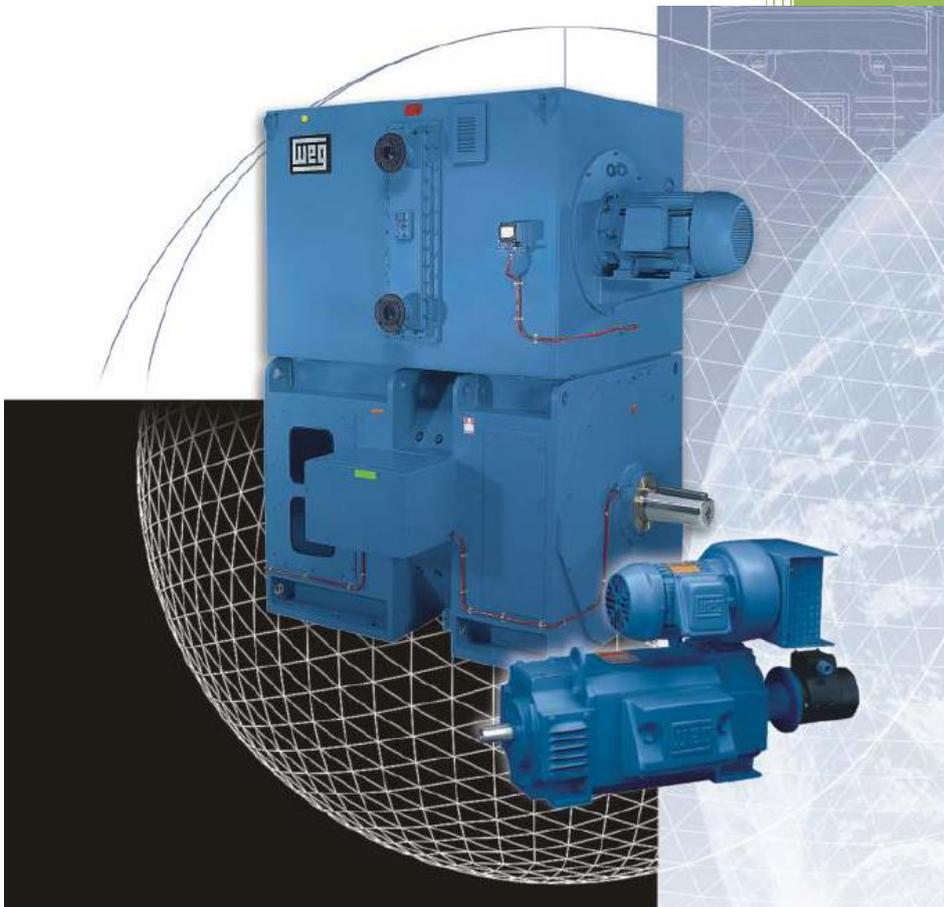


2017

Máquinas Corrente Contínua Manutenção



Elson Luiz da Silva

Planist Assessoria de Manutenção Ltda.

ÍNDICE

Introdução.....	3
1 . Instruções Gerais.....	3
1.1. Recomendações de Segurança.....	3
1.2. Armazenamento.....	3
1.2.1 Rolamentos.....	4
1.2.2. Resistência de Isolamento.....	4
1.3. Proteção das máquinas.....	4
2 . Limpeza.....	5
2.1. Limpeza externa.....	5
2.2. Comutador, escovas e porta-escovas.....	5
2.3. Enrolamentos.....	6
2.4. Filtros de ar.....	6
3. Comutador.....	6
3.1. Filme (Pátina).....	6
3.2. Excentricidade do comutador.....	8
3.3. Lâminas desniveladas.....	8
3.4. Lâminas salientes.....	8
3.5. Micas salientes.....	9
3.6. Polimento do comutador.....	10
3.7. Retificação com pedra de polimento.....	10
3.8. Rebaixando a isolação (mica) entre as lâminas.....	10
3.9. Usinagem do comutador.....	11
4. Porta-escovas.....	12
4.1. Tipos de porta-escovas.....	12
4.2. Altura porta-escovas x comutador.....	12
4.3. Alinhamento dos porta-escovas.....	12
4.4. Fixação das cordoalhas das escovas.....	12
5. Escovas.....	12
5.1. Características das escovas elétricas.....	14
5.2. Resistividade.....	15
5.3. Velocidade superficial.....	15
5.4. Densidade de corrente.....	15
5.5. Componentes de uma escova.....	16
5.6. Pressão das escovas.....	18
5.7. Características de uma boa escova.....	19
6. Ajuste da Linha Neutra.....	20
7. Enrolamentos.....	20
7.1. Resistência de Isolamento.....	20
7.2. Resistência ôhmica.....	24
7.3. Secagem dos enrolamentos.....	25
8. Mancais.....	25
8.1. Qualidade e quantidade de graxa.....	31
8.2 Instruções para lubrificar.....	31
8.3 Substituição dos rolamentos.....	31

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

9. Técnicas Preditivas aplicadas à manutenção de Máquinas CC	32
9.1 Termografia	32
9.2 Análise de Vibração.....	34
10. Exemplo de Plano de Manutenção Planejada de Motor de Corrente Contínua	36
11. Anormalidades em serviços (Fato x Causa x Ação)	38
12. Performance adequada da máquina (comutador, escova,etc.)	38
13. Análise de defeitos através da aparência do comutador	40
14. Referências Bibliografias	43
15. Anexos.....	44

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Introdução

Uma boa inspeção na máquina, feita em intervalos regulares, é o melhor meio de evitar paradas corretivas indesejáveis.

Na manutenção de motores de corrente contínua deve-se verificar, principalmente, níveis de isolamento, desgastes de escovas, comutador, condições dos porta-escovas, lubrificação dos rolamentos e níveis de vibração,.

O motor deve ser mantido limpo, sem acúmulo de óleo ou poeira na sua parte externa para facilitar a troca de calor com o meio ambiente. Internamente o pó deve ser preferencialmente removido com aspirador de pó, panos e pincéis. Sempre que possível deverá ser evitado o uso de ar comprimido, visto que o pó poderá se deslocar dentro da máquina indo para pontos inacessíveis que poderá prejudicar o isolamento.

A frequência com que devem ser feitas as inspeções depende do tipo do motor e das condições locais de aplicação.

ATENÇÃO: Antes de tocar qualquer parte interna da máquina, esteja seguro de que ela esteja desenergizada.

1 . Instruções Gerais

1.1 . Recomendações de Segurança

Todos que trabalham em instalações elétricas, seja na montagem, na operação ou na manutenção, deverão ser permanentemente informados e atualizados sobre as normas e prescrições de segurança que regem o serviço e deverão cumpri-las.

Motores de corrente contínua, quando imprópriamente utilizados ou se receberem manutenção deficiente, poderão causar sérios danos pessoais e/ou materiais. Desta forma, recomenda-se que estes serviços sejam efetuados por pessoal qualificado, que, em função de seu treinamento, experiência, nível de instrução, conhecimentos de normas, especificações, recomendações de segurança e conhecimento das condições de operação, tenha sido autorizado pelos responsáveis para a realização dos trabalhos necessários e que possa reconhecer e evitar possíveis perigos.

Equipamentos para combate a incêndios e avisos sobre primeiros socorros não devem faltar no local de trabalho, devendo estar sempre em lugares bem visíveis e acessíveis.

Antes de iniciar os trabalhos, faça todos os procedimentos de segurança para liberação da máquina e certifique-se que ninguém poderá religá-la sem a autorização do mantenedor responsável. Efetue o bloqueio de todas as fontes de energia. Coloque seu cadeado de travamento no circuito de alimentação do motor.

1.2. Armazenamento

Caso o motor não seja desembalado imediatamente, a caixa deverá ser colocada em lugar protegido de umidade, vapores, rápidas trocas de calor, roedores e insetos. Os motores devem ser armazenados em locais isentos de vibrações para que os mancais não se danifiquem. Para os motores que possuem resistências de aquecimento, estas devem estar ligadas. Qualquer dano à

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

pintura ou proteções contra ferrugens nas partes usinadas deverá ser retocado. Se a armazenagem durar mais de 2 meses, as escovas deverão ser levantadas para evitar oxidação do comutador.

NOTA: Antes da entrada em funcionamento, recolocar as escovas nos alojamentos.

1.2.1 Rolamentos

Caso o motor seja colocado em funcionamento após um período de armazenagem menor ou igual a 6 meses, não se faz necessário um maior cuidado, apenas gire o eixo mensalmente para uma outra posição.

Após um período de armazenagem maior que 6 meses, os rolamentos devem ser lubrificados. Caso o motor seja colocado em funcionamento após um período de armazenagem próximo ou maior que 2 anos, os rolamentos deverão ser desmontados, lavados com solvente e checados. Após a montagem devem ser engraxados. Para motores com rolamentos blindados, após um período de armazenagem de 2 anos, é necessário a substituição dos rolamentos antes da entrada em funcionamento.

1.2.2. Resistência de Isolamento

Quando o motor não é colocado imediatamente em serviço, ele deve ser protegido contra umidade, temperatura elevada e sujeiras, evitando assim, que os seus materiais isolantes sofram com isso. A resistência de isolamento do enrolamento deve ser medida antes da entrada em serviço. Se o ambiente for muito úmido, é necessária uma medição periódica da resistência de isolamento durante a armazenagem.

1.3. Proteção das máquinas

Inspecionar se a máquina não está recebendo sujeira ou água em demasia. A forma de proteção é definida pela ABNT indicado pelas letras IP seguida por dois números. O 1º ALGARISMO representa o grau de proteção contra penetração de corpos sólidos na máquina e contato acidental. O segundo indica o grau de proteção contra penetração de água no interior da máquina.

	1º algarismo		2º algarismo
0	Sem proteção	0	Sem proteção
1	Corpos estranhos de dimensões acima de 50mm - Toque acidental com a mão	1	Pingos de água na vertical
2	Corpos estranhos de dimensões acima de 12mm - Toque com os dedos	2	Pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical
3	Corpos estranhos de dimensões acima de 2,5mm - Toque com os dedos	3	Água da chuva até a inclinação de 60° com a vertical

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

4	Corpos estranhos de dimensões acima de 1,0mm - Toque com ferramentas	4	Respingos em todas as direções
5	Proteção contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor - Completa contra toques	5	Jatos d'água de todas as direções
6	Totalmente protegido contra a poeira - Completa contra toques	6	Água de vagalhões
		7	Imersão temporária
		8	Imersão permanente

A letra (W) entre as letras IP e os algarismos, indica que o motor é protegido contra intempéries

Verificar se no local onde a máquina esta instalada há boa circulação de ar, se a umidade não é excessiva e se não contém gases que possam provocar explosões e corrosão; em caso de anormalidade, tomar as providências cabíveis imediatamente.

2 . Limpeza

2.1. Limpeza externa

A máquina deve ser cuidadosamente limpa, toda poeira, óleos, graxas e outras impurezas deverão ser removidas.

Se possuir ventilação externa, limpar cuidadosamente as pás e a grade de proteção. Os filtros de ar deverão ser removidos e limpos. Utilizar ar comprimido seco, escovas de cerdas, pinceis e panos.

Os trocadores de calor ar/água necessitam uma limpeza periódica nas tubulações do radiador a fim de que se remova qualquer incrustação.

Se a pintura estiver danificada, o local deverá ser retocado com tinta anti-corrosiva e posteriormente aplicado uma demão de esmalte sintético.

2.2. Comutador, escovas e porta escovas

Muita atenção deve ser dada à limpeza dos suportes dos porta-escovas e dos terminais, que podem ficar cobertos de pó. Devem-se remover as escovas e limpá-las, para assegurar que se movam livremente no porta escova.

O comutador deve ser limpo com aspirador de pó e o pó de escova acumulado entre as lâminas com pincel. O comutador não deve ser tocado com as mãos, pois a acidez dos dedos danifica o filme (pátina).

