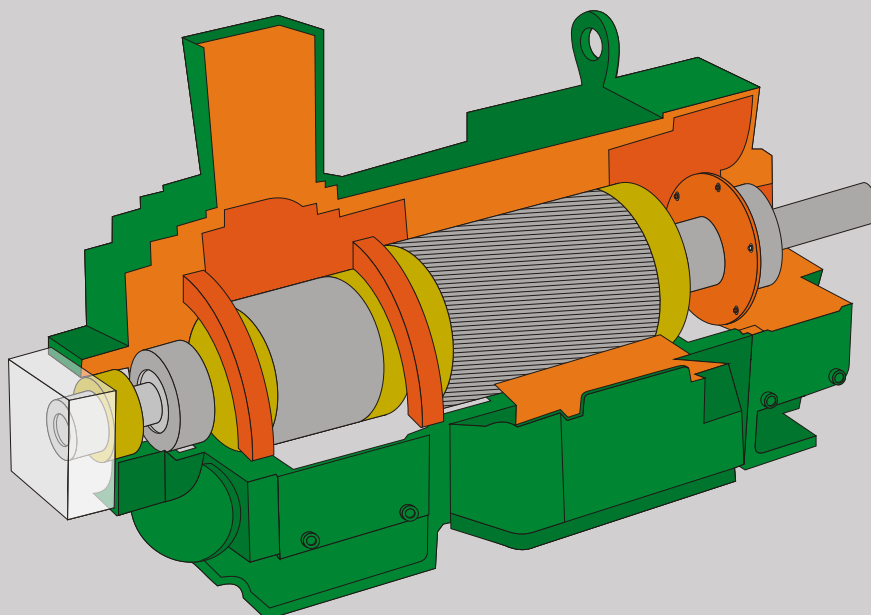


MANUAL INO DE MANUTENÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

NOVIDADES

Atualmente os motores elétricos desempenham um papel importantíssimo no progresso da humanidade. Devido a sua versatilidade, podem ser usados nos mais variados campos de aplicação.



Seguramente, são, hoje, os meios mais eficientes para a transformação de energia elétrica em mecânica. Isso significa dizer, que o motor elétrico deve receber tratamento adequado.

NOSSA MISSÃO

Temos como objetivo ajudar os profissionais do ramo, facilitando-lhes a tarefa de conservar o mais importante de todos os equipamentos:

O MOTOR ELÉTRICO



ÍNDICE

1. Recepção 05

2. Armazenamento 05

3. Resistência de isolamento 05

 3.1. Exemplo de utilização 06

4. Instalação 06

5. Acoplamento e fixação mecânica 07

6. Limpeza e cuidados gerais 07

7. Manutenção 07

 7.1. Secagem 07

 7.2. Rolamentos 08

 7.3. Porta-escovas 08

 7.4. Escovas 08

 7.5. Assentamento das escovas 09

 7.6. Comutador 09

 7.7. Verificação da comutação 10

8. Acerto da linha neutra 11

9. Filtros de ar 12

10. Lubrificação 12

 10.1. Lubrificação com graxa 12

 10.2. Lubrificação com óleo 12

11. Montagem e desmontagem 13

12. Rejuvenescimento 13

13. Reenrolamento 14

14. Balanceamento 15

 14.1. Defeitos provocados em um motor 15

15. Ensaios 15

 15.1. Ensaios de resistência mecânica 15

 15.2. Ensaios de resistência de isolamento 15

 15.3. Ensaios de tensão suportável 16

 15.4. Ensaios em vazio 16

 15.5. Ensaios em carga nominal 17

 15.6. Ensaios de vibração 17

16. Reenrolamento incorreto 18

 16.1. Secção do fio diferente 18

 16.2. Número de espirais diferente 18

 16.3. Passo do enrolamento diferente 18

 16.4. Curto de espirais 18

Normas brasileiras - ABNT 19

Sistema internacional de unidades 20

Conversão de unidades 21

Plano de manutenção 24

1

RECEPÇÃO

Ao se receber um equipamento novo ou para reparo, deve-se proceder a um exame detalhado do conjunto, verificando a existência de danos durante o transporte e, se houve extravio de alguma peça, parte ou componente.

É obrigatório que as operações de manuseio se dêem através dos olhais de suspensão do motor ou por empilhadeiras adequadas (não use a embalagem para levantamento). Deve-se evitar choques mecânicos sob pena de danificar mancais, rolamentos ou outras partes componentes.

Verificar se houve penetração de água no invólucro do motor. Caso isto tenha ocorrido, deve-se proceder a uma operação de secagem antes que se dê o armazenamento.

2

ARMAZENAGEM

O motor deverá ser armazenado em local abrigado, seco e limpo, que garanta proteção contra variações bruscas de temperatura.

Evite deixar as janelas de inspeção e/ou tampas de caixas de ligação abertas durante a armazenagem. Não apoie caixas ou outras peças sobre o motor.

Se o motor dispuser de resistência de aquecimento (para evitar condensação de umidade internamente) procure utilizar esse recurso (observar a tensão de alimentação da resistência na placa de identificação do motor).

Procure evitar que as escovas permaneçam em contato com o comutador ou anéis coletores por muito tempo, pois pode ocorrer corrosão na superfície de contato. Isole a superfície de contato com papelão ou mantenha as escovas levantadas (fora do porta-escovas).

Uma vez por semana, movimente o eixo do motor (manualmente) realizando pelo menos dez voltas, para evitar contato em apenas um ponto da superfície de apoio dos rolamentos.

Procure proteger os terminais de contato elétrico e as pontas de eixo da incidência de corrosão (no caso de ponta de eixo pode-se evitar a corrosão com a aplicação de uma camada de graxa lubrificante).

3

RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

Todos os motores são devidamente ensaiados antes de expedidos, para comprovar sua performance conforme o pedido.

A resistência de isolamento deve ser medida antes de se colocar em funcionamento, pois no transporte, no armazenamento ou na montagem pode ter sofrido alguma alteração devido a umidade e deterioração mecânica. Por este motivo deve ser medida a resistência de isolamento, com um instrumento de, no mínimo, 500V, entre as bobinas e a carcaça (Megômetro).

Uma verificação periódica da resistência de isolamento é aconselhável. Para obter os mesmos resultados; as medidas devem ser feitas sob condições idênticas, à do teste, lembrando que a temperatura e a umidade afetam substancialmente os valores medidos. A resistência mínima de isolamento esperada, para motor limpo e seco a 40°C é de:

$$R_m = U_n + 1$$

Onde:

R_m = resistência de isolação mínima recomendada (Megaohms);

U_n = tensão nominal do motor em KV.

Uma idéia aproximada da variação da resistência de isolamento em função da temperatura, pode ser vista na tabela abaixo.

Temperatura entre	10-20°C	30-40°C	50-60°C	70-80°C
Resistência de Isolamento	40 MΩ	10 MΩ	4 MΩ	1 MΩ

3.1

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

Para um motor trifásico de 440 V. A resistência de isolamento mínima recomendada é de:

$$R_m = 0,44 + 1 = 1,44 M\Omega$$

Se a leitura for efetuada em temperatura diferente de 40°C será necessário corrigir para esta temperatura conforme gráfico nº 1.

Ex.: Se a leitura efetuada a 30°C no motor foi de 4 Megaohms, conforme o gráfico 1, temos:

$$R_{40^\circ C} = R \text{ lida a temp. } t \times k_t 40^\circ C$$

$$R_{40^\circ C} = 4 M\Omega \times (0,5) = 2,0 M\Omega$$

Como 2,0 MΩ é maior que 1,44 MΩ a resistência de isolamento ainda satisfaz o mínimo recomendável.

Em motores novos, muitas vezes podem ser obtidos valores inferiores devido à presença de solvente nos vernizes isolantes que posteriormente se volatilizam durante a operação normal. Isto não significa necessariamente que o motor está inapto para operação, uma vez que a resistência de isolamento se elevará depois de um período em serviço. Em motores velhos, em serviço, podem ser obtidos freqüentemente valor muito maiores.

A comparação com valores obtidos em ensaios anteriores no mesmo motor, em condições similares de carga temperatura e umidade serve como uma melhor indicação das condições da isolação do que o valor obtido num único ensaio, sendo considerada suspeita qualquer redução grande ou pequena.

