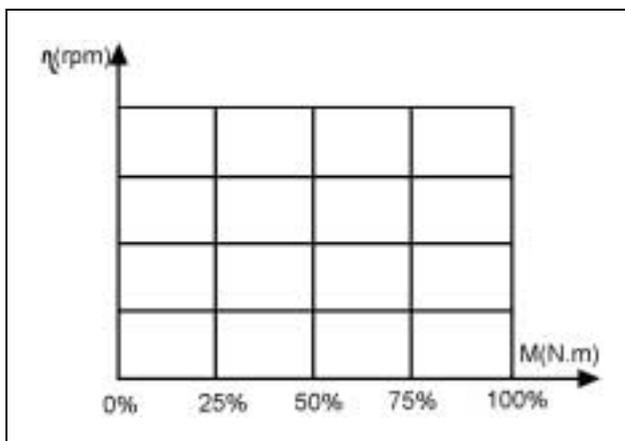
5. Trace curvas de I_R e I_e em função do conjugado m e da velocidade n .



6. Trace o gráfico comparando rendimento e conjugado.



7. Trace o gráfico comparando conjugado e rotação.



46.15.12.670-5

Aprendizagem Industrial

Eletricista de manutenção

Bobinadeira manual

Montagem de ferro de soldar

Preparação e bobinagem de transformador monofásico

Polarização e ensaio de transformador trifásico

Bobinagem de motor trifásico meio imbricado

Bobinagem de motor trifásico imbricado

Bobinagem de motor trifásico com ligação Dahlander

Bobinagem de motor monofásico de fase auxiliar

Bobinagem de rotor com bobinas pré-moldadas

Preparação e bobinagem de rotor universal

Preparação e bobinagem de armaduras de máquinas c.c.