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

2.3. Enrolamentos

Sujeira e pó sobre os enrolamentos podem ser removidos com uma escova de cerdas (não metálica) e se tiver óleo pode ser limpo com um solvente dielétrico e panos que não soltem felpas, tomando o cuidado de não danificar o isolante das bobinas.

2.4. Filtros de ar

Os filtros devem ser limpos regularmente, com intervalos que dependem do grau de impurezas do meio ambiente. A queda de pressão nos filtros deverá ser constantemente observada, pois, caso ela ultrapasse o valor admissível, há o risco de diminuição do volume de ar e do efeito filtrante. A limpeza de filtros de malha grossa (filtros de metal) pode ser efetuada, com jatos de ar ou lavando o filtro com dissolventes. 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 elétrico ou água quente com aditivo P3. Evitar torcer ou escorrer o filtro. Todos os filtros devem ser secados depois da limpeza.

Muito eficientes para retenção de partículas de escovas de carvão são os filtros de celulose. Eles não devem ser lavados e são descartáveis, sendo trocados com uma periodicidade anual.

3. Comutador

3.1. Filme (Pátina)

Chamamos de filme à película lubrificante formada sobre o comutador ou anel coletor que tem a espessura de aproximadamente 0,02 micra, ou seja, 1000 vezes mais fino que o fio de cabelo humano.

A operação eficiente de todas as máquinas de c.c. depende da formação de uma película apropriada na superfície do comutador. Essa película de carvão, grafite, óxido de cobre e vapor de água é depositada no comutador por ação eletroquímica, sendo formada pelo contato deslizante da escova sobre o comutador e pelo fluxo normal de corrente entre a escova e o comutador. Essa película protege o comutador, dando-lhe uma vida longa. **Portanto ela – se estiver em boas condições – não deverá ser removida.**

Como o filme (patina) que se forma nos comutadores ou anéis tem propriedades largamente semicondutoras, ele é altamente influenciado pela temperatura de trabalho. A resistência de contato medida em comutadores frios é alta, em função da baixa condutibilidade elétrica do filme (patina); com o gradativo aumento de temperatura esta resistência vai diminuindo.

De forma idêntica ocorre com o coeficiente de atrito: com o aumento de temperatura ele vai se reduzindo a um mínimo, porém, torna a elevar-se após uma certa faixa de temperatura.

Na tabela a seguir são apresentados os valores ideais de funcionamento.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

APLICAÇÃO	COLETOR TEMPERATURA	ESCOVA TEMPERATURA
Motores de tração	125°C	150°C
Máquinas normais de potência	80 °C	90°C
Máquinas fracionárias	85 a 100°C	100°C
Máquinas de Aviação	100°C	150°C
Anéis turbo geradores	80°C	80°C
Alternadores de carro	75°C	75°C
Anéis de prata	70°C	70°C

Como a superfície do comutador não é extremamente lisa, embora possa ter esse aspecto ao tato, possibilita a formação e permanência do filme (pátina). Normalmente, nos comutadores novos ou reconicionados, a escova começa a formar essa película característica logo que é iniciado o fluxo de corrente. Podem ser necessárias várias horas ou alguns dias para completar uma película de boa qualidade, mas, depois disso, a tarefa principal consiste em preservá-la.

A temperatura, o ambiente e o tipo de escova adotado afetam a formação dessa película. Se ela for deteriorada elétrica ou mecanicamente, tanto o desgaste da escova quanto o do comutador serão acelerados.

A formação e preservação adequada dessa película assegurarão o bom desempenho das escovas (menor desgaste das escovas e do comutador) e a comutação satisfatória (sem faiscamento destrutivo).

As alterações na cor do cobre, até marrom escuro ou cor de chocolate, não devem constituir motivo para preocupações, enquanto a superfície for mantida lisa e polida (aparência brilhante).

Algumas substâncias, se entrarem em contato com as escovas e o comutador, podem prejudicar o funcionamento da máquina, inclusive, danificando o comutador. O que temos a fazer é tentar eliminá-las ou, na sua impossibilidade, pelo menos, tentar atenuar ao máximo seus efeitos, através de ventilação forçada.

No caso de óleo ou graxa, limpar cuidadosamente os mancais, melhorar a proteção contra poeiras, evitar a limpeza do comutador com detergentes, gasolina, removedores, etc.; evitar a aproximação do álcool, amoníaco, cetonas, bem como até fumaça do seu próprio cigarro.

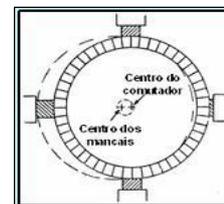
Devemos, por outro lado, ter muito cuidado na escolha de uma granulação para as escovas, porque uma escolha errada pode trazer conseqüências trágicas para sua máquina, senão vejamos: Se escolhermos uma granulação na faixa de trabalho de 10 a 12 A/ cm² e a máquina trabalhar na faixa de 6 a 10 A/ cm², teremos ausência de filme e desgaste rápido do comutador e das escovas. Se a densidade de corrente for alta demais para as escovas, esta irá formar muito filme, sujando o comutador, aumentando a resistência entre escovas e comutador, provocando um centelhamento destrutivo.

Se, no caso inverso, a densidade da corrente for baixa demais para a granulação escolhida, pouco ou nenhum filme irá formar. Teremos, como resultado um comutador ranhurado e um desgaste muito grande no comutador. O comutador danificado causará trepidação nas escovas, desprendimento dos flexíveis e até quebra nas escovas.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

3.2. Excentricidade do comutador

Embora a superfície do comutador esteja lisa, ele pode estar descentrado. Diz-se, então, que o comutador está excêntrico. Esse é um defeito comum, sendo a alteração da superfície compensada pelo maior movimento das escovas. Estas se limitam apenas a subir e descer nos porta-escovas durante a rotação.



Porém esse movimento excêntrico torna-se mais rápido à medida que a velocidade aumenta. Finalmente, as escovas deixam de fazer contato, pulando, acabando por queimar a superfície do comutador. A continuação dessa queima causa destruição ainda maior na superfície do comutador.

As causas possíveis de excentricidade são:

- 1) Eixo empenado
- 2) Mancais desalinhados
- 3) Comutador usinado entre centros desalinhados.
- 4) Deformações causadas por grandes alterações de temperatura em alta velocidade.

Valores limites para superfície de comutadores:

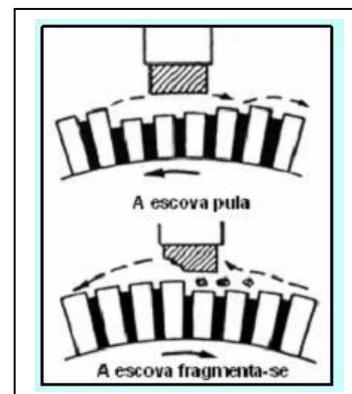
Situação	Excentricidade (TIR)	Diferença altura barra-barra	Rebaixamento Mica
Novo	Menor que 40 μm	Menor que 5 μm	Maior que 1,25 mm
Em serviço	Menor que 75 μm	Menor que 7,5 μm	Maior que 0,5 mm
Necessita reparo	Maior que 75 μm	Maior que 7,5 μm	Menor que 0,25 mm

National Electrical Carbon Products Inc.
Greenville, South Carolina, USA

3.3. Lâminas desniveladas

Por vezes surgem desnivelamentos acentuados ou "degraus" na superfície dos comutadores (lâminas desniveladas). Tais defeitos podem ser causados por choques ou pancadas no comutador ou grandes variações na temperatura de trabalho do comutador. Ainda que o desnível da superfície possa ser pequeno, nenhuma mola, por mais forte que seja, pode manter a escova em contato com o rebaixo da superfície.

A escova começa a "pular" perdendo o contato com o comutador e quando encontra um degrau pela frente, quebra a ponta da escova.. Nas velocidades mais altas, essa batida pode ser bastante forte para fragmentar as escovas.



3.4. Lâminas salientes

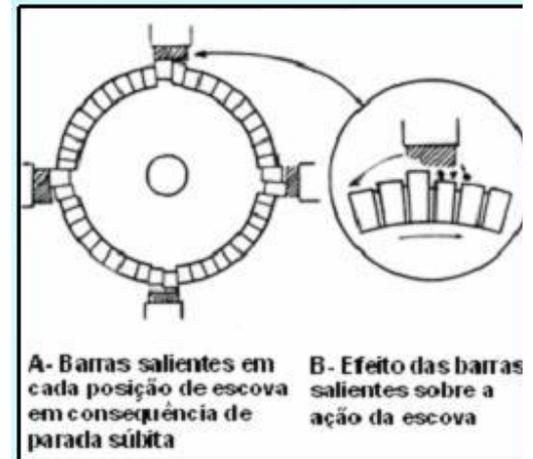
Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Se o motor for mantido parado com a alimentação ligada, as lâminas do comutador situadas debaixo das escovas serão superaquecidas. Tais lâminas dilatam-se e levantam-se em relação às outras. As lâminas salientes batem nas escovas, produzindo faiscamento e queima, agravando, ainda mais, a superfície do comutador. Se isso não for corrigido, as escovas acabarão por despedaçar-se e haverá faiscamento grave.

Nos casos mais sérios, a temperatura pode aumentar até o ponto de recozer ou destemperar o cobre. A pré-cinta de mica poderá ser mesmo queimada. Flocos de mica serão expulsos dos pontos de maior pressão, afrouxando a ação de aperto das barras aquecidas. Os comutadores, nessas condições, criam muitos problemas.

As barras amolecidas desgastam-se de maneira diferente das barras adjacentes e, por estarem soltas, serão levantadas quando as velocidades forem altas.

Se houver suspeita que há barras destemperadas, verifique a dureza das lâminas. Em alguns casos, as barras recozidas podem ser descobertas por sua descoloração, principalmente nas extremidades onde as escovas não tocam.



3.5. Micas salientes

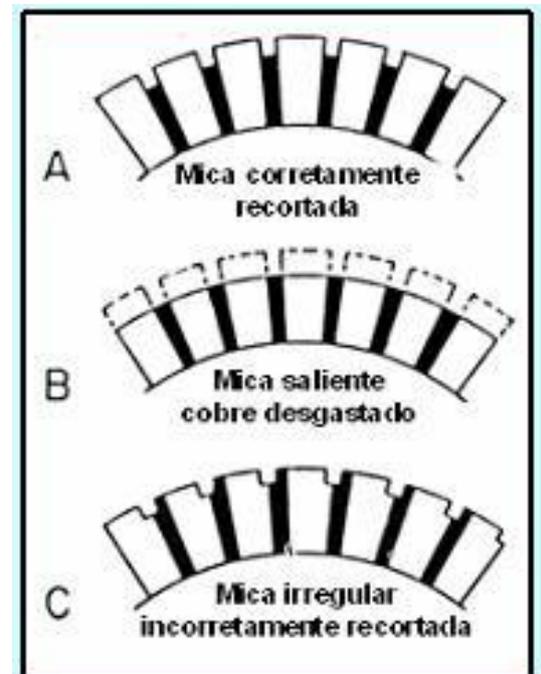
A expressão mica saliente refere-se à relação de altura entre a superfície das barras do comutador e a mica que faz a isolação das barras (figura A).

Em operação normal, a superfície do comutador desgasta-se uniformemente. À proporção em que o cobre é removido por desgaste, a profundidade do rebaixamento (ranhuras) é diminuída até que as bordas das micas fiquem niveladas (ou levemente mais altas) com a superfície do comutador (figura B).

Neste ponto, diz-se que é "mica saliente". A mica saliente pode ser resultado de desgaste eletromecânico normal ou pode ser uma falha no rebaixamento da mica após as operações de retificação do comutador.

A formação de "penas" ou "bigodes" de mica nas arestas resulta do rebaixamento incorreto da mica (figura C) a qual deixa partículas de mica junto à superfície do comutador.