K140C - Coeficiente de variação da resistência de isolamento

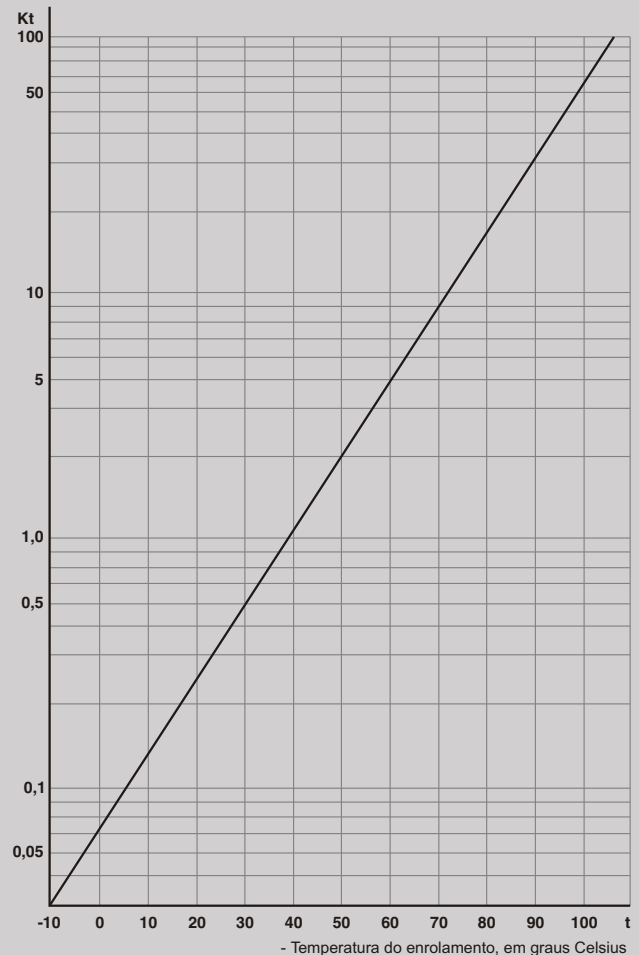


Gráfico 01

4

INSTALAÇÃO

Antes de acionar o motor recomenda-se que se verifique se a tensão da linha elétrica local corresponde àquela constante na placa do motor, e se a ligação está de acordo com o tipo de ligação indicada para a tensão de alimentação.

Verifique também todas as folgas entre as partes vivas (terminais, rabichos de escovas, etc...) entre si e para a massa. Certifique-se que as escovas estão colocadas

sobre os respectivos comutadores e/ou anéis coletores e devidamente assentadas.

Não esqueça de verificar a resistência de isolamento da máquina, antes de energizá-la. Antes de acoplar o motor, recomenda-se deixá-la rodar em vazio por cerca de uma hora, observando-se a presença de algum ruído anormal ou aquecimento localizado.

Com o equipamento desacoplado aproveite para ver se o sentido de giro do motor é o desejado. Caso contrário inverta a ligação.

Para motores assíncronos trifásicos basta trocar dois fios de alimentação para inverter o sentido de rotação.

5 ACOPLAMENTO E FIXAÇÃO MECÂNICA

Os motores elétricos poderão ser acoplados entre si e a outras máquinas de diversas formas, devendo ser observado porém, sempre um perfeito acoplamento e sua correta montagem para evitar problemas.

Os acoplamentos elásticos quando corretamente montados não deverão apresentar ruídos ou desgaste excessivo dos elementos elásticos (verifique o perfeito alinhamento dos eixos).

No caso de transmissão por correias planas ou em “V” é importante uma montagem correta da polia de acionamento, ou seja, montar a mesma o mais próximo possível do motor, deixando uma distância aceitável (para possíveis deslocamentos axiais e manutenção) entre raios, anel exterior e cubo da carcaça do motor, para não termos um momento flexor elevado na região do mancal; caso contrário o eixo do motor poderá romper-se por fadiga.

Quando a transmissão se fizer por correntes de rolo ou engrenagens, deverá ser observada a mesma norma anterior de montagem das polias e prover de boa lubrificação os elementos rolantes e engrenagens, assim como boa limpeza na caixa de proteção. Quando for observado em qualquer dos casos um desgaste excessivo nos elementos de transmissão, verificar o alinhamento e lubrificação e substituir o elemento que se apresentar desgastado, corrigindo o defeito. Verifique se os pés do motor estão devidamente apoiados em bases sólidas. Para corrigir pequenas diferenças use calços de aço.

Observe se os parafusos e porcas utilizados na fixação do motor estão devidamente apertados.

6 LIMPEZA E CUIDADOS GERAIS

ATENÇÃO:

Motores de corrente contínua alimentados por meio de retificadores podem apresentar tensões perigosas no porta-escovas e enrolamentos em relação à “massa” mesmo quando não estiverem girando. Antes de tocar qualquer parte do motor, esteja certo de que ele não está sob tensão abrindo todos os cabos de alimentação da armadura e campo.

Uma inspeção regular em intervalos dependentes das condições de serviço é o melhor meio de evitar paradas anti-econômicas e reparos demorados. O motor deve ser mantido livre de poeira, sujeira, e óleo por meio de uma limpeza periódica. Muita atenção deve ser dada à limpeza da isolamento do porta-escovas, bornes, caixa de ligação, ventilador, aletas de refrigeração, etc, que rapidamente ficam cobertos de pó.

7 MANUTENÇÃO

7.1 SECAGEM

Se a resistência de isolamento está abaixo do cálculo e o motor havia estado armazenado em um lugar úmido, então o motor deve ser secado para evitar contra tempos. Isto pode ser feito de uma forma muito simples em um lugar fechado elevando-se a temperatura mediante resistências ou lâmpadas de calefação, mantendo certa ventilação. A temperatura não deve ultrapassar 75°C medida nas cabeças de bobinas. Esta temperatura deve ser alcançada paulatinamente durante o transcurso de 6 horas e nenhuma peça do motor deve ser aquecida além de 90°C.

Depois de alcançada a resistência de isolamento especificada, deve-se deixar o motor funcionando durante algum tempo livre de carga.

7.2

ROLAMENTOS

Nos motores padrão até a altura de eixo 132, os rolamentos são previstos com lubrificação permanente, sendo a manutenção mais simples.

Para condições normais de trabalho (aproximadamente 8 horas diárias), a lubrificação dura vários anos. Depois deve ser trocado o rolamento. Nos motores com altura de eixo 160 em diante, os rolamentos são previstos com dispositivo de relubrificação. O tipo de graxa, a qualidade e o intervalo de relubrificação se encontram na placa de lubrificação.

O ruído nos mancais deverá ser verificado a intervalos que poderão variar de 1 a 4 meses. Um ouvido bem treinado é perfeitamente capaz de distinguir o aparecimento de ruídos anômalos, mesmo empregando os meios mais simples (uma chave de fenda, uma vareta, etc), sem necessidade de recorrer a cornetas acústicas ou estetoscópios comumente encontrados no mercado. Um zumbido uniforme é sinal de que o rolamento está trabalhando em perfeitas condições.

O controle de temperatura também faz parte da manutenção de rotina. A temperatura de trabalho no mancal é de aproximadamente 70°C, nas máquinas abertas, e 90°C nas máquinas fechadas, considerando uma temperatura ambiente de 40°C. Excesso de graxa nos mancais também poderá ser causa de temperaturas elevadas.

7.3

PORTA-ESCOVAS

O porta-escovas é regulado na fábrica na sua posição mais favorável para seu funcionamento. Esta posição (zona neutra) é indicada por uma marca no parafuso fixador do porta-escovas e não deve ser alterada, pois serve para qualquer valor de carga.

A distância entre o porta-escovas e a superfície do comutador deverá ser aproximadamente 2mm, para evitar ruptura e outros danos às escovas.

Quando for substituída ou recondicionada a armadura é provável que a posição do porta-escovas deva ser alterada.

Para ajustar as escovas na posição neutra (calagem das escovas), recomenda-se o método do golpe indutivo, e o rebalanceamento será obrigatório.

7.4

ESCOVAS

A cada motor de corrente contínua é destinado previamente uma qualidade de escovas, devendo ser usado sempre o mesmo tipo de escova fornecido originalmente.

Nunca deverão ser misturadas sobre o mesmo comutador, escovas de tipos diferentes.

A escolha do tipo de escova é feita em função das características de cada motor tais como: velocidade, tensão, densidade de corrente, rendimento, etc.

Normalmente são usadas escovas monobloco, mas se as condições mecânicas e elétricas forem difíceis ou simplesmente se supõe que podem surgir dificuldades, utiliza-se e escovas duplas (gêmeas) com amortecedor.

As escovas se classificam em 5 grupos:

1 - Carvão

2 - Carvão-grafite

3 - Eletrografite

4 - Grafite

5 - Metal-grafite

Assim, qualquer mudança do tipo de escovas, somente deverá ser levada a efeito com a autorização do fabricante, porque as diferentes espécies de escovas provocam modificações no comportamento do motor em serviço.

As escovas deverão ser constantemente observadas durante o serviço. As que porventura revelarem desgaste, deverão ser substituídas em tempo hábil.

Ao serem substituídas as escovas deverão ser acertadas com lixa d'água nº 220 a fim de se ajustarem perfeitamente à superfície do comutador. Devem ter liberdade de movimento no porta-escovas.

Se ficarem emperradas ou sujas, terão que ser retiradas do porta-escovas para serem limpas e o porta-escova reparado se necessário. As escovas deverão assentar com uma pressão uniforme sobre toda a superfície de contato, para que haja uma boa distribuição da corrente. Normalmente a pressão deve situar-se entre 180 a 200g/cm².