Qualquer que seja a forma da mica saliente ela perturba a sua vez, aumenta o desgaste das barras do comutador e o das aumentando a perturbação do comutador.



Todos esses defeitos nos comutadores (excentricidade, diferenças alturas de lâminas e rebaixamento de mica) poderão ser detectados com o instrumento **ANALISADOR DE PERFIL**,



Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

3.6. Polimento do comutador

Se a superfície do comutador estiver simplesmente manchada, ela poderá ser limpa utilizando tecido de lonas montado em camadas fixado na extremidade de um sarrafo de madeira. Se isso não for suficiente, ou se o comutador estiver levemente áspero, poderá ser utilizada a pedra polidora, por exemplo, da marca ABRASIPA ou então uma lixa fina de madeira. A lixa deve ser montada num bloco de madeira conformado, para se adaptar à superfície do comutador.

Escovas e superfície do comutador devem ter bom contato elétrico e conformação perfeita. Um fator de grande influência nisto é a rugosidade da superfície do comutador. Se a superfície for muito polida, o atrito poderá ser elevado, mesmo com baixas velocidades de deslizamento, pois as escovas de carvão chegam próximas ao atrito de aderência enquanto que em altas velocidades de deslizamento está presente o risco de manifestação dos efeitos aerodinâmicos. Ambos os efeitos conduzem a um contato inseguro e irregular sobre o perímetro do coletor.

Além disso, em superfícies lisas, as partículas de carvão e grafite, provenientes do desgaste da superfície de funcionamento da escova, têm dificuldades de aderência, de modo que a formação do filme é lenta e imperfeita. Em particular, nas máquinas com comutação difícil, isto pode levar rapidamente a danos na superfície das lâminas, na forma de manchas que produzem como consequência, o faiscamento nas escovas.

Uma superfície muito áspera do comutador leva em pouco tempo a um grande desgaste inicial, que também deve ser evitado, embora uma superfície áspera seja preferível a uma superfície lisa.

Pesquisas e experiências mostraram que a rugosidade adequada da superfície das lâminas deverá estar entre $Ra = 0,8$ a $1,2\mu m$. Ressalte-se que esta rugosidade deve ser igualmente produzida e distribuída por torneamento ou polimento na direção axial do comutador. Existe um método prático que tem se mostrado muito eficiente para determinar a rugosidade das lâminas do comutador. Com um lápis nº 2 bem apontado, se faz um risco no comutador; se o risco esfarelar, significa que a superfície está muito rugosa; se não conseguirmos riscar no comutador, significa que a superfície está muito lisa, em contrapartida, se o risco for semelhante ao obtido numa folha de papel, significa que a rugosidade está adequada.

3.7. Retificação com pedra de polimento

Se a superfície do comutador tiver ranhuras com pouca profundidade ou se estiver riscada ou queimada, e se for suficiente retirar uma pequena camada de cobre para corrigir o defeito, o método mais apropriado é a retificação com pedra, que deve ter sua área de contato conformada, de maneira a adaptar-se à do comutador. Além disso, a pedra deve ser bastante comprida para abranger todo o defeito a ser corrigido; se não for assim, ela entrará e sairá do defeito, sem de maneira alguma corrigi-lo.

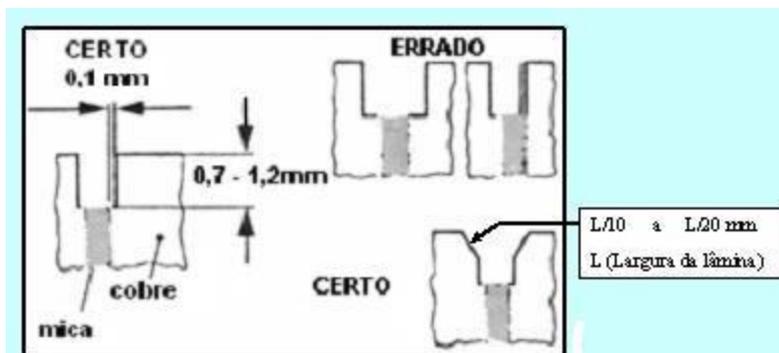
3.8. Rebaixando a isolação (mica) entre as lâminas

As máquinas industriais e ferroviárias em uso hoje em dia só utilizam qualidades de escovas de carvão que devem trabalhar com mica rebaixada (isolação entre lâminas).

A isolação imperfeita das lâminas ou resíduos de mica salientes causam problemas de contato, manchas no comutador e desgaste das escovas. Para a quebra dos cantos das lâminas e

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

para o rebaixamento da mica isolante, não existem normas que forçosamente devam ser obedecidas. Em geral, se recomenda as medidas apontadas nas figuras.

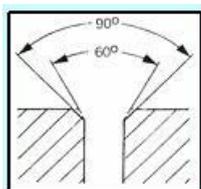


O importante é que não haja resíduos de mica da isolação salientes nas laterais das lâminas. Por isso, e também para eliminar eventuais erros de escala, a fresa utilizada para fazer o rebaixamento deverá ter a espessura cerca de 1/10 mm maior que a largura da mica isolante, conforme mostra a figura. Em geral se utiliza uma lâmina de serra montada num suporte para executar o rebaixamento da mica.

Após o rebaixamento da mica e da usinagem (torneamento) do comutador, é recomendável chanfrar levemente os cantos vivos das lâminas. A largura desse chanfro deverá ser de 1/10 a 1/20 de mm da largura lâmina. Para isso poderão ser usadas ferramentas desbastantes semelhantes a da figura abaixo.



Os ângulos mais usados para o chanfro dos cantos das barras situam-se entre 60° e 90° (veja figura).



Após a quebra dos cantos o comutador deve ser limpo. Essa limpeza deverá ocorrer com a máquina funcionando a vazio, utilizando a pedra de retificação tipo ABRASIPA. A pouca poeira gerada pela pedra não precisa ser removida, pois auxilia no assentamento das escovas.

3.9. Usinagem do comutador

A usinagem poderá ser feita, dependendo do caso, com o motor montado ou desmontado.

Ferramenta	Velocidade de corte (m/min)	Velocidade de avanço (mm/rot)	Profundidade de corte (mm)
Aço rápido	45 - 60	0,1 - 0,2	0,05 - 0,15
Carbureto de tungstênio	100 - 300	0,05 - 0,1	0,05 - 0,15
Diamante	300 - 1500	0,04 - 0,1	0,03 - 0,10

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Preferencialmente o serviço deverá ser realizado com rotor fora da máquina, num torno. De qualquer forma, deve ser evitado que os cavacos resultantes da usinagem se alojem nas bobinas.

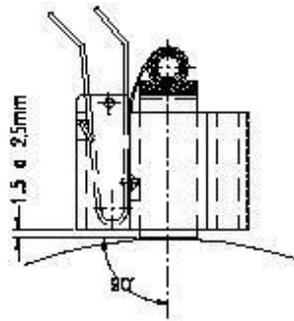
4. Porta escovas

4.1. Tipos de porta escovas

Basicamente os porta escovas se dividem em dois tipos, o de pressão constante e de mola regulável

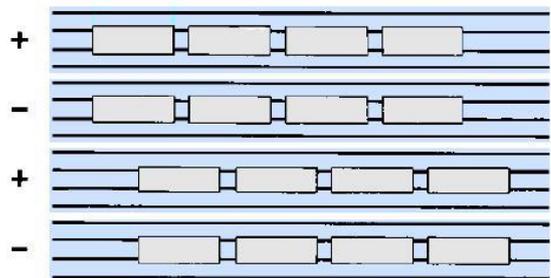
4.2. Altura porta-escovas x comutador

A distância entre a superfície do porta escova e o comutador deverá estar entre 1,5 a 2,5 mm para evitar quebra das escovas devido a vibração.



4.3. Alinhamento dos porta-escovas

Para que o desgaste do cobre seja homogêneo em toda superfície do comutador, é necessário que se faça uma distribuição racional das escovas. A principal regra é que a quantidade de escovas positivas e negativas numa mesma pista deverá ser a mesma.



4.4. Fixação das cordoalhas das escovas

A fixação das cordoalhas na escova deve atender as duas situações:

- ter a menor resistência elétrica possível (alguns poucos micro ohms), ser invariável a mudanças de temperatura
- ter a maior resistência mecânica (resistência a tração de centenas de Newtons) independente de choques mecânicos ou vibrações

5. Escovas

As escovas elétricas conduzem a energia externa que alimenta o motor elétrico até o comutador, que faz parte do rotor da máquina (parte móvel). Suas principais propriedades é que devem ter mínima perda, produzir reduzido desgaste do comutador, ter uma vida adequada e principalmente produzir o menor faiscamento durante a operação da máquina a vazio e com carga.

As escovas elétricas utilizadas atualmente na condução de corrente às partes giratórias das máquinas elétricas diferem bastante das escovas de cobre que foram utilizadas nas primeiras máquinas elétricas e que deram origem às atuais escovas.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

A utilização do eletrografite para este fim foi devido às suas propriedades como lubrificante sólido. O carvão e o eletrografite, diferentes formas de um mesmo elemento, são intensamente empregados nos contatos elétricos deslizantes, por terem demonstrado possuir outras propriedades importantes para esta aplicação em especial.

Dentre estas propriedades podemos destacar:

a) Resistente aos efeitos de temperaturas elevadas

Em todo o contato deslizante, são produzidas temperaturas muito elevadas. O carvão mantém suas propriedades sob estas condições devido ao fato de permanecer em estado sólido até temperaturas de 3.000 °C.

b) Baixa densidade

O carvão é mais leve que a maioria dos metais. A pequena inércia da escova de carvão permite que ela se adapte facilmente as irregularidades.

c) Não solda com metais

O carvão não se solda com outros metais, mesmo sob condições nas quais estes se soldariam entre si, tais como sob o calor gerado por um arco elétrico. O carvão, à pressão atmosférica, não existe no estado líquido, pois entre 3.600 °C e 4.000 °C passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

5.1. Características das escovas elétricas

CARACTERÍSTICAS ESCOVAS ELÉTRICAS			
	CARBOGRAFÍTICA	ELETROGRAFITE	GRAFÍTICA
Fabricação	Mistura de pó de carvão, grafite peneirados e aglomerados com ligante	Preparadas com escovas CARBOGRAFÍTICAS.	Grafite natural ou artificial moído, ligas auxiliares e aglomerantes.
	Os pós são comprimidos em prensas e as placas aquecidas de 816 a 1538°C para coqueificar o ligante.	São submetidas a tratamentos de alta temperatura (2300 a 2800°C) para transformar o carbono amorfo em grafite artificial.	Os pós são comprimidos em prensas e aquecidos para coqueificar o ligante.
Características Dominantes	Escova com bom poder comutante, polidoras, queda de contato MÉDIA	Queda de tensão MÉDIA e atrito BAIXO ou MÉDIO, portanto com perdas reduzidas e adaptadas a velocidades elevadas.	Escovas macias, plásticas, amortecem eficazmente choques e vibrações mecânicas. Elas são polidoras.
Principais Aplicações	Máquinas velhas, lentas, com ou sem polos auxiliares, pouca carga, coletores c/ mica rente	Máquinas modernas estacionárias ou de tração, rápidas	Anéis de aço de máquinas assíncronas ou síncronas rápidas.
Densidade de Corrente (A/cm ²)	6 a 8	Regime estável = 8 a 12 Regime curto = 20 a 25	10
Velocidade Periférica Admissível (m/s)	25	50 até 60	75
	METALGRAFITE	BAQUELITE-GRAFITE	
Fabricação	Pó de grafite natural purificado e cobre, acrescentando eventualmente chumbo ou estanho.	Pó de grafite natural aglomerado com resina termo-endurecível do tipo baquelite.	
	O pó obtido é comprimido em prensas e cozido em atmosfera e temperatura apropriadas para atingir a solidez e coesão desejadas.	O pó obtido é comprimido em prensas e os blocos obtidos são submetidos a temperaturas adequadas para polimerizar o ligante.	
Características Dominantes	Escovas densas, muito pesadas, BAIXO coeficiente de atrito e queda de tensão MUITO BAIXA. Tem, portanto, baixas perdas.	Escova com resistência elétrica elevada, muito comutante, polidoras, queda de tensão ELEVADA. Podem funcionar com baixa densidade de corrente. São frágeis, não admitindo variações intensas de carga.	
Principais Aplicações	Máquinas de corrente contínua lentas, baixa tensão. Anéis de bronze de motores de CA.	Motor CA com coletor Schrage. Algumas máquinas CC com velocidade média e pouca carga.	
Densidade de Corrente (A/cm ²)	Regime estável = 12 a 30 Regime curto até 100	7 a 12	
Velocidade Periférica Admissível (m/s)	35	40	