Molas cansadas devem ser substituídas.

O desgaste das escovas depende freqüentemente das mesmas trabalharem dentro da sua gama de solicitação ótima. Cada motor é dotado de uma quantidade de escovas adequada para que atendam as solicitações do mesmo. Se a potência permanentemente exigida da máquina for acentuadamente inferior à potência nominal, poderá haver conveniência em reduzir o número de escovas a fim de diminuir o desgaste.

7.5 ASSENTAMENTO DAS ESCOVAS

Para as escovas serem consideradas bem assentadas elas tem que ter pelo menos 75% da sua superfície em contato com o comutador. Recomendamos como um método simples e seguro para o operador de manutenção, assim como para a máquina o seguinte procedimento:

- Com o motor desligado e desconectado da fonte de alimentação, coloque sobre o comutador uma tira de lixa de granulação média com a superfície áspera voltada para a escova. A lixa deve ser mais larga do que a escova.

Segure a lixa com a mão e gire o comutador para a esquerda e para a direita até que a escova integre perfeitamente à superfície na qual deve deslizar, ou seja, adquira a curvatura necessária para encostar perfeitamente no comutador. (ver figura 01)

OBSERVAÇÃO: Após esta operação, a máquina deve ser limpa com jatos de ar comprimido seco para retirar os resíduos de pó das escovas e da lixa.

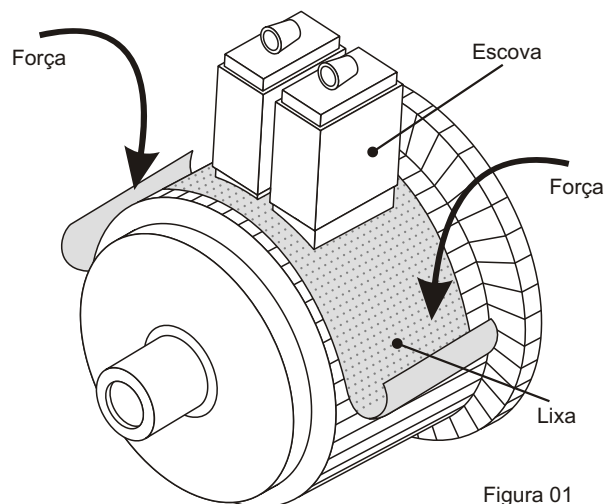


Figura 01

7.6 COMUTADOR

O bom estado do comutador é fundamental para o bom comportamento do motor de corrente contínua. Por isso, é importante a sua observação periódica.

O comutador deve ser conservado livre de óleo e os sulcos entre as lâminas devem ser mantidos limpos. Uma coloração marrom escuro ou levemente negra revela um bom funcionamento do comutador.

Se a superfície está brilhante lustrosa, ou áspera, é provável que a granulação da escova deve ser trocada. Se a superfície está coberta por uma pátina negra espessa, ela deve ser removida por meio de lixa d'água nº 220 ou por meio de pedra-pome artificial.

O motor de corrente contínua funciona melhor se o coletor possui uma temperatura próxima a 80°C, produzida pela passagem da corrente. Se o aquecimento resultar de outras causas, o coeficiente de atrito não será favorável. Isto é a passagem da corrente entre as escovas e o comutador possui um "efeito lubrificante". Este fenômeno é conseguido mantendo-se a densidade de corrente, nas escovas, no valor normal especificado.

Ao sair da fábrica o comutador é usinado e polido, não necessitando qualquer tratamento na sua superfície antes de colocado em funcionamento pela primeira vez.

Normalmente não necessita ser usinado por muitos anos. Se após o uso o comutador estiver gasto ou ovalizado,

deve ser recuperado usinando-o em um torno.

O desgaste deve ser medido na pista gasta pelas escovas e sobre a parte livre não usada pelas escovas. Se o desgaste for maior que 0,05mm, ou se a diferença em altura entre duas lâminas quaisquer adjacentes, for maior que 0,005mm, o comutador deve ser torneado. O torneamento deve ser feito com ferramentas de metal duro (carboneto de tungstênio) ou diamante.

Uma velocidade adequada para um desbaste grosseiro é de 250 a 300 m/min, e para um acabamento fino é de 300 a 400 m/min. O avanço para torneamento grosseiro pode ser de 0,5mm/rev., e para acabamento fino 0,05 a 0,1 mm/rev. A profundidade de corte para acabamento fino deve estar abaixo de 0,05mm. O torneamento deve ser feito de preferência, a plena velocidade para motores de alta velocidade ou motores de comutação severa.

Como o desgaste das ferramentas de metal duro é elevado em altas velocidades de corte, ferramentas com ponta de diamante podem ser usadas, pois atingem velocidades de até 1500 m/min.

O torneamento em velocidades muito baixas com ferramentas de aço normal deve ser evitado. Com estas ferramentas, as lâminas do coletor tomam uma forma arredondada em vez de uma forma chata obtida com ferramentas de diamante ou metal duro.

Depois do torneamento deve ser verificada a profundidade de ranhura entre as lâminas.

Esta profundidade deve ficar entre 0,7 e 1,2 mm o rebaixamento deve ser feito com uma fresa cilíndrica ou uma lâmina plana e não com ferramentas cônicas.

Observe que nenhum resto de mica permaneça nas paredes da ranhura. O melhor meio é usar uma lente de aumento. Após o rebaixamento, as arestas das lâminas devem ser chanfradas.

Apenas o canto vivo das arestas deve ser quebrado, portanto só remover uma quantidade mínima de cobre.

Durante o recondicionamento, após o comutador ser usinado, o rebaixamento e chanframento devem ser feitos cuidadosamente para manter as características originais do mesmo.

7.7

VERIFICAÇÃO DA COMUTAÇÃO

Uma comutação bem sucedida é definida como a qualidade de comutação que não resulta em prejuízos ao comutador e às escovas, o que prejudicaria o bom funcionamento do motor.

A ausência de um faiscamento visível não significa uma comutação bem sucedida.

Para verificação da comutação deve-se aplicar carga ao motor e observar o faiscamento procurando determinar-se se este é normal ou não. No caso de faiscamento anormal a partir do nível 1 (ver tabela), deve-se determinar a causa ou causas e eliminá-las. As faíscas resultantes de uma comutação insatisfatória podem ter causas mecânicas, como vibrações na máquina, deformação no comutador, pressão inadequada das escovas, etc... Causas elétricas como mau contato entre escovas e comutador, problemas nos pólos de comutação ou na armadura, picos de corrente, entreferro desajustado, etc. e aspecto físico-químico, como umidade do ar excessiva e a existência de vapores ou gases corrosivos no ambiente ou a deposição de óleos ou poeira sobre o comutador. O entreferro dos pólos de comutação (para máquinas com pólos extraíveis) é ajustado na fábrica, assim como a posição da linha neutra.

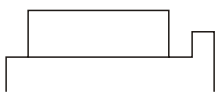
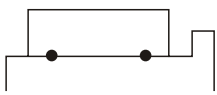
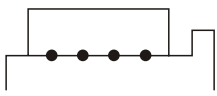
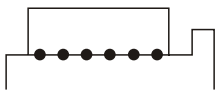

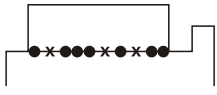
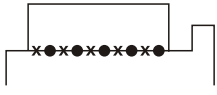
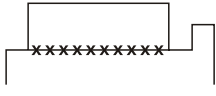
IMPORTANTE

Em caso de necessidade de extrair os pólos de comutação, obrigatoriamente deve-se respeitar o entreferro original no momento da montagem, assim como o anel dos porta-escovas deve ser ajustado na posição neutra. (ver figura 02).

8

ACERTO DA LINHA NEUTRA

GRADUAÇÃO DO FAISCAMENTO SEGUNDO WESTINGHOUSE
GERADORES E MOTORES

REPRESENTAÇÃO	NÍVEL	DESIGNAÇÃO
	1	Negro
	$1 \frac{1}{4}$	Faíscas intermitentes
	$1 \frac{1}{2}$	Algumas faíscas
	$1 \frac{3}{4}$	Numerosas faíscas
	2	Projeções intermitentes
	$2 \frac{1}{4}$	Algumas projeções
	$2 \frac{1}{2}$	Numerosas projeções
	3	Projeções importantes e contínuas

● Faíscas sem projeções
x Faíscas com projeções (fundentes)
Os limites aceitáveis, habitualmente são:
Regime normal: 1 a $1 \frac{1}{2}$
Regime de sobrecarga: $1 \frac{3}{4}$

O método consiste em observar a tensão induzida na armadura estacionária, por meio de pulsos de fluxo gerados nos pólos principais.

O procedimento é o seguinte:

- Desligam-se os terminais de armadura e conectam-se os terminais do campo principal a uma fonte de corrente contínua adequada.