5.2. Resistividade

A **resistividade** é uma característica importante da escova. Muitas vezes conseguimos controlar um problema de comutação de uma máquina substituindo uma escova por outra com resistividade maior, porém quanto maior a resistividade maior as perdas por efeito jaule. O adequado é encontrar o ponto de equilíbrio.

$$r = \frac{R.S}{l}$$

Onde: r: resistividade em Ωcm

R resistência do bloco de escova medido em Ω

S área do bloco de escova em cm^2

L comprimento do bloco cm

5.3. Velocidade superficial

A escolha incorreta de uma qualidade pode acarretar um desgaste acentuado das escovas. Considerando-se que um comutador ou um anel deslizante nunca será idealmente redondo, com o aumento da **velocidade periférica** ocorrem falhas e até interrupções de contato, causando um excesso de desgaste mais do que proporcional. Assim é importante verificar se a escova escolhida admite a velocidade superficial atingida pela máquina, calculada conforme fórmula a seguir. A V_s da escova sempre deverá ser igual ou maior que da máquina.

$$V_s = \frac{\pi.D.n}{60}$$

Onde : V_s velocidade superficial em m/s

π constante = 3,1416

D diâmetro do comutador em metros

n velocidade do motor em rpm

5.4. Densidade de corrente

Outra característica importante das escovas elétricas. Uma escova trabalha adequadamente, conduzindo a corrente elétrica para a máquina sem atacar o comutador, desde que sua temperatura seja mantida numa determinada faixa. Esse aquecimento é obtido pela corrente que circula por ela; quanto maior a corrente, maior a temperatura da escova. Assim sendo, a densidade de corrente é importante no desempenho das escovas.

A densidade é dada segundo a seguinte expressão:

$$D_c = \frac{I}{0,5N.LE}$$

Onde: D_c densidade de corrente em A/cm^2

I Corrente média de trabalho da máquina em A

N N° de escovas da máquina

L largura da escova em cm

E espessura da escova em cm

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

5.5. Componentes de uma escova

De modo geral, uma escova compreende as seguintes partes:

a) Corpo da escova

O corpo da escova corresponde à peça de carvão usinada, sendo a parte mais importante, pois uma escova pode ou não ter cordoalhas, terminais ou acessórios; seu corpo, porém, é necessariamente uma condição de existência da mesma.

- **Como medir**

Para medir uma escova consideramos:

t = dimensão tangencial (ESPESSURA)

a = dimensão axial (LARGURA)

r = dimensão radial (ALTURA)

Estas dimensões deverão ser dadas com a aproximação em décimos de milímetros e nos limites e tolerâncias aprovadas pelas Normas IEC e ABNT, conforme tabela 1 (escovas Carbografite, Eletrografite e Baquelitegrafite) e tabela 2 (escovas Metalgrafite e Grafite Natural) .

Valores Nominais	Porta-Escova (1)			Escova Elétrica			FOLGA		Escova r
	t	a		t	a		Máx.	Min.	
mm	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	
1,6 2 2,5	+ 54	+ 14	40	- 90	- 30	60	144	44	+/- 0,3
3,2	+ 68	+ 20	48	- 90	- 30	60	158	50	+/- 0,3
4 5	+ 68	+ 20	48	- 110	- 30	80	178	50	+/- 0,3
6,3 8 10	+ 83	+ 25	58	- 110	- 30	80	193	55	+/- 0,3
12,5 16	+ 102	+ 32	70	- 130	- 40	90	232	72	+/- 0,5
20 25	+ 124	+ 40	84	- 130	- 40	90	254	80	+/- 0,5
32 40 50	+ 150	+ 50	100	- 150	- 50	100	300	100	+/- 0,8

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

TABELA 2 Tolerâncias para "t" e "a" em micrômetros e para "r" em milímetros para escovas de grafite natural e metal-grafite									
Valores Nominais	Porta-Escova (1)			Escova Elétrica			FOLGA		Escova
	t	a		t	a		Máx.	Min.	r
mm	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	Dif.	Máx.	Min.	
1,6 2 2,5	+ 54	+ 14	40	- 120	- 60	60	174	74	+/- 0,3
3,2 4 5	+ 68	+ 20	48	- 150	- 70	80	218	90	+/- 0,3
6,3 8 10	+ 83	+ 25	58	- 170	- 80	90	253	105	+/- 0,3
12,5 16	+ 102	+ 32	70	- 260	- 150	110	362	182	+/- 0,5
20 25	+ 124	+ 40	84	- 290	- 160	130	414	200	+/- 0,5
32 40	+ 150	+ 50	100	- 330	- 170	160	480	220	+/- 0,8

b) Cordoalhas

É sempre vantajoso fabricar escovas equipadas com cabos flexíveis de cobre, para servirem com elo de ligação entre a escova e a rígida estrutura de máquina. A cordoalha irá permitir um melhor caminho para a corrente fluir. Uma extremidade deverá estar bem fixada na escova e a outra estará fixada ao terminal.

Na tabela 3 apresentamos os valores recomendados da seção nominal - Normas IEC e ABNT. A escolha do rabicho é feita considerando-se a corrente que irá conduzir, que depende da corrente da escova à qual o rabicho será conectado. Assim, para cada tipo de escova, há valores definidos para a bitola e formação dos rabichos.

Geralmente, são dimensionados para conduzir uma corrente bem maior que a corrente nominal da própria escova. Quando estiverem "queimados" é uma indicação de que sofreram uma sobrecarga acima de 300% por períodos prolongados.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Valores da seção nominal, do diâmetro aproximado e da massa aproximada de cordoalhas					
Seção Nominal mm ²	Formação Efetiva		Diâmetro aproximado mm	Corrente máxima por cordoalha Amperes	Massa aproximada g/m
	Número de fios	Diâmetro do fio elementar mm			
0,13	3x9	0,08	0,5	3	1,3
0,28	7x8	0,08	0,7	5	2,5
0,53	7x15	0,08	1,0	7	4,9
1,16	7x33	0,08	1,5	10	11,0
2,00	7x3x19	0,08	2,0	16	19,6
2,64	7x3x25	0,08	2,5	21	26,2
3,48	7x3x33	0,08	3,0	27	34,0
4,64	7x3x44	0,08	3,5	34	43,5
6,00	7x3x57	0,08	4,0	42	66,0
7,40	7x7x30	0,08	4,5	50	71,0
9,36	7x7x38	0,08	5,0	60	91,5
12,80	7x7x52	0,08	6,0	73	134,0

5.6. Pressão das escovas

A pressão é dada em gramas por cm² de seção da escova. A medição da pressão nas molas dos porta-escovas pode ser feita através das balanças de pressão (dinamômetro). Coloca-se o laço de cordão envolvendo o dedo de pressão, e, assim que a escova deixar de ter contato com o comutador, faz-se a leitura na escala. A fim de saber quando a escova deixa de ter contato com o coletor, coloca-se entre ambos uma tira de papel e, logo que esta tira se soltar devemos ler na escala a pressão correspondente. A tira de papel deve ser levemente puxada.

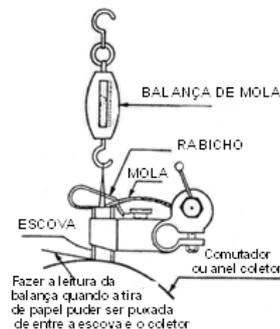
Uma maneira mais precisa para verificar a força exercida pelo dedo de pressão sobre a escova é mostrado na figura ao lado. Os porta-escovas são retirados da máquina e montados num suporte; a escova aplica uma força sobre o prato da balança, então o valor lido é exatamente o valor da força da mola.

Exemplo: Uma escova eletrográfica de uma máquina estacionária, com dimensões 12,5 x 32 x 50mm. A leitura da balança indicou 710g. Está correto o valor?

Sabemos que a $F = P * S$. Sendo a Pressão recomendada de 180g/cm² e $S = 1,25 * 3,2 = 4\text{cm}^2$, então $F = 720\text{ g}^*$. A mola

está adequada, pois $F=710\text{g}^*$ está dentro da tolerância de $\pm 10\%$.

Pressões abaixo das recomendadas nunca devem ser usadas com o intuito de aumentar a eficiência ou reduzir o atrito. Tal prática pode resultar em dano para o coletor, pois não haverá o firme contato entre escovas e coletor.



Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Para escovas de tração, é usada geralmente uma pressão que varia de 250 a 570 g/cm², dependendo da velocidade ou de outras condições. Para máquinas sujeitas a grande vibração, a pressão recomendada é aproximadamente a mesma das escovas de tração. Para motores e geradores modernos de alta velocidade e para tarefas pesadas, como, por exemplo, para laminadores, onde são usadas as escovas de eletrografite, devemos ter um especial cuidado no uso de uma pressão exata e também verificar se todas as escovas estão com a mesma pressão. O gráfico mostra como a pressão afeta o desgaste da escova.



TABELA IV

Tipos de Máquinas	Pressão na Escova
Máquinas estacionárias baixa vibração	150 a 200 g/cm ²
Anéis deslizantes	170 a 250 g/cm ²
Motores de tração	250 a 570 g/cm ²
Máquinas com alta vibração	até 350 g/cm ²
Motores fracionários	até 450 g/cm ²

5.7. Características de uma boa escova

Dentre os muitos fatores de real importância ao bom funcionamento de uma máquina interessam-nos, naturalmente, os mais relevantes. Quando as máquinas são projetadas e fabricadas, muito destes fatores são levados em consideração. Seis deles, intimamente ligadas à manutenção tanto do coletor como das escovas, foram os escolhidos para este trabalho.

No final, apresentamos uma tabela onde procuraremos sugerir modos que melhor mantenham suas máquinas em bom funcionamento, com máximo rendimento, principalmente:

a) Ausência de centelhamento

O centelhamento, na maioria das vezes, é o primeiro sinal de sérias complicações. Três são as causas mais frequentes e danosas: grandes sobrecargas, vibração e condições atmosféricas adversas. Mas, outros fatores podem contribuir como: defeitos mecânicos na máquina, escolha de escovas de granulação inadequada, defeitos elétricos na máquina e pressão incorreta.

b) Uniformidade do filme no comutador

O bom estado da superfície do comutador é de grande influência para a "saúde" do restante da máquina. A uniformidade e o grau de polimento do filme formado traduzem o comportamento da escova e indicam o caminho para um trabalho satisfatório da máquina. Quando a superfície de um comutador começa repentinamente a se alterar em seu aspecto, é necessário que se tome uma rápida providência para restituir-lhe suas condições originais e isto é muito importante.

c) Mínimo desgaste do comutador

Como causas mais importantes que desgastam o comutador temos: forte centelhamento, escovas abrasivas e queima de superfície do comutador. Esta última, por sua vez, tem origem em várias causas.

d) Perdas mínimas elétricas mecânicas

Pelo fato de não existir, na verdade, máquinas 100% eficientes, algumas perdas tornam-se inevitáveis. Perdas por atrito das escovas, resistência do filme sobre a superfície do comutador, calor excessivo localizado, enquanto que a adoção de escovas de qualidade adequadamente selecionada motivará uma operação correta, reduzirá estas perdas ao mínimo, aumentando a eficiência da máquina.

e) Trabalho silencioso

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

O contato constante e ininterrupto das escovas com o comutador constitui um dos fatores básicos para o bom funcionamento de uma máquina. Um trabalho silencioso é bom indício de contato correto. A trepidação ou barulho pode desenvolver-se sob várias condições, todas de modo a reduzir a eficiência da máquina, ou, eventualmente mesmo, causar sua própria destruição. Como exemplos comuns das causas desses distúrbios, vale citar: lâminas altas, filme muito denso sobre o comutador, pressão incorreta na escova, etc.

f) Vida longa da escova

A vida longa da escova é interessante e indica, geralmente, um trabalho satisfatório da máquina. Vida mínima adequada da escova é de 9 a 12 meses.