Esta fonte deverá alimentar o campo principal com uma corrente contínua não superior a 10% da corrente de excitação normal. Deve-se conectar às duas escovas sucessivas um voltímetro (ou milivoltímetro) de corrente contínua com zero no centro da escala, ou com o ponteiro deslocado através do pino de calibragem para o centro da escala.

- Aplica-se um pulso de corrente de décimos de segundo.

- Na abertura da chave, o fluxo decrescente do campo induzirá uma tensão nas bobinas da armadura situadas entre as escovas.

- Durante a operação se o ponteiro do voltímetro (ou milivoltímetro) defletir, deve-se girar o disco do porta-escovas (muito pouco, menos de 1 grau), e repetir a operação até chegar-se em um ponto de deflexão mínima.

Quando isto ocorrer, a parte do enrolamento entre os terminais do voltímetro, estará alinhada exatamente com os pólos, e as escovas estarão exatamente na linha neutra.

NOTA: Deve ser utilizado um voltímetro de sensibilidade adequada ou um milivoltímetro para assegurar uma localização precisa da linha neutra. Não recomendamos apenas o milivoltímetro porque pode haver casos onde a tensão induzida excede a escala do milivoltímetro, danificando o aparelho.

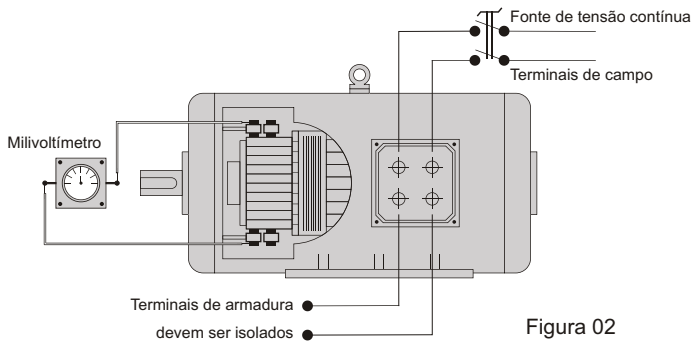


Figura 02

9

FILTROS DE AR

Nos motores que forem instalados filtros de ar, devido às impurezas no meio ambiente, estes devem ser limpos regularmente com intervalos que dependem do grau de poluição.

A queda de pressão nos filtros deverá ser constantemente observada. Ela poderá ultrapassar o valor admissível sob pena de diminuir o volume de ar e o efeito filtrante.

A limpeza de filtros de malha grossa (filtros de metal) pode ser efetuada com jatos de ar ou lavando o elemento com solvente adequado.

Os filtros finos (com capas de fibras) podem ser lavados em água (a uns 40°C, contendo detergente normal para roupa fina), ou jatos de ar para limpá-los.

Tratando-se de pó contendo graxa é necessário lavar com solvente adequado, ou água quente com aditivo P3. Evitar torcer ou escorrer o filtro. Todos os filtros devem ser secados depois da limpeza

10

LUBRIFICAÇÃO

10.1

LUBRIFICAÇÃO COM GRAXA

O período de lubrificação depende do tamanho, rotação e tipo de rolamento.

A quantidade de graxa a ser colocada pode ser dada pela fórmula abaixo, ou o suficiente para encher os lados do rolamento.

$$Q = 0,005 \times D_{ext} \times L$$

Q = É a quantidade em gramas

D_{ext} = É o diâmetro externo do rolamento em milímetros.

L = É a largura em milímetros.

A graxa a ser utilizada também está indicada na plaqueta não sendo conveniente misturar graxas diferentes, sendo a quantidade utilizada dada aproximadamente pela fórmula acima.

Quando se dispuser de válvula de graxa:

Abrir o bujão de esgotamento (se houver), limpar o bico da válvula, colocar a graxa nova (de preferência com o motor em funcionamento) até que saia toda a graxa usada e escura, após o que deixar o bujão (quando houver) aberto por 30 minutos para que saia o excesso de graxa e fecha-se a seguir (quando houver válvula de graxa, a saída estará permanentemente aberta).

10.2

LUBRIFICAÇÃO COM ÓLEO

A viscosidade diminui ao aumentar a temperatura. Para garantir a formação de uma película de óleo de espessura suficiente na região de contato dos corpos rolantes do mancal o óleo deverá conservar um mínimo de viscosidade na temperatura de funcionamento do mancal.

A quantidade de óleo contida num sistema de lubrificação pode diminuir com o tempo, devido à evaporação e/ou vazamento, devendo portanto, fazer um acompanhamento do nível do óleo do sistema, adicionando-se mais óleo quando necessário.

Após um período de uso, o óleo acaba absorvendo uma série de impurezas (umidade, poeira, etc) e sendo oxidado pela ação da atmosfera, tornando-se impróprio para uso. Em particular, a oxidação é acelerada pela elevação da temperatura de trabalho.

O intervalo para a substituição do óleo de lubrificação está, pois, sujeito a uma série de fatores e deve ser determinado pela experiência em cada caso.

Pode-se, contudo, seguir as seguintes recomendações gerais:

Para temperatura de trabalho, igual ou inferior a 60°C e

instalação relativamente abrigada de poeira e umidade, recomenda-se troca anual do óleo.

Para temperatura igual ou inferior a 100°C e condições mais severas de poeira e umidade, recomenda-se troca trimestral do óleo.

Para temperatura de trabalho igual ou inferior a 120°C e condições severas de poeira e umidade, recomenda-se troca mensal do óleo.

11

MONTAGEM E DESMONTAGEM

Antes de desmontar o motor verifique se ele precisa ser totalmente ou parcialmente desmontado.

Por exemplo, para retirar a armadura devem ser retiradas as tampas dos rolamentos.

Para trocar um rolamento, só precisa ser retirada a tampa do rolamento correspondente.

A troca de uma bobina de excitação, além da desmontagem das peças principais do motor, precisa ser retirado o pólo depois de desligar as conexões correspondentes (isto se os pólos forem aparafusados a partir da carcaça 160).

Ao desmontar parcialmente o motor para reparos, pode ser interessante desmontar mais que o necessário para limpá-lo e verificar se as outras partes estão em bom estado de funcionamento. Antes de iniciar qualquer trabalho verifique se o motor está totalmente desligado da rede. Antes de desmontar o motor levante todas as escovas do comutador, fixando o porta escovas na caixa guia para que no transcurso dos trabalhos não seja danificada a superfície do comutador.

Por esse motivo é recomendável envolver o comutador com uma cartolina, coloque também uma cartolina entre a armadura e os pólos para evitar atritos.

Não se deve remover um rolamento do eixo a menos que seja absolutamente necessário, isto é, se o rolamento estiver danificado ou se tiver de ser removido para desmontagem de outras partes do motor.

O eixo não deve ser submetido a batidas ou choques porque podem causar marcas na pista. Estas marcas, embora invisíveis ao olho nu, podem resultar em

funcionamento ruidoso e desgaste rápido. Os rolamentos devem ser removidos com o emprego de extratores apropriados e recolocados aquecendo-os entre 80 a 120°C, cuidando-se para que os mesmos sejam encaixados em posição perfeitamente centrada.

Polias ou flanges de acoplamento devem ser removidos por meio de um extrator adequado. Não esquecer de afrouxar os parafusos de retenção.

O centro da ponta de eixo deve ser protegido para que o sacador não danifique o cônico ou a rosca. Ao se aplicar calor para remoção ele deve ser distribuído uniformemente. Depois da remoção da polia, a ponta de eixo deve ser coberta com óleo anticorrosivo, a menos que a polia seja recolocada logo em seguida.

A inserção ou retirada da armadura da carcaça do motor deve ser efetuada com cuidado a fim de não danificar as placas da armadura, os rolamentos, ou o comutador. A operação se torna fácil e rápida com auxílio de um dispositivo de levantamento adequado.

Se houver dúvidas quanto a correspondência das peças entre si, é recomendável marcá-las devidamente antes da desmontagem. De especial importância, ao efetuar-se a montagem, é que resulte em bom isolamento, distância suficiente entre as peças que conduzem corrente, peças aparafusadas bem fixa, e que os rolamentos se encontrem em perfeitas condições de funcionamento. Ao terminar os trabalhos verifique o isolamento e o funcionamento do motor.

12

REJUVENESCIMENTO

"Rejuvenescimento de motores" é força de expressão. Talvez fosse o caso de usar revigoramento, porém rejuvenescimento já é nome consagrado. As operações deste tipo não implicam tornar o motor jovem. Nada impede que um equipamento que tenha passado por essas operações venha a romper sua isolação (queimar) no dia seguinte. Até com um motor novo isso pode acontecer. Na técnica, nada é certeza, tudo é probabilidade. O rejuvenescimento apenas garante um aumento de

probabilidade de sobrevida útil do motor. Apenas para esclarecimento vamos supor alguns valores. Digamos que um motor novo, corretamente dimensionado, instalado e utilizado, tem probabilidade igual a 99,8% (998 por mil) de não apresentar defeitos durante o período de garantia (normalmente um ano).

Digamos também que um motor com muitos anos de uso contínuo e pesado tem 40% de probabilidade de resistir por mais um ano. Esse mesmo motor, após corretas operações de rejuvenescimento, poderá ter essa probabilidade aumentada para 70%. E isso é vantajoso, principalmente quando se trata de equipamentos de médio e grande portes e de alta tensão, pois representam grande quantidade de dinheiro em jogo, tanto pelo valor do motor, quanto pela interrupção do que ele produz.

A periodicidade de rejuvenescimento depende da severidade do trabalho e do grau de agressividade mecânica e química do ambiente. Locais com alto teor de pó, gases agressivos e sujeitos a choques podem requerer rejuvenescimento com periodicidade semestral ou menor, principalmente quando se trata de motores abertos. Nos ambientes mais limpos e onde exista uma manutenção preventiva eficaz, a periodicidade pode ser anual ou de alguns anos, ou ainda pode-se aproveitar a ocorrência de algum defeito ou acidente (como submersão, proximidade de fogo etc) para proceder ao rejuvenescimento. Nos motores de pequeno porte (até 20 ou 30 CV) do tipo blindado de baixo custo, normalmente não são feitas operações completas de rejuvenescimento, desde que exista manutenção preventiva. Enfim, a periodicidade e a necessidade de rejuvenescimento são de decisão do proprietário dos motores, baseado na sua experiência, no conhecimento de seu ambiente, nos seus modos de operação, nas estatísticas de ocorrência de defeitos e nas gestões econômico-financeiras da empresa, envolvendo custo inicial do motor, cessação de produção por defeitos, relação custo/benefício de investimento em unidades de reserva e outros. Os procedimentos para rejuvenescimento variam de acordo com as oficinas de reparo e exigências do proprietário do motor. Porém, se inadequada, pode ser perniciosa, acabando por abreviar a vida do motor ao invés de prolonga-la, além de acarretar sérios prejuízos.

A INO realiza todos os procedimentos aqui descritos em nossos processos de reenrolamento e recuperação.

13

REENROLAMENTO

Um reenrolamento correto nos motores elétricos aumenta sua vida útil, contribuindo também para um maior lucro na empresa com a diminuição no custo da manutenção eliminando a parada de máquina e a baixa produtividade.

Nossa empresa está capacitada para recuperação de motores elétricos, pois possuímos ferramental, equipamentos para ensaios e materiais de primeira qualidade.

Após recebimento do equipamento é feita uma inspeção elétrica e mecânica para constatação de defeitos existentes.

Quando da retirada do bobinado danificado é feita uma avaliação técnica do seu estado e dimensionado o tipo de material a ser utilizado que depende da classe de isolamento do motor e seu regime de trabalho.

Após a colocação das bobinas nas ranhuras as conexões são feitas com a fusão do cobre e em armaduras nos comutadores em estanho com elevado teor de prata ou pelo sistema TIG (tugsten inert gás), de forma a corrigir imperfeições de soldagem por contaminações ou de descontinuidade da trilha de solda.

A impregnação é feita com resina isolante de poliéster pelo processo VPI (vácuo-pressão). Durante as fases do reenrolamento é feito uma série de testes para garantir cada passo realizado. Após a colocação das bobinas no estator e armaduras o conjunto passa pelos seguintes testes:

Medição da polaridade, resistência ôhmica e resistência de isolamento contra massa, tensão aplicada e o surge-test. O tratamento térmico é em estufa com temperatura controlada, para polimerização da resina. Em seguida é realizado:

Balanceamento é o processo que procura melhorar a distribuição das massas de um corpo girante, a fim de reduzir as forças centrífugas livres que agem nos mancais de apoio.

O desbalanceamento ocorre quando o eixo principal de inércia não coincide com o eixo de rotação; efeito causado por uma distribuição irregular das massas no corpo.

Recomendamos o sistema de balanceamento em dois planos de simetria (balanceamento dinâmico)

A INO está equipada com balanceador digital computadorizado em dois planos de simetria, e emite certificado de balanceamento após a realização dos serviços.

DEFEITOS PROVOCADOS EM UM MOTOR

DESBALANCEADO

- Faiscamento na aresta de saída da escova;
- Desgaste rápido das escovas c/ comutador bom;
- Desgaste desigual das escovas;
- Comutador com pontos de cobre;
- Comutador sulcado, raiado;
- Desgaste do anel em uma polaridade;
- Cobre aderindo na face de contato da escova;
- Vestígios de queima simétrica sobre comutador;
- Comutador ondulado;
- Vestígios de queima sobre anéis coletores de aço;
- Falha na obtenção da platina;
- Diminuição da vida útil dos rolamentos;
- Curto de espiras.

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA ÔHMICA

A resistência ôhmica de um enrolamento é a resistência dos condutores de cobre desde o seu início até o fim de cada fase. Este é um ensaio de verificação (check), e não ensaio de determinação e previsão de características. Os valores medidos por fase do enrolamento servem para comparar com os cálculos da resistência nos motores novos ou comparar com os valores originais, no caso de um conserto ou reenrolamento.

O equipamento de medida da resistência ôhmica pode ser o do método direto constituído de uma ponte de resistência ou de um ohmímetro ou do método indireto onde se mede “V” e “I” aplicados ao enrolamento. Este método necessita ser de uma fonte de corrente contínua por exemplo uma bateria para aplicar uma tensão contínua ao enrolamento. Não use corrente alternada senão você vai medir a impedância no lugar das resistências.

Lembramos que a impedância, nos circuitos elétricos, é a composição da resistência ôhmica com a reatância do circuito que no caso de motor é uma reatância indutiva, ou seja o enrolamento age como se fosse um indutor.

ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

Costuma-se dizer que a ϵ é a mais importante em um motor elétrico. Porquê?

É porque a isolação é o componente mais importante do ponto de vista de avarias e vida do enrolamento. Com exceção de componentes de desgaste como mancais (rolamentos e buchas) e escovas, os outros componentes como eixo, carcaça e pacote magnético são muito duráveis e se não houver acidente pode-se dizer que eles são praticamente eternos.

Os isolantes utilizados nos motores elétricos são muito suscetíveis à água, a agentes químicos, agentes térmicos e elétricos e agentes mecânicos. A simples falta de cuidado

de um enrolador ao manuseá-los pode enfraquecê-los e fazer com que se perfurem em uso, inutilizando o enrolamento inteiro e, às vezes, até o pacote magnético.

De todos esses agentes, provavelmente o mais importante é o agente térmico. Os isolantes sejam de classe B, F ou H, mesmo em estado de limpeza absoluta diminuam drasticamente o poder de isolamento com o aumento temperatura. É por isso que os

Isolantes são divididos em "Classes Térmicas" conforme a origem dos mesmos e sua capacidade de resistir a temperaturas maiores.

Embora este fato não seja totalmente representativo, a isolamento dos motores pode, através de medida da sua resistência, revelar o estado em que se encontram os isolantes usados.

A medida da resistência de isolamento é feita entre as fases do enrolamento para a massa, comutadores e anéis coletores para massa. Assim sendo a medida da resistência é feita normalmente por um instrumento chamado megôhmetro que aplica a tensão V e mede a corrente I, não necessitando fazer nenhum cálculo. Ele já tem incorporado um pequeno gerador e um miliamperímetro não necessitando instrumentos auxiliares. O mostrador é o do miliamperímetro que está graduado em Mega Ohms.

15.3 ENSAIOS DE TENSÃO SUPORTÁVEL

É denominado também de ensaio de "tensão aplicada" ou de "High-Potential" (Hi-Pot). Para confirmar o que dissemos anteriormente que o controle da isolamento é importante, este ensaio é mais um que serve para indicar o estado da mesma. É um ensaio simples, mas que exige muito cuidado pois as tensões utilizadas nos ensaios são sempre altas".

Em enrolamentos novos (não usados ainda), o ensaio consiste em se aplicar ao enrolamento, contra massa e entre fases, uma tensão alternada de $2xV + 1000$ volt, durante 1 minuto subindo gradativamente de "0" ao valor de

ensaio em no mínimo 10s.

Se o isolante não perfurar considera-se a isolamento boa com vida prevista longa dependendo do ambiente onde está o motor e em condições normais de funcionamento, sem acidentes e sem vibração excessiva.

Se o motor for, por exemplo, de 380 V, deve-se aplicar:

$$t_A = 2 \times V + 1.000$$
$$t_A = 2 \times 380 + 1.000 = 1.760 \text{ V.}$$

Se o motor for de 4.400VCA, deve-se aplicar:

$$t_A = 2 \times 4.400 + 1000 = 9.800 \text{ V entre fases e das fases para terra.}$$

Em enrolamentos usados não é conveniente aplicar essa tensão. É um assunto para acordo entre proprietário do motor e a oficina. Usa-se em geral um valor de tensão aplicada mais baixa que pode ser de 1,5 ou 2 vezes a tensão nominal ou um pouco mais.