6. Ajuste da Linha Neutra

Quando for comutador for usinado ou na troca das escovas, é provável que a posição dos porta-escovas tenha que ser alterada. Para ajustar as escovas na posição neutra (calagem das escovas) proceder da seguinte forma (método prático):

a) Ajuste grosso

- 1) Afrouxar os parafusos que prendem o anel dos porta-escovas;
- 2) Energizar o campo com uma tensão contínua pulsante que pode ser a uma pilha de 9 volts e medir a tensão na armadura com um milivoltímetro com zero central e escala de 25mV.
- 3) Se a zona neutra estiver desajustada, o ponteiro do milivoltímetro pulsará. Girar o anel dos porta-escovas até que o ponteiro fique parado.
- 4) Agora aplique tensão pulsante na armadura e meça a tensão induzida no campo. Ajuste o anel dos porta-escovas até que o ponteiro pare de pulsar.
- 5) Fixe o anel dos porta-escovas e confirme o teste.

b). Ajuste fino

- 1) Após ajustada a zona neutra (ajuste grosso), ligar o motor com tensão nominal e – se possível - com carga nominal;
- 2) Verificar os dois sentidos de rotação, a diferença de velocidade não poderá ser maior que 1%;
- 3) Caso a diferença seja maior que 1%, observar em que sentido a rotação está maior. Para diminuir a rotação, girar o anel dos porta-escovas no mesmo sentido de giro do rotor;
- 4) Para aumentar a rotação, em um determinado sentido, girar o anel dos porta-escovas no sentido contrário de giro do rotor.

7. Enrolamentos

7.1. Resistência de Isolamento

a).Teoria geral

A **resistência de isolamento (RI)** é, em termos gerais, usada para descrever o quociente da tensão contínua aplicada dividida pela corrente num tempo determinado a partir do início da aplicação de tensão.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

A resistência de isolamento dos enrolamentos de uma máquina elétrica varia em função do tipo e da montagem do material isolante. Em geral ela varia diretamente com a espessura do isolante e inversamente com a área de superfície do condutor.

b). Fatores que afetam a resistência de isolamento

Condições da superfície - A deposição de carvão no comutador de máquinas de corrente contínua baixa a **RI**. A poeira no isolante normalmente não é condutora, porém essa condição é alterada quando existe a presença de umidade, o que faz baixar a **RI**.

Efeito da Umidade - Se a temperatura do enrolamento é igual ou menor que a do ponto de orvalho do ar ambiente, a umidade formada no enrolamento poderá baixar a **RI**. Esse problema é maior se a superfície estiver contaminada com pó, graxa e outros resíduos. Importante que se faça a medida sempre com a temperatura acima do ponto de orvalho. Alguns tipos de materiais isolantes são higroscópicos (absorvem água), agravando mais o problema.

Efeito da Temperatura - A **RI** dos materiais varia inversamente com a temperatura. Assim é importante que o valor medido seja corrigido para **40°C**, usando a equação

$$R_{40^{\circ}\text{C}} = K_t * R_t$$

onde:

$R_{40^{\circ}\text{C}}$ - **RI** em megohms corrigida para 40°C

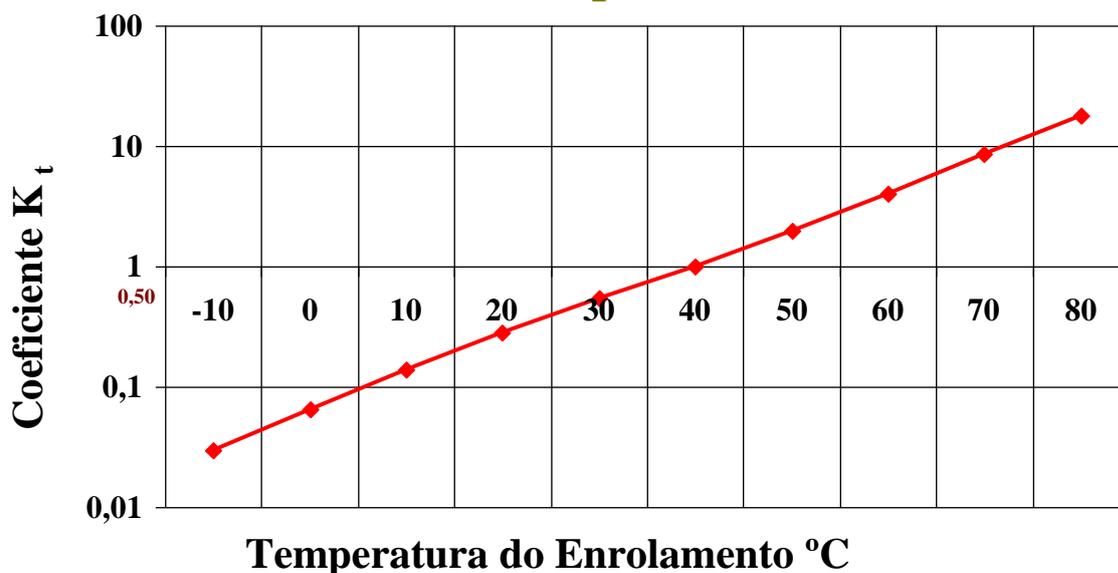
R_t - **RI** medida na temperatura **t** em megohms

K_t - coeficiente de **RI** na temperatura **t**

Um valor aproximado do coeficiente K_t é obtido no gráfico abaixo.

OBS.: Quando o Índice de Absorção ou Índice de Polarização for utilizado não é necessário corrigir a temperatura para 40°C.

Variação Aproximada da RI em Função da Temperatura



$$R_{40^{\circ}\text{C}} = K_t * R_t$$

$$R_{\text{min}} (40^{\circ}\text{C}) = \text{Tensão kV} + 1$$

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Efeito da Magnitude da Tensão Aplicada - A medição da **RI** constitui um teste de potencial e deverá ser adequado ao tipo de máquina em teste, visto que se uma tensão muito alta for aplicada poderá danificar o isolamento. Valores de tensão recomendados estão na tabela abaixo:

Valores de Voltagem CC a serem aplicadas no Teste de Resistência de Isolamento

Tensão nominal da bobina [V] ¹	Tensão de teste
< 1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
> 12000	5000 - 10000

¹ Tensão nominal de linha para máquinas CA trifásicas, tensão de linha para terra para máquinas monofásicas e tensão contínua nominal para máquinas CC ou bobina de campo.

Efeito da Duração da Aplicação de Tensão - A medida de **RI** de um enrolamento normalmente aumenta com o tempo de aplicação da tensão. Então todas medidas deverão ser feitas num mesmo tempo de aplicação para que esses valores possam ser comparados entre si.

O tempo recomendado é de 1 (um) minuto de aplicação.

Efeito da Existência de Carga Elétrica nos Enrolamentos - A leitura da **RI** apresentará um erro caso exista uma carga residual nos enrolamentos.

Assim o enrolamento deverá ser descarregado à terra antes da leitura. O tempo de descarga será de 4 vezes o tempo de carga.

c). Valor mínimo da Resistência de Isolamento. É difícil prescrever regras fixas para o valor real da resistência do isolamento de uma máquina, uma vez que ela varia com as condições ambientais (temperatura, umidade), condições de limpeza da máquina (pó, óleo, graxa, sujeira) e qualidade e condições do material isolante utilizado. Considerável dose de bom senso, fruto de experiência, deverá ser usada, para concluir quando uma máquina está ou não apta para o serviço. O importante é que se tenha registros periódicos, que são úteis para esta conclusão. A norma IEEE 43/2000 recomenda os valores mínimos de resistência de isolamento, conforme a tabela a seguir.

Valores mínimos recomendados de Resistência de Isolamento a 40°C (todos valores em MΩ) IEEE 43/2000

RI mínima (MΩ)	Detalhes
RI min = kV + 1	Para a maioria dos enrolamentos fabricados antes do ano 1970
RI min = 100 MΩ	Para a maioria dos enrolamentos ca e cc fabricados após o ano de 1970

Onde:

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

RI_{min} - Resistência de isolamento mínima recomendada em Mega Ohm com o enrolamento à temperatura de 40°C;

kV - Tensão nominal da máquina, em kV.

Se o ensaio for feito em temperatura diferente, será necessário corrigir a leitura para 40°C, utilizando-se uma curva de variação da resistência do isolamento em função da temperatura, conforme NBR 5165.

Em máquinas novas, 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 a máquina está inapta para operação, uma vez que a resistência do isolamento se elevará depois de um período em serviço. Em máquinas velhas, em serviço, podem ser obtidos freqüentemente valores muito maiores. A comparação com valores obtidos em ensaios anteriores na mesma máquina, 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 brusca. Geralmente a resistência do isolamento é medida com um MEGÔHMETRO.

Se a resistência do isolamento for menor que os valores obtidos pela fórmula acima, os motores terão que ser submetidos a um processo de secagem.

d). Índice de Absorção

O Índice de Absorção é igual a leitura realizada a 60s pela leitura a 30s

INDICE DE ABSORÇÃO			
Entre	0	1	Perigoso
Entre	1	1,1	Pobre
Entre	1,1	1,25	Questionável
Entre	1,25	1,4	Confiável
Entre	1,4	1,6	Bom
Maior que	1,6		Excelente

e). Índice de Polarização

O Índice de Polarização é igual a leitura realizada a 10min pela leitura a 1 min

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

INDICE DE POLARIZAÇÃO			
Entre	0	1	Perigoso
Entre	1	1,5	Pobre
Entre	1,5	2	Questionável
Entre	2	3	Confiável
Entre	3	4	Bom
Maior que	4		Excelente

f). Conexões dos Enrolamentos para Teste da Resistência de Isolamento

1 Máquina na Oficina

É recomendado que cada bobina seja isolada e testada separadamente; primeiro cada bobina contra terra e depois teste entre bobinas

2 Máquinas Instaladas

Para evitar danos no motor como quebra de parafusos e bornes e para tornar o teste mais rápido, o teste é feito no Painel de Alimentação da máquina. Em motores CA, fase contra terra; nas máquinas CC, armadura e campo contra terra e armadura contra campo.

Se for detectado a existência de algum valor de resistência de isolamento abaixo do recomendado, o teste será repetido na máquina abrindo todas conexões. Por vezes a anomalia não está na máquina e sim no cabo de alimentação.

ATENÇÃO

CUIDAR SEMPRE PARA QUE O EQUIPAMENTO ESTEJA DESENERGIZADO.

g). Como medir a Resistência de Isolamento de uma máquina

- 1º. Desenergizar a máquina
- 2º. Descarregar os cabos à terra durante 4 minutos
- 3º. Aferir o MEGÔMETRO
- 4º. Selecionar a escala de tensão
- 5º. Aplicar a tensão entre a bobina e a terra; fazer leitura a 30s e 60s. Anotar valores.
- 6º. Repetir o teste com as demais bobinas, testando contra terra e após entre elas.
- 7º. Medir a temperatura da carcaça da máquina

OBS. Para máquinas importantes deveremos fazer leitura a 30s, 60s e 10 minutos.