Porque esse valor de norma, $2V + 1.000$? É um valor estatístico (com base em probabilidade), ou seja, foi verificado em inúmeros casos que se o motor suportar essa tensão é sinal que a probabilidade de ele não perfurar em serviço é muito elevada. Porém, não se deve esquecer que é uma probabilidade e que pode acontecer que um motor que passou nesse ensaio tenha seu isolante perfurado em serviço, no dia seguinte.

15.4

ENSAIOS EM VAZIO

Desse ensaio se obtêm além da corrente, os parâmetros em vazio do motor, os parâmetros do circuito equivalente em vazio tais como "Xmag" por fase (reatância oferecida à linha pelo motor em vazio) e a RP resistência equivalente de perdas no ferro e mecânicas, por fase. Neste ensaio se pode também levantar a curva de magnetização ou curva de saturação em vazio.

Se o motor for de anéis (rotor bobinado), estes devem ser mantidos em curto circuito durante o ensaio para que o enrolamento rotórico se comporte como se fosse uma

gaiola de esquilo.

Pode-se também medir a rotação em vazio por meio de um tacômetro aplicado a ponta de eixo, e daí se calcular o escorregamento.

15.5 ENSAIOS EM CARGA NOMINAL

São ensaios realizados normalmente em freio eletrodinamométrico. Quando as potências envolvidas são muito grandes e toma-se inviável economicamente construir freios de potência muito alta (milhares de kW), as próprias normas prevêem ensaios indiretos de determinação aproximada de características e de temperatura, (veja norma ABNT).

Um freio eletrodinamométrico é normalmente constituído de uma máquina de corrente contínua com carcaça suspensa (oscilante) para se poder medir o torque nessa carcaça através de uma balança ou de um dinamômetro. Essa máquina pode ser denominada gerador-freio. O motor a ser ensaiado é acoplado a esse gerador por meio de uma base ajustável em altura para atender as várias medidas de motores. O torque, como já vimos, é produto da força de reação pela distância da aplicação da força até o centro da máquina.

O torque de reação medido na carcaça do gerador, a menos de algumas correções, é o torque que o motor a ser ensaiado fornece ao eixo do gerador-freio. Em suma, a máquina de corrente contínua funcionando como gerador se comporta como uma carga mecânica para o motor a ser ensaiado. Em uma máquina normal essa reação vai se manifestar na base do motor, porém nos freios eletrodinamométrico, como a carcaça está suspensa, a reação vai acontecer na balança (ou dinamômetro).

15.6 ENSAIOS DE VIBRAÇÃO

Apesar do balanceamento preciso, obtido pelos sistemas descritos anteriormente, o desbalanceamento residual (sempre existente) geralmente é a causa principal de

vibrações encontradas em um motor.

Não são apenas rotores desbalanceados que causam vibrações. Os rolamentos e sistemas de acoplamento também podem produzir vibrações mecânicas. Isto significa que qualquer elemento da máquina que possui movimento, excita vibrações.

As amplitudes de vibrações máximas em rotores, provocadas por resíduos de massas desbalanceadas, são limitadas por normas.

A NBR7094 especifica limites de amplitudes de vibração para motores elétricos a partir da carcaça 80. Estes valores variam com a rotação do motor.

LIMITES DE AMPLITUDE DE VIBRAÇÃO

Polaridade	Amplitude Máxima (mm)
2	0,0254
4	0,0381
6	0,0508
8	0,0635

Os limites de vibração (V_{eff}), expressos em milímetros por segundo para as várias carcaças e para os três (3) graus de qualidade, os quais são chamados “N” (normal), “R” (reduzido) e “S” (especial).

V_{eff} (mm/s) SEGUNDO NORMA ISO 2373/1974

Grau de Qualidade	Nº de Pólos	Carcaça		
		80 ÷ 132	160 ÷ 225	250 ÷ 315
N	2 ÷ 8	1,90	1,80	4,50
R	2	1,12	1,80	2,80
	4 ÷ 8	0,71	1,12	1,80
S	2	0,71	1,12	1,80
	4 ÷ 8	0,45	0,71	1,12

16

REENROLAMENTO INCORRETO

Passamos a seguir alguns defeitos provocados em um motor elétrico quando de seu reenrolamento diferente do cálculo original.

16.1

SECÇÃO DO FIO DIFERENTE

- Alteração no conjunto de partida
- Alteração na corrente a vazio
- Aquecimento excessivo
- Rendimento baixo

16.2

NÚMERO DE ESPIRAS DIFERENTE

- Alteração no conjugado de partida
- Alteração da corrente a vazio (baixa ou alta)
- Alteração no fator de potência

16.3

PASSO DO ENROLAMENTO DIFERENTE

- Alteração do conjugado de partida
- Alteração do fator de potência
- Aquecimento excessivo

16.4

CURTO DE ESPIRAS

Mesmo quando o motor foi reenrolado corretamente, outro tipo de defeito que pode ocorrer e que se manifesta logo nos primeiros tempos após a colocação em serviço é o curto de espiras, que pode ser consequência de coincidirem casualmente dois pontos defeituosos na isolação dos fios, má qualidade em sua isolação ou resultarem de defeitos provocados no manuseio em dois fios que correm lado a lado e que poderão eventualmente resistir ao curto, mas que a sua ação desruptiva se dará em função da umidade do ar, de poeiras e vibrações. Dependendo da intensidade do curto, tornar-se-á audível um zumbido magnético.

ANOTAÇÕES

NORMAS BRASILEIRAS - ABNT

PRINCIPAIS NORMAS UTILIZADAS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS GIRANTES

Número de Registro	Título	Assunto
NBR - 5031	Máquinas Elétricas Girantes	Classificação das formas construtivas e montagens (antiga CB-20).
NBR - 5110	Máquinas Elétricas Girantes	Classificação dos métodos de resfriamento
NBR - 5116	Máquinas de Corrente Contínua	Classificação.
NBR - 5117	Máquinas Síncronas	Especificação.
NBR - 5165	Máquinas de Corrente Contínua	Especificação.
NBR - 5363	Invólucros à Prova de Explosão para Equipamentos Elétricos	Ensaio gerais - Método de ensaio.
NBR - 5365	Excitatrizes Girantes de Máquinas Síncronas	Especificação
NBR - 5383	Máquinas Elétricas Girantes/ Máquinas de Indução	Especificação.
NBR - 5410	Instalações elétricas de baixa tensão	Determinação das características - Método de ensaio.
NBR - 5418	Instalações Elétricas em Ambientes com líquidos, Gases ou Vapores Inflamáveis	Procedimento
NBR - 5432	Máquina Elétrica Girante	Dimensões e potências nominais - Padronização.
NBR - 6146	Invólucros de Equipamentos Elétricos-Proteção	Graus de proteção mecânica, proporcionado pelos invólucros.
NBR - 7034	Materiais Isolantes Elétricos - Classificação Térmica	Especificação (antiga NB-201).
NBR - 7094	Máquinas Elétricas Girantes	Classificação (antiga P-PB-130).
NBR - 7565	Máquinas Elétricas Girantes	Motores de indução - Especificação.
NBR - 7566	Máquinas Elétricas Girantes	Limites de ruído - Especificação.
NBR - 8008	Balanceamento de corpos rígidos rotativos	Nível do ruído transmitido através ar - Método de medição num campo livre sobre um plano refletor/Método de Ensaio.
NBR-8089	Pontas de Eixo Cilíndricas e Cônicas de Conicidade	Procedimento
NBR - 8441	Máquinas Elétricas Girantes	Padronização.
NBR - 8839	Máquinas Elétricas Girantes	Motores de indução de gaiola, trifásicos, fechados - Correspondência entre potência nominal e dimensões - Padronização.
		Identificação dos terminais e do sentido de rotação - Padronização.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

GRANDEZAS	NOMES	UNIDADES	GRANDEZAS	NOMES	UNIDADES
Aceleração	metro por segundo por segundo	$\frac{m}{s^2}$	Intensidade de campo magnético	ampère por metro	$\frac{A}{m}$
Aceleração angular	radiano por segundo por segundo	$\frac{rad}{s^2}$	Intensidade de corrente	ampère	A
Ângulo plano	radiano	rad	Intensidade de energética	watt por esterradiano	$\frac{W}{sr}$
Ângulo sólido	radiano	rad	Intensidade luminosa	candela	cd
Área	metro quadrado	m ²	Intervalo de frequências	oitava	
Atividade	bequerel	Bq	Luminância	andela por metro quadrado	$\frac{cd}{m^2}$
Calor específico	joule por quilograma e por kelvin	$\frac{J}{kgK}$	Luminância energética	watt por esterradiano e por metro quadrado	$\frac{W}{sr m^2}$
Capacitância	farad	F	Massa	quilograma	kg
Comprimento	metro	m	Massa específica	quilograma por metro cúbico	$\frac{kg}{m^3}$
Condutância	siemens	S	Momento cinético ou momento angular	quilograma por metro quadrado por segundo	$\frac{kg/m^2}{s}$
Condutividade	siemens por metro	S/m	Momento de força	newton-metro	N.m
Condutividade térmica	watt por metro e por kelvin	$\frac{W}{mK}$	Momento de inércia	quilograma-metro quadrado	kg m ²
Convergência	dioptria	di	Nível de potência	bel	B
Densidade de fluxo de energia	watt por metro quadrado	$\frac{W}{m^2}$	Número de ondas	um por metro	m ⁻¹
Dose absorvida	gray	Gy	Potência	watt	W
Eficiência luminosa	lúmen por watt	lm/W	Pressão	pascal	Pa
Exitância luminosa	lúmen por metro quadrado	$\frac{lm}{m^2}$	Quantidade de eletricidade	coulomb	C
Energia	joule	J	Quantidade de luz	lúmen-segundo	lms
Entropia	joule por kelvin	J/K	Relutância	ampère por weber	A/Wb
Excitação Luminosa	lux-segundo	lx.s	Resistência elétrica	ohm	Ω
Exposição	coulomb por quilograma	$\frac{C}{Kg}$	Resistividade	ohm-metro	Ωm
Fluxo (de massa)	quilograma por segundo	$\frac{Kg}{s}$	Resistividade de massa	ohm-quilograma por metro quadrado	$\frac{\Omega kg}{m^2}$
Fluxo luminoso	lúmen	lm	Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Fluxo magnético	weber	Wb	Tempo	segundo	s
Força	newton	N	Tensão elétrica	volt	V
Frequência	hertz	Hz	Tensão superficial	newton por metro	N/m
Gradiente de temperatura	kelvin por metro	$\frac{K}{m}$	Vezão	metro cúbico por segundo	$\frac{m^3}{s}$
Iluminamento	lux	lx	Velocidade	metro por segundo	m/s
Impulsão	newton-segundo	Ns	Velocidade angular	radiano por segundo	rad/s
Indução magnética	tesla	T	Viscosidade cinética	metro quadrado por segundo	$\frac{m^2}{s}$
Indutância	henry	H	Viscosidade de dinâmica	newton-segundo por metro quadrado	$\frac{Ns}{m^2}$
Intensidade de campo elétrico	volt por metro	$\frac{V}{m}$	Volume	metro cúbico	m ³

CONVERSÃO DE UNIDADES

DE	MULTIPLICAR POR	PARA OBTER	DE	MULTIPLICAR POR	PARA OBTER
A					
acre	4047	m ²	erg	2,389.10 ⁻¹¹	kcal
acre	0,001563	milha ²	erg	1,020.10 ⁻⁸	kgm
acre	43560	pé ²	erg/s	1,341.10 ⁻¹⁰	HP
atm. física	76	cm. Hg	erg/s	1,433.10 ⁻⁹	kcal/min
atm. técnica	1	kgf/cm ²	erg/s	10 ⁻¹⁰	kW
atm. física	1,033	kgf/cm ²	erg/s	4,427.10 ⁻⁶	libra-força.pé/min
atm. física	10332	kgf/m ²	erg/s	7,3756.10 ⁻⁸	libra-força.pé/s
atm. física	14,70	libra-força/pol ²	G		
B			grau Celsius	$\left(\frac{^{\circ}\text{C} \cdot 9}{5}\right) + 32$	°F
BTU	3,94.10 ⁻⁴	HP.h	grau Celsius	(°C) + 273,15	K
BTU	2.928.10 ⁻⁴	kW.h	grau Fahrenheit	(°F - 32) . $\frac{5}{9}$	°C
BTU/h	107,5	kgm/s	grau trigonométrico	0,01745	radiano
BTU/h	0,2931	W	grama	9,804.10 ⁻⁵	J/cm
BTU/h.pé ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{F}}{\text{pé}}\right)$	0,0173	W/cm ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{cm}}\right)$	grama	2,205.10 ⁻³	libra-força
BTU.pol	0,0833	$\frac{\text{BTU}}{\text{pé.h.}^{\circ}\text{F}}$	grama/cm	5,600.10 ⁻³	libra-força/pol
pé ² .h.°F		HP/pé ² .°F	grama/cm ³	0,03613	libra-força/pol ³
BTU/h.pé ² .°F	3,94.10 ⁻⁴	Kw	H		
BTU/min	0,01758	W	hectare	0,3048	acre
BTU/min	17,58	kW	HP	42,44	BTU/min
BTU/seg	2,93.10 ⁻⁴	HP	HP	1,014	cv
BTU/s	3,93.10 ⁻⁴	cv	HP (caldeira)	33479	BTU/h
BTU/s	3,94.10 ⁻⁴		HP	10,68	kcal/min
C			HP	76,04	kg.ms
caloria grama	3,9683.10 ⁻³	BTU	HP	0,7457	kW
caloria grama	1,5596.10 ⁻⁵	HP.h	HP	33000	libra-força.pé/min
caloria grama	1,1630.10 ⁻⁶	kW.h	HP	550	libra-força.pé/s
caloria grama	4,1868	joule	HP.h	2,684.10 ⁶	joule
cal/s.cm ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{cm}}\right)$	4,19	W/cm ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{cm}}\right)$	HP.h	0,7457	kW.h
cal/kg.cm ² . °C	7380	BTU/h.pé ² . °F	HP.h	1,98.10 ⁶	libra-força.pé
cal/kb.cm ² . °C	4,19	W/cm ² . °C	HP.h	2,737.10 ⁵	kgm
cal/kg.cm ² . °C	2,91	HP/pé ² . °F	J		
cavalo vapor (cv)	0,9863	HP	jarda ³	0,7646	m ³
cv.h	632	kcal	joule	9,480.10 ⁻⁴	BTU
cv	542,5	lb.pé/s	joule	0,7376	libra-força.pé
cv	75	kg.m/s	joule	2,389.10 ⁻⁴	kcal
cv	735,5	W	joule	22,48	libra-força
cm de Hg	0,3937	pol.	joule/s	1	W
cm ³	1,308.10 ⁻⁶	jarda ³	K		
cm ³	3,531.10 ⁻⁵	pé ³	kcal/h.m ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}}\right)$	0,671	BTU/h.pé ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{F}}{\text{pé}}\right)$
cm ³	0,06102	pol. ³	kcal/h.m ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}}\right)$	8,05	BTU/h.pé ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{F}}{\text{pol}}\right)$
cm	0,01316	atm. física	kcal/hm ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}}\right)$	2,77.10 ⁻³	cal/s.cm $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{cm}}\right)$
cm de Hg	136	kg/m ²	kcal/h.m ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{m}}\right)$	0,0116	W/cm ² . $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{cm}}\right)$
cm ²	1,076.10 ⁻³	pé ²	kcal/h.m ² . °C	0,205	BTU/h.pé ² . °F
cm ²	0,1550	pol. ²	kcal/h.m ² . °C	2,78.10 ⁻⁵	cal/s.cm ² . °C
cm/s	1,1969	pé/min.	kcal/h.m ² . °C	1,16.10 ⁻⁴	W/cm ² . °C
cm/s	0,036	km/h	kcal/h.m ² . °C	8,07.10 ⁻⁵	HP/pé ² . °F
D			kg	2,205	libra-força
dina	1,020.10 ^{-6,5}	grama	kgf/cm ²	2048	libra-força/pé ²
dina	2,248.10 ⁻⁶	libra-força	kgf/cm ²	14,22	libra-força/pol ²
E			kgf/cm ³	0,6243	libra-força/pé ³
erg	9,480.10 ⁻¹¹	BTU	kgf/cm ³	3,613.10 ⁻⁵	libra-força/pol ³
erg	1,020.10 ⁻³	g.cm	km	1094	jarda
erg	3,7250.10 ⁻¹⁴	HP.h	km	3281	pé
erg	10-7	joule	km	0,6214	milha
erg	0,2778.10 ⁻¹³	kW.h			
erg	7,367.10 ⁻⁸	libra-força.pé			

CONVERSÃO DE UNIDADES (continuação)