7.2. Resistência ôhmica

A resistência ôhmica dos enrolamentos é, também, um bom indicativo para avaliar o estado dos enrolamentos da máquina. Cada bobina deverá ser medida individualmente e o valor da temperatura será registrada e os valores deverão ser comparados com dados anteriores.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

7.3. Secagem dos enrolamentos

A *secagem* é a operação que tem por fim retirar a umidade ocasionalmente depositada ou absorvida pelo isolamento.

O método mais favorável é a aplicação de calor externo (lâmpadas infravermelhas ou aquecedores elétricos), dentro duma estufa ou coberta de lona. Três cuidados são requeridos:

- a) Sempre deixar uma abertura no topo da coberta para permitir o escape do ar úmido. No caso da estufa, faz-se a extração forçada do ar (rarefaz a pressão melhorando a secagem).
- b) Não aproximar muito as fontes de calor do isolamento para não carbonizá-lo (no caso de lâmpadas cujo feixe é dirigido, recomenda-se um afastamento de mais de 30 cm).
- c) Temperatura do isolamento não deve ultrapassar 90°C.

Outro método muito usual é o de fazer passar uma corrente elétrica pelos condutores do próprio equipamento, cuja fonte pode ser:

- a) Alternada, proveniente de um autotransformador regulável.
- b) Contínua, gerada por uma máquina de solda elétrica.
- c) Ou ainda, contínua gerada pelo próprio equipamento cuja armadura é colocada em curto-circuito.

Esse é um método muito eficaz, pois o calor gerado por efeito Joule expulsa a umidade, de dentro para fora, do isolamento, embora seja aconselhável utilizá-lo para resistências de isolamento superiores a 50 MΩ medida a frio. Entretanto, é necessário tomar alguns cuidados em sua aplicação, ou seja, a corrente circulante não deve ultrapassar o valor da corrente normal do equipamento. Assim, a temperatura não deve aumentar mais que 50°C por hora (aquecimento muito rápido pode formar bolhas que danificam o isolamento). A temperatura medida sobre o isolamento não deve passar de 80°C.

8. Mancais

A finalidade da manutenção neste caso é prolongar ao máximo possível a vida útil dos mancais. A manutenção abrange:

- a) Observação geral do estado dos mancais.
- b) Lubrificação e limpeza.
- c) Exame minucioso dos rolamentos.

O controle de temperatura nos mancais também faz parte da manutenção de rotina. A temperatura pode ser controlada através de termômetros ou de detetores de temperatura embutidos. A temperatura não deverá ultrapassar os 60°C (medido no anel externo do rolamento).

Os rolamentos devem ser lubrificados para evitar o contato metálico entre os corpos rolantes e também para proteger os mesmos contra corrosão e desgaste.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

As propriedades dos lubrificantes diminuem em virtude do envelhecimento e do trabalho, sendo que os lubrificantes sofrem contaminação em serviço, razão pela qual deverá haver a relubrificação periódica.

Nas máquinas até altura de eixo 132, os rolamentos são, geralmente, com lubrificação permanente, sendo a manutenção mais simples. Ao final da vida útil do lubrificante, o rolamento deve ser substituído.

Nas máquinas com altura de eixo 160 em diante, os rolamentos são previstos com dispositivo de relubrificação. O tipo de graxa, a quantidade e o intervalo de relubrificação, se encontram na placa de lubrificação. O tempo mínimo de utilização da graxa de lubrificação se encontra nas tabelas 1 e 2 e os tipos de rolamentos usados estão na tabela 3.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

TABELA 1 - PERÍODO DE RELUBRIFICAÇÃO

ROLAMENTOS DAS CARÇAÇAS 90 ATÉ 132 - MÁQUINAS ABERTAS									
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS									
TIPO	ROTAÇÃO (rpm)								
	500	600	750	1000	1200	1500	1800	2400	3000
EIXO NA HORIZONTAL									
6205-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	17000
6305-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	17000
6306-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	15000
6307-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18000	13500
6308-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	16000	12000
EIXO NA VERTICAL									
6205-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18000	14000	11000
6305-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	18000	14000	11000
6306-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	20000	16000	12000	9000
6307-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	18500	14500	11000	8000
6308-2RS	20000	20000	20000	20000	20000	17000	13000	10000	7500

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

ACOLAMENTOS DAS CARÇAÇAS 160 ATÉ 450 - MÁQUINAS ABERTAS									
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS									
TIPO	ROTAÇÃO (rpm)								
	500	600	750	1000	1200	1500	1800	2400	3000
EIXO NA HORIZONTAL									
6210	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	14000	11000
6212	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	12000	9000
6214	16000	16000	16000	16000	16000	16000	15000	10000	7000
6216 C3	16000	16000	16000	16000	16000	16000	13000	8000	5000
6218 C3	16000	16000	16000	16000	16000	15000	11000	6500	3500
6220 C3	16000	16000	16000	16000	16000	13000	9500	5500	2500
6224 C3	16000	16000	16000	16000	14000	9500	6500	2500	
6226 C3	16000	16000	16000	16000	13000	8500	5500	1500	
6230 C3	16000	16000	16000	14000	10000	5500	3000		
6310 C3	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	11500	8500
6312 C3	16000	16000	16000	16000	16000	16000	14000	9500	8500
6314 C3	16000	16000	16000	16000	16000	15500	12000	7500	5000
6316 C3	16000	16000	16000	16000	16000	13500	10000	6000	4000
6318 C3	16000	16000	16000	16000	16000	11500	8500	5000	2500
6320 C3	16000	16000	16000	16000	14000	10000	7000	3500	1500
6321 C3	16000	16000	16000	16000	13000	9000	6500	3000	800
6324 C3	16000	16000	16500	14500	11000	6500	4500	350	
6326 C3	16000	16000	16000	13000	9500	5500	3000		
6330 C3	16000	16000	16000	10000	6500	3000	800		
EIXO NA VERTICAL									
6210	16000	16000	16000	16000	16000	16000	13000	8500	7000
6212	16000	16000	16000	16000	16000	14000	11000	7500	5500
6214	16000	16000	16000	16000	16000	12000	9500	6000	4500
6216 C3	16000	16000	16000	16000	14000	11000	8000	5000	3000
6218 C3	16000	16000	16000	16000	12000	9500	7000	4000	2000
6220 C3	16000	16000	16000	14000	11000	8000	6000	3500	1500
6224 C3	16000	16000	16000	12000	9000	6000	4000	1500	
6226 C3	16000	16000	16000	11000	8000	5000	3500	900	
6230 C3	16000	16000	14000	9000	6000	3500	2000		
6310 C3	16000	16000	16000	16000	16000	13000	10000	7000	5500
6312 C3	16000	16000	16000	16000	14000	11000	9000	6000	4000
6314 C3	16000	16000	16000	16000	13000	9500	7500	4500	3000
6316 C3	16000	16000	16000	14000	11000	8500	6000	4000	2500
6318 C3	16000	16000	16000	13000	10000	7000	5000	3000	1500
6320 C3	16000	16000	16000	11500	9000	6000	4000	2000	900
6321 C3	16000	16000	16000	11000	8000	5500	4000	2000	500
6324 C3	16000	16000	14000	9000	7000	4000	3000		
6326 C3	16000	16000	13000	8000	6000	3500	2000		
6330 C3	16000	15000	11000	6000	4000	2000	500		

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

TABELA 2 - PERÍODO DE RELUBRIFICAÇÃO

ROLAMENTOS DAS CARCAÇAS 90 ATÉ 132 - MÁQUINAS FECHADAS									
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS									
TIPO	ROTAÇÃO (rpm)								
	500	600	750	1000	1200	1500	1800	2400	3000
EIXO NA HORIZONTAL									
6205-2RS	20000	20000	18000	14000	11500	9000	7000	5500	4500
6305-2RS	20000	20000	18000	14000	11500	9000	7000	5000	4500
6306-2RS	20000	20000	16000	13000	10500	8000	6500	5000	4000
6307-2RS	20000	19000	15000	12000	10000	7500	6000	4500	3500
6308-2RS	20000	18000	13500	11500	9000	7000	5500	4000	3000
EIXO NA VERTICAL									
6205-2RS	18000	14500	11500	9500	7500	5500	4500	3500	3000
6305-2RS	18000	14500	11500	9500	7500	5500	4500	3500	3000
6306-2RS	16500	13500	10500	8500	6500	5000	4000	3000	2500
6307-2RS	15500	12000	10000	7500	6000	5000	4000	3000	2000
6308-2RS	14500	11500	9000	7000	5500	4500	3500	2500	2000

ROLAMENTOS DAS CARCAÇAS 160 ATÉ 450 - MÁQUINAS FECHADAS									
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS									
TIPO	ROTAÇÃO (rpm)								
	500	600	750	1000	1200	1500	1800	2400	3000
EIXO NA HORIZONTAL									
6210	16000	16000	13000	9750	8000	6250	5000	3500	2750
6212	16000	16000	11750	8750	7000	5500	4250	3000	2250
6214	16000	14500	10750	7750	6250	4750	3750	2500	1750
6216 C3	16000	13000	9750	7000	5500	4250	3250	2000	1250
6218 C3	15500	11500	9000	6250	5000	3750	2750	1750	1000
6220 C3	13500	10750	8250	5750	4500	3250	2500	1500	750
6224 C3	11500	9250	7000	4750	3500	2500	2000	750	
6226 C3	11000	8750	6500	4250	3250	2250	1500	500	
6230 C3	9750	7500	5500	3500	2500	1500	750		
6310 C3	16000	15000	11250	8000	6750	5250	4250	3000	2250
6312 C3	16000	13000	10000	7250	5750	4500	3500	2500	1750
6314 C3	15000	11500	9000	6250	5000	4000	3000	2000	1250
6316 C3	13500	10500	8000	5750	4500	3500	2500	1500	1000
6318 C3	11750	9500	7250	5250	4000	3000	2250	1250	750
6320 C3	11000	8750	6750	4750	3500	2500	1750	1000	500
6321 C3	10750	8500	6500	4500	3250	2250	1750	750	
6324 C3	9500	7500	5750	4000	2750	2000	1250		
6326 C3	9000	7000	5250	3250	2500	1500	750		
6330 C3	8000	6000	4250	2500	2000	1750			

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

ROLAMENTOS DAS CARÇAÇAS 160 ATÉ 450 - MÁQUINAS FECHADAS									
VIDA ÚTIL DA GRAXA DE LUBRIFICAÇÃO EM HORAS									
TIPO	ROTAÇÃO (rpm)								
	500	600	750	1000	1200	1500	1800	2400	3000
EIXO NA VERTICAL									
6210	12500	10500	8250	6000	5000	4000	3250	2250	1750
6212	11500	9500	7250	5500	4500	3500	2750	2000	1500
6214	10500	8500	6750	4750	4000	3000	2500	1500	1250
6216 C3	9500	7750	6000	4250	3500	2750	2000	1250	750
6218 C3	9000	7250	5500	4000	3000	2500	1750	1000	500
6220 C3	8250	6750	5250	3500	2750	2000	1500	1000	500
6224 C3	7250	5750	4500	3000	2250	1500	1000	500	
6226 C3	7000	5500	4000	2750	2000	1250	1000		
6230 C3	6000	4750	3500	2250	1500	1000	500		
6310 C3	10750	8750	7000	5000	4250	3250	2500	1750	1500
6312 C3	9750	8000	6250	4500	3500	2750	2250	1500	1000
6314 C3	8750	7250	5750	4000	3250	2500	2000	1250	750
6316 C3	8000	6500	5000	3500	2750	2250	1500	1000	750
6318 C3	7500	6000	4500	3250	2500	1750	1250	750	500
6320 C3	7000	5500	4250	3000	2250	1500	1000	500	
6321 C3	6750	5500	4000	2750	2000	1500	1000	500	
6324 C3	6000	5250	3500	2250	1750	1000	750		
6326 C3	5750	4500	3250	2000	1500	1000	500		
6330 C3	4750	3750	2750	1500	1000	500			

TABELA 3 - TIPOS DE ROLAMENTOS POR CARÇAÇA

Carçaça	Rolamento dianteiro	Diâmetro Interno	Qtde. de graxa	Rolamento traseiro	Diâmetro Interno	Qtde. de graxa
90	6205-2RS	25	5	6205-2RS	25	5
100	6305-2RS	25	5	6305-2RS	25	5
112-2P	6306-2RS	30	10	6306-2RS	30	10
112-4P	6307-2RS	35	10	6307-2RS	35	10
132	6308-2RS	40	10	6308-2RS	40	10
160	6310	50	15	6210	50	10
180	6312	60	20	6212	60	15
200	6314	70	25	6214	70	15
225	6316 C3	80	35	6216	80	20
250	6318 C3	90	40	6216 C3	80	20
280	6320 C3	100	50	6218 C3	90	20
315	6321 C3	105	55	6220 C3	100	30
355	6324 C3	120	75	6224 C3	120	45
400	6326 C3	130	85	6226 C3	130	45
450	6330 C3	150	105	6230 C3	150	60



Para os motores WEG a graxa padrão é a POLYREX EM (Fabricante: Esso) a base de Poliuréia. Para rolamentos relubrificáveis (motores de carçaça 160 e acima), a especificação desta graxa, bem como os intervalos de lubrificação e quantidade de graxa, encontram-se indicados na placa de identificação dos rolamentos fixada na carçaça do motor.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

8.1. Qualidade e quantidade de graxa

É importante que se faça uma lubrificação correta, isto é, aplicar a graxa correta e em quantidade adequada, pois tanto uma lubrificação deficiente quanto uma lubrificação excessiva trazem efeitos prejudiciais.

A lubrificação em excesso provoca elevação de temperatura, devido à grande resistência que oferece ao movimento das partes rotativas, e principalmente devido ao batimento da graxa, que acaba por perder completamente suas características de lubrificação. Isto pode provocar vazamento, com penetração de graxa para o interior do motor e deposição sobre as bobinas, comutador e escovas.

O ruído nos mancais deverá ser auscultado a intervalos que poderão variar de 1 a 4 meses. Um ouvido bem treinado é perfeitamente capaz de distinguir o aparecimento de ruídos anormais, mesmo empregando os meios mais simples (uma chave de fenda, uma vareta, etc.). Um zumbido uniforme é sinal de que o rolamento está trabalhando em perfeitas condições.

A graxa para lubrificação dos rolamentos deve ser a saponificada à base de lítio. Essa graxa nunca deverá ser misturada com outras que tenham base de sódio ou de cálcio.

8.2 Instruções para lubrificar

Para os motores nas carcaças 160 e superiores, o sistema de lubrificação foi projetado para que na relubrificação dos rolamentos toda a graxa antiga seja removida das pistas dos rolamentos e expelida através de um dreno que permite a saída e impede a entrada de poeira ou outros contaminantes nocivos ao rolamento. Este dreno também evita a danificação dos rolamentos pelo conhecido problema de relubrificação excessiva.

É aconselhável fazer a relubrificação durante o funcionamento do motor, de modo a permitir a renovação da graxa no alojamento do rolamento. Se isto não for possível devido à presença de peças girantes perto da engraxadeira (polias, etc.) que podem por em risco a integridade física do operador, procede-se da seguinte maneira:

- Injeta-se aproximadamente metade da quantidade total estimada da graxa e coloca-se o motor a girar durante aproximadamente 1 minuto em plena rotação;

- Desliga-se o motor e injeta-se o restante da graxa.

NOTA:

1) A injeção de toda a graxa com o motor parado pode levar a penetração de parte do lubrificante no interior do motor, através da vedação interna da caixa do rolamento, o que pode prejudicar seriamente a comutação vindo a provocar paradas prolongadas do equipamento.

2) É importante manter as graxadeiras limpas antes da introdução da graxa a fim de evitar a entrada de materiais estranhos no rolamento. Para lubrificação, use exclusivamente bomba engraxadeira manual.

8.3 Substituição dos rolamentos

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

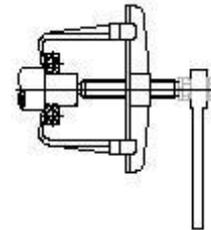
Não se deve remover o rolamento do eixo, a menos que seja absolutamente necessário. O eixo não deve sofrer batidas ou choques, que podem causar marcas nas pistas dos rolamentos. Estas marcas, embora invisíveis a olho nu, podem resultar em funcionamento ruidoso e rápido desgaste dos rolamentos.

A desmontagem dos rolamentos não é difícil, desde que sejam usadas ferramentas adequadas (extrator de rolamentos com 3 garras conforme figura).

As garras do extrator deverão ser aplicadas sobre a face lateral do anel interno a ser desmontado, ou sobre uma peça adjacente.

É essencial que a montagem dos rolamentos seja efetuada em condições de rigorosa limpeza e por pessoal competente, para assegurar um bom funcionamento e

evitar danificações. Rolamentos novos somente deverão ser retirados da embalagem, no momento de serem montados.



Antes da colocação do rolamento novo, será necessário corrigir quaisquer sinais de rebarba ou pancadas no assento do rolamento no eixo. Os rolamentos não podem receber golpes diretos durante a montagem. Recomenda-se que sejam aquecidos (aquecedor indutivo) visando, a partir da dilatação do anel interno, facilitar a montagem. O apoio para prensar o rolamento deve ser aplicado sobre o anel interno.

9. Técnicas Preditivas aplicadas à manutenção de Máquinas CC

A manutenção preditiva é um programa de manutenção baseado na avaliação das condições da máquina. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta industrial ou industrial (p.ex., tempo médio para falha) para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições mecânicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta industrial.

Um programa de manutenção preditiva pode identificar problemas da máquina antes que se tornem sérios já que a maioria dos problemas podem ser minimizados se forem detectados e reparados com antecedência.

Das técnicas preditivas, duas são de extrema importância na manutenção de máquinas elétricas: a termografia e a análise de vibração.

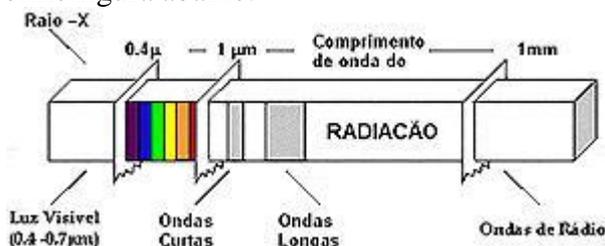
9.1 Termografia

Termografia é a técnica que utiliza uma câmara infravermelha de medição e captação de imagens para “ver” e “medir” a energia térmica emitida por um objeto.

A energia térmica ou infravermelha é uma luz invisível, cujo comprimento de onda é muito longo para ser detectado pelo olho humano, e corresponde a parte do espectro eletromagnético que percebemos como calor. Ao contrário da luz visível, no mundo infravermelho, tudo que possui uma temperatura acima do zero absoluto emite calor. Até mesmo objetos muito frios como cubo de gelo, emitem radiação infravermelha. Quanto maior a temperatura, maior a radiação infravermelha emitida. O infravermelho permite ver o que os nossos olhos não conseguem enxergar.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

O Termovisor, que é o instrumento utilizado para fazer o imageamento térmico, emprega um sistema ótico para captar e focalizar a energia infravermelha capturada da cena para o detector do aparelho. O detector é sensível à energia na porção infravermelha do espectro eletromagnético, conforme figura abaixo.



O detector converte essa energia em um sinal elétrico proporcional ao qual ele é então amplificado. Esse sinal amplificado é enviado para um processador de vídeo e então para um display visual, similar a um tubo de raios catódicos ou um visor de cristal líquido chamado “viewfinder”. A imagem pode ser manipulada de várias maneiras para obter u’a melhor interpretação. A imagem varia do cinza até o colorido. Cada cor corresponde a um gradiente de temperatura. Esse mapeamento térmico é chamado termograma.

Os termovisores conseguem produzir imagens com resoluções que conseguem detectar diferenças de até 0,1 °C de temperatura entre objetos. Os termovisores mais simples poderão ser empregados para obter imagens de objetos até 300°C, ou seja extremamente aplicável em equipamentos elétricos; Outros mais sofisticados alcançam temperaturas de até 3000 °C, útil para pesquisas como de aço líquido.

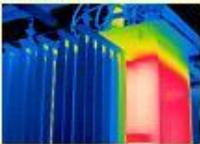
A Termografia tem hoje um papel muito importante na área de Manutenção Preditiva. Através da sua utilização podemos detectar falhas insipientes, ou seja pequenas anomalias, evitando paradas de máquinas e garantindo a segurança do equipamento e das pessoas envolvidas.

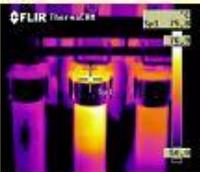


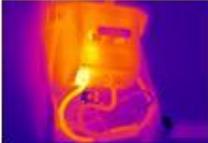
TERMOVISOR

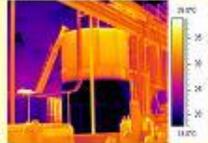
Exemplos de Termogramas

Termografia

- **Transformador**


Aletas do radiador frias: nível de óleo está baixo
- **Fusíveis**


Aquecimento na conexão: defeito fusível
- **Seccionadora**


Mau contato no terminal da seccionadora
- **Tanque Armazenamento Líquido**


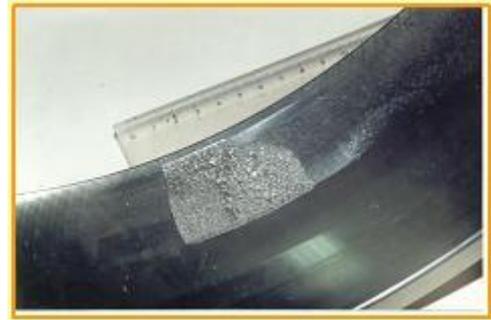
Determinando nível de líquido

9.2 Análise de Vibração

Desde que o homem começou a construir máquinas industriais, especialmente motores para acioná-las, os problemas de redução da vibração e do isolamento desses equipamentos têm preocupado engenheiros e técnicos de todo o mundo. A medida que as técnicas de isolamento e redução da vibração tornaram-se parte integrante do próprio projeto das máquinas, a importância de realizar medições e análises exatas de vibração mecânica desses equipamentos tornou-se imprescindível. O desenvolvimento dessas técnicas possibilitou projetar máquinas mais leves, com melhor performance e sem a necessidade de construir uma estrutura muito robusta para evitar o desconhecido.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Feita a desmontagem do equipamento constatou-se a exatidão da análise, o que indica a foto.



10. Exemplo de Plano de Manutenção Planejada de Motor de Corrente Contínua

MENSALMENTE	
COMPONENTES	SERVIÇO
Escovas	Inspecionar, através a janela de inspeção, se existe falscamento anormal
Rolamentos	Verificar o ruído e vibração nos rolamentos.
TRIMESTRALMENTE	
COMPONENTES	SERVIÇO
MOTOR - Geral	Limpar carcaça. Inspecionar fixação, vedação tampas e entrada de cabos.
Escovas e Porta-Escovas	Verificar altura das escovas: min. 22mm Cod. 1204485 Inspecionar quanto avarias, fixação e livre movimento nos alojamentos.
Comutador	Inspecionar sua aparência. A coloração do filme deverá ser uniforme e não muito espesso.
	Utilizando o Termovisor, verificar se existe pontos quentes no comutador, cabeça das bobinas e escovas. A temperatura do comutador deverá estar entre 80 e 90 °C.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção



PLANO MAN PREVENTIVA MÁQUINAS C.C.