DE	MULTIPLICAR POR	PARA OBTER	DE	MULTIPLICAR POR	PARA OBTER
km ²	0,3861	milha ²	micrometro	10 ⁻⁶	m
km ²	10,76.10 ⁶	pé ²	milha terrestre/h	26,82	m/min
km/h	27,78	cm/s	milha terrestre/h	1,467	pé/s
km/h	0,6214	milha/h	milha (marítima)	2027	jarda
km/h	0,5396	pé/h	milha (marítima)	1,853	km
km/h	0,9113	pé/s	milha (marítima)	6080,27	pé
kcal	3,9685	BTU	milha quadrada	2,590	km ²
kcal	1,585.10 ⁻³	cv.h	milha terrestre	1609	m
kcal	1,560.10 ⁻³	HP.h	milha terrestre	0,8684	milha marítima
kcal	4,186	joule	milha terrestre	5280	pé
kcal	426,9	kgm	milha terrestre	0,001	pol.
kcal	3,088	libra-força.pé	milímetro	0,03937	pol.
kgf	9,807	joule/m (N)	N		
kgm	9,294.10 ⁻³	BTU/min	newton	1.10 ⁵	dina
kgm	9,804	joule	nó	1,8532	km/h
kgm	2,342.10 ⁻³	kcal	nó	1,689	pé/s
kgm	7,233	libra-força.pé	O		
kW	56,92	BTU/min	onça	437,5	grão
kW	1,341	HP	onça	28,349	grama
kW	14,34	kcal/min	onça (troy)	31,103	grama
kW.h	3413	BTU	P		
kW.h	860,5	cal	pé	0,3048	m
kW.h	1,341	HP/h	pé/min	0,508	cm/s
kW.h	3,6.10 ⁶	joule	pé/min	0,01667	pé/s
kW.h	2,655.10 ⁶	libra-força.pé	pé/s	18,29	m/min
kW.h	3,671.10 ⁶	kgm	pé/s	0,6818	milha terrestre/h
L			pé/s	0,5921	nó
libra-força.pé/s	0,1945	kcal/min	pé/s	1,097	km/h
libra-força.pé/s	1,356.10 ⁻³	kW	pé ²	929	cm ²
libra-força.pé ³	0,01602	g/cm ³	pé	30,48	cm
libra-força/pé ³	16,02	kg/m ³	pé ³	28,32	litro
libra-força/pol	17,86	kg/m	pé ³ /libra-força	0,06242	m ³ /kg
libra-força/pol ²	0,06804	atm	pé ³ /min	472	cm ³ /s
libra-força/pol ²	0,07301	kg/cm ²	pol. ³	0,01639	litro
libra-força/pol ³	1728	libra-força/pé ³	pol. ³	1,639.10 ⁻⁶	m ³
libra-força.pé/min	3,24.10 ⁻⁴	kcal/min	pol. ³	5,787.10 ⁻⁴	pé ³
libra-força.pé/min	2,260.10 ⁻⁵	kW	R		
libra-força.pé/s	0,07717	BTU/min	radiano	3438	min.
libra-força	16	onça	rpm	6,0	grau/s
litro	0,2642	galão	rpm	0,1047	radiano/s
litro/min	5,886.10 ⁻⁴	pé ³ /s	radiano/s	0,1592	rpm
libra-força/pé	3,24.10 ⁻⁴	kcal	T		
libra-força/pé	1,488	kg/m	ton. curta	2000	libra-força
libra-força/pé	3,766.10 ⁻⁷	kW/h	ton. curta	907,18	kg
libra-força/pé	0,1383	kgm	ton. longa	2240	libra-força
libra-força/pé ²	4,725.10 ⁻⁴	atm.física	ton. longa	1016	kg
libra-força/pé ²	4,882	kg/m ²	ton.	2205	libra-força
M			W		
m	1,094	jarda	watt	0,05688	BTU/min
m	5,396.10 ⁻⁴	milha marítima	watt	1,341.10 ⁻³	HP
m	6,214.10 ⁻⁴	milha terrestre	watt	0,01433	kcal/min
m	39,37	pol.	watt	44,26	libra-força.pé/min
m ³	35,31	pé ³	watt	0,7378	libra-força.pé/s
m ³	61023	pol. ³			
m/min	1,667	cm/s			
m/min	0,03238	nó			
m/min	0,05468	pé/s			
m ²	10,76	pé ²			
m ²	1550	pol. ²			
mkg	7,233	libra-força.pé			
m/s	2,237	milha terrestre/h			
m/s	196,8	pé/min			

COMPRIMENTO

Metro (m)	Milímetro (mm)	Polegada (P)	Pés (Ft)
1	1000	39,37	3,28028
10^{-3}	1	0,3937	0,00328028
$25.4 \cdot 10^{-3}$	25,4	1	0,083
0,3048	304,8	12	1

ÁREA

Metro Quadrado (m ²)	Milímetro Quadrado (mm ²)	Polegada Quadrado (p ²)	Pés Quadrado (Ft ²)
1	10^6	1550	10,7639
10^{-6}	1	$155 \cdot 10^{-5}$	$10,7639 \cdot 10^{-6}$
$645,16 \cdot 10^{-6}$	645,16	1	0,00694
$9290,3 \cdot 10^{-6}$	9290,3	144	1

FORÇA

Newton (N)	Quilograma Força (Kgf)	Libra Força (lb.F)	Quilo Newton (KN)
1	0,1019716	0,2248473	10^{-3}
9,80665	1	2,205	$9,80665 \cdot 10^{-3}$
4,44746	0,454	1	$4,44746 \cdot 10^{-3}$
10^3	101,9716	224,8473	1

PRESSÃO

Newton/Milímetro ² (N/mm ² = MPa)	Kg.Força/mm ² (KGF/mm ²)	LbF./Polegada ² (LbF./p ² = PSI)	KSI (KSI = 10^3 PSI)
1	0,1019716	145,05157	$145,05157 \cdot 10^{-3}$
9,80665	1	1422,47	$1422,47 \cdot 10^{-3}$
0,006895	0,00070309	1	10^{-3}
6,895	0,70309	10^3	1

TORQUE

Metro-Kilograma (mKg.F)	Metro-Newton (mN = Joule)	Pés-Libra (Ft - LbF)	
1	9,80665	7,2330174	
0,10191	1	0,73719	
0,138255	1,35582	1	

PLANO DE MANUTENÇÃO

COMPONENTE	SEMANALMENTE	MENSALMENTE	SEMESTRALMENTE	ANUALMENTE Revisão Parcial	CADA 3 ANOS Revisão Completa
ESCOVAS E PORTA-ESCOVAS	Examinar as escovas quanto ao desgaste e a mobilidade e o estado dos porta escovas	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar o comprimento das escovas. Quando a marca de limite de desgaste da escova desaparecer, as escovas devem ser substituídas. - Use escova do mesmo tipo para reposição. - Verificar se o desgaste é normal e a mobilidade no porta escova.. Escovas lascadas ou quebradas devem ser substituídas. - Remover algumas escovas e verifique a superfície em contato com o comutador. Áreas escuras indicam problemas na comutação. - Limpar as escovas e os porta escovas aspirando o pó ou com jato de ar seco. 			
COMUTADOR	- Verificar o estado e o desgaste do comutador	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar a formação de pátina, devendo estar com uma coloração levemente enegrecida e brilhante. - Sentir a trepidação das escovas com um bastão de fibra colocado sobre a escova. Escovas saltando provocam faiscamento, aquecimento e desgaste excessivo do comutador e escovas. - Neste caso o comutador deverá ser usinado. 	- Verificar o desgaste da superfície e o estado da pátina		

PLANO DE MANUTENÇÃO

COMPONENTE	SEMANALMENTE	MENSALMENTE	SEMESTRALMENTE	ANUALMENTE Revisão Parcial	CADA 3 ANOS Revisão Completa
ROLAMENTOS/ MANCAIS		<ul style="list-style-type: none"> - Observar se não há vazamentos de graxa nos assentos dos rolamentos. Se houver, corrigir antes de por a máquina em funcionamento. - Verificar o ruído nos rolamentos. Se o rolamento apresenta ruídos progressivos, deve ser substituído na próxima parada. - Relubrificar, se for o caso, conforme tabela II. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar o desgaste da superfície e o estado da pátina 		
FILTRO DE AR		<ul style="list-style-type: none"> - Limpar conforme item 4.8 - Trocar quando necessário. 			
ENROLAMENTOS DE CARÇAÇA, ARMADURA E ROTORES			<ul style="list-style-type: none"> - Medir a resistência de isolamento, e respeitar os valores segundo item 3, caso necessário proceder uma limpeza completa no motor. 		
VENTILAÇÃO			<ul style="list-style-type: none"> - Verificar pressão, Vazão, filtros, etc. 		
MOTOR COMPLETO		<ul style="list-style-type: none"> - Verificar os níveis de vibração, valores de até 4,0 mm/seg são admissíveis. Observar se existe algum ruído anormal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar todas as ligações elétricas, e reapertar se for necessário; - Verificar sinais de mau contato (arcos, descoloração, aquecimento), solucionar se necessário. Inspeção o aperto dos parafusos do motor com a base e checar todos os parafusos de acoplamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer uma limpeza rigorosa da máquina retirando o excesso de pó de escova. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desmontar o motor e checar todos os componentes; - Limpar as caixas de ligações, reapertar as conexões; - Checar o alinhamento e o acoplamento; - Testar o funcionamento dos dispositivos de proteção.



**RUA FAMÍLIA INOCÊNCIO, 57
CENTRO . 88860 000. SIDERÓPOLIS . SC
FONE: 48 435.3088 . FAX: 48 435.3160
WWW.INO.COM.BR**