TRIMESTRALMENTE	
COMPONENTES	SERVIÇO
Filtros de Ar	Limpar o compartimento dos filtros. Utilizar aspirador de pó e panos limpos
Bobinas	Medir a temperatura da carcaça.
	Medir a resistência de isolamento entre campo e terra, armadura e terra, campo e armadura. Aplicar 500 volts. Corrigir os valores lidos para 40 °C. Valor mínimo = 100Mohms a 40 °C. Norma IEEE 43
Escova de Aterramento	Limpar as escovas e o eixo. Verificar avarias, fixação, pressão e livre movimento das escovas nos alojamentos.
Aterramento	Medir corrente de fuga à terra. Preencher planilha anexa.
ANUALMENTE	
COMPONENTES	SERVIÇO
Geral	Limpar com panos, pinceis e ar comprimido seco
Comutador	Inspeccionar sua aparência. A coloração do filme deverá ser uniforme e não muito espesso.
	Verificar: Altura da mica: 0,7 a 1,2 mm Excentricidade: 0,076mm

A exemplo que apresentamos é de um motor de corrente contínua de 2100 kW, Os parâmetros abaixo deverão se adaptados aos tipos de máquinas conforme as tabelas apresentadas ao longo deste procedimento:

- Altura mínima das escovas.
- A temperatura do comutador entre 80 e 90 °C é válida para qualquer máquina. Nessa faixa se obtêm o melhor desempenho do conjunto escova comutador. O filme (patina) é uniforme e com espessura adequada.
- A resistência de isolamento varia de máquina para máquina; o importante é termos o histórico das medidas. A norma IEEE 43 dá um valor mínimo. Não esquecer de fazer a correção para 40°C. A resistência de isolamento varia muito com a temperatura.
- A corrente de fuga de motores não deve ultrapassar 70 mA. O ideal é ter um medidor de resistência de terra de gancho, o que não necessita desligar o motor.
- A altura da mica das maiorias das máquinas está entre 0,7 a 1,2 mm
- A excentricidade varia em função da velocidade máxima da máquina e o diâmetro do comutador
- A distância entre os porta-escovas e o comutador é de 1,5 a 2,5 mm, válida para a maioria das máquinas.
- A folga entre a escova e o porta escova é importante que seja deixada entre os valores normalizados. Se a folga for excessiva a escova vibrará e provocará faiscamentos; se não

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

houver folga suficiente, a escova poderá trancar e danificar a máquina pois ocorrerá queima intensa do comutador.

- A diferença máxima entre os suportes dos porta escovas é de 1mm. Desconfie se esse valor não esta adequado quando ocorrer faiscamento em todas escovas dos porta-escovas de um único suporte.
- A pressão das escovas varia conforme a aplicação da máquina como vimos no início do curso. Em máquinas estacionárias o valor é de $180 \text{ g/cm}^2 \pm 10\%$.
- A altura mínima das escovas é de 50% da altura original

11. Anormalidades em serviços (Fato x Causa x Ação)

ANOMALIA	CAUSAS PROVÁVEIS	AÇÃO DE CORREÇÃO
Motor não arranca em vazio	Circuito de armadura interrompido. Bobinas comutação ou armadura em curto. Sistema de acionamento defeituoso. Porta-escovas fora de zona neutra. Circuito de campo interrompido.	Examinar condutores de entrada e bornes. Identificar o curto-circuito e recuperar. Verificar se há interrupção ou defeito no sistema de acionamento Ajustar a zona neutra. Eliminar a interrupção.
Motor arranca aos saltos	Sistema de acionamento defeituoso. Curto entre espiras na armadura. Curto entre lâminas do comutador.	Sanar o defeito. Recondicionar a armadura. Examinar o comutador e eliminar o curto-circuito.
Motor não aceita carga	Curto entre espiras na armadura. Queda de tensão. Escovas deslocadas da zona neutra. Sistema de acionamento mau ajustado.	Recondicionar a armadura. Verificar a demanda da rede. Reajustar a posição das escovas na zona neutra tal como indicado na marcação Ajustar limite de corrente do acionamento.
Motor roda demasiadamente acelerado e oscila quando recebe carga	Escovas deslocadas da zona neutra. Circuito de campo interrompido ou reostato de campo com resistência excessiva Enrolamento em série, auxiliar, ligado errado.	Reajustar a posição das escovas, obedecendo a marcação Sanar a interrupção. Ajustar a resistência corretamente Verificar a ligação e corrigi-la.
Aquecimento anormal em serviço	Sobrecarga. Volume de ar refrigerante não é suficiente. Curto-circuito nos enrolamentos de armadura e campo Tampa de inspeção do lado do ventilador aberta.	Testar tensão e corrente. Eliminar a sobrecarga. Verificar o sentido de rotação da ventilação. Limpar dutos de ar e/ou filtros. Substituir filtros se necessário Verificar os enrolamentos e os pontos de solda. Reparar as bobinas. Fechá-la.

12. Performance adequada da máquina (comutador, escova,etc.)

Algumas substâncias quando entram em contato com as escovas e o comutador, podem prejudicar o funcionamento da máquina, inclusive, danificando o comutador. O que temos a

Manual de Máquinas de Corrente Contínua

Manutenção

fazer é tentar eliminá-las ou, na sua impossibilidade, pelo menos, tentar atenuar ao máximo seus efeitos, através de ventilação forçada.

No caso de óleo ou graxa, limpar cuidadosamente os mancais, melhorar a proteção contra poeiras, evitar a limpeza do comutador com detergentes, gasolina, removedores, etc.; evitar a aproximação do álcool, amoníaco, cetonas, bem como até fumaça do seu próprio cigarro.

Devemos, por outro lado, ter muito cuidado na escolha de uma granulação para as escovas, porque uma escolha errada pode trazer conseqüências trágicas para sua máquina, senão vejamos: Se escolhermos uma granulação na faixa de trabalho de 10 a 12 A/cm² e a máquina trabalhar na faixa de 6 a 12 A/cm², teremos ausência de filme e desgaste rápido do comutador e das escovas. Se a densidade de corrente for alta demais para as escovas, esta irá formar muito filme, sujando o comutador, aumentando a resistência entre escovas e comutador, provocando um centelhamento destrutivo.

Se, no caso inverso, a densidade da corrente for faixa demais para a granulação escolhida, pouco ou nenhum filme irá formar. Teremos, como resultado um comutador ranhurado e um desgaste muito grande no coeficiente de atrito que poderá causar trepidação nas escovas, desprendimento dos flexíveis e até quebra nas escovas.

Dentre os muitos fatores de real importância ao bom funcionamento de uma máquina interessam-nos, naturalmente, os mais relevantes. Quando as máquinas são projetadas e fabricadas, muito destes fatores são levados em consideração, seis deles, intimamente ligadas à manutenção tanto do coletor como das escovas:

A) Ausência de centelhamento

O centelhamento, na maioria das vezes, é o primeiro sinal de sérias complicações. Três são as causas mais freqüentes e danosas: grandes sobrecargas, vibração e condições atmosféricas adversas. Mas, outros fatores podem contribuir como: defeitos mecânicos na máquina, escolha de escovas de granulação inadequada, defeitos elétricos na máquina e pressão incorreta.

A tabela a seguir apresenta níveis de faiscamento determinados pela Westinghouse.

	1 1/4	Faixas intermitentes
	1 1/2	Diversas faiscas
	1 3/4	Numerosas faiscas
	2	Centelhas intermitentes
	2 1/4	Diversas centelhas
	2 1/2	Numerosas centelhas
	3	Centelhas grandes e contínuas

B) Uniformidade do

O bom estado da superfície do comutador é de grande influência para a "saúde" do restante da máquina. A uniformidade e o grau de polimento do filme formado traduzem o comportamento

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

da escova e indicam o caminho para um trabalho satisfatório da máquina. Quando a superfície de um comutador começa repentinamente a se alterar em seu aspecto, é necessário que se tome uma rápida providência para restituir-lhe suas condições originais, e isto é muito importante.

C) Mínimo desgaste do comutador

Como causas mais importantes que desgastam o comutador temos: forte centelhamento, escovas abrasivas e queima de superfície do comutador. Esta última, por sua vez, tem origem em várias causas.

D) Perdas mínimas elétricas mecânicas

Pelo fato de não existir, na verdade, máquinas 100% eficientes, algumas perdas tornam-se inevitáveis. Perdas por atrito das escovas, resistência do filme sobre a superfície do comutador, calor excessivo localizado, enquanto que a adoção de escovas de qualidade adequadamente selecionada motivará uma operação correta, reduzirá estas perdas ao mínimo, aumentando a eficiência da máquina.

E) Trabalho silencioso

O contato constante e ininterrupto das escovas com o comutador constitui um dos fatores básicos para o bom funcionamento de uma máquina. Um trabalho silencioso é bom indício de contato correto. A trepidação ou barulho pode desenvolver-se sob várias condições, todas de modo a reduzir a eficiência da máquina, ou, eventualmente mesmo, causar sua própria destruição.

Como exemplos comuns das causas desses distúrbios, vale citar: lâminas altas, filme muito denso sobre o comutador, pressão incorreta na escova, etc.

F) Vida longa da escova

A vida longa da escova é interessante e indica, geralmente, um trabalho satisfatório da máquina. Vida mínima adequada da escova é de 9 a 12 meses.

13. Análise de defeitos através da aparência do comutador

Pela aparência do filme do comutador é possível saber sob que condições o motor ou gerador opera. Praticamente todo o tipo de defeito na máquina é refletido na superfície do comutador, porém causas externas também podem afetar a sua aparência. Além da condição mecânica da superfície do comutador a formação da patina é vital para o bom funcionamento de todas escovas de carvão. Cada escova forma uma patina característica que depende das condições ambientais e de trabalho.

A seguir são apresentadas várias figuras de aparência de comutador e suas causas:

FILME COM APARÊNCIA NORMAL

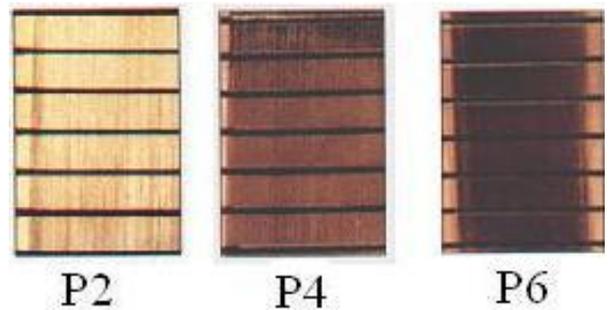
P2 - P4 e P6

São exemplos de patinas com aparência normal, indicando bom funcionamento. A patina

apresenta-se lisa, ligeiramente brilhante, coloração uniforme desde o bronzeado até o marrom escuro, podendo ainda conter

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

tonalidades cinzas, azuladas, avermelhadas ou outras. Importante é a regularidade e não a tonalidade



FILME COM APARÊNCIA ANORMAL

P12

Aspecto: patina raiada com pistas mais ou menos largas. A cor alternadamente clara ou escura. Não há desgaste do comutador.
Causas: alta umidade, vapores de óleo ou de gases agressivos ambientais, baixa densidade de corrente nas escovas.

P14

Aspecto: patina rasgada, de modo geral como P12, com pistas mais estreitas e ataque ao comutador.

Causas: Como P12, porém, defeito antigo.

P16

Aspecto: Patina gordurosa com manchas aperiódicas, forma e cor desuniformes.

Causas: Comutador deformado ou muito sujo

P22

Aspecto: Manchas isoladas ou com espaçamento regular, apresentando-se em uma ou várias zonas do comutador.

Causas: Ovalização do comutador, vibração da máquina, oriundas do desbalanceamento do rotor ou de mancais defeituosos.

P24

Aspecto: Manchas escuras com bordas definidas, vide também T12 e T14.

Causas: Lâmina ou grupo de lâminas defeituoso que provoca o erguimento das escovas e a conseqüente perda de contato.

P26

Aspecto: Lâminas manchadas nas beiradas ou no centro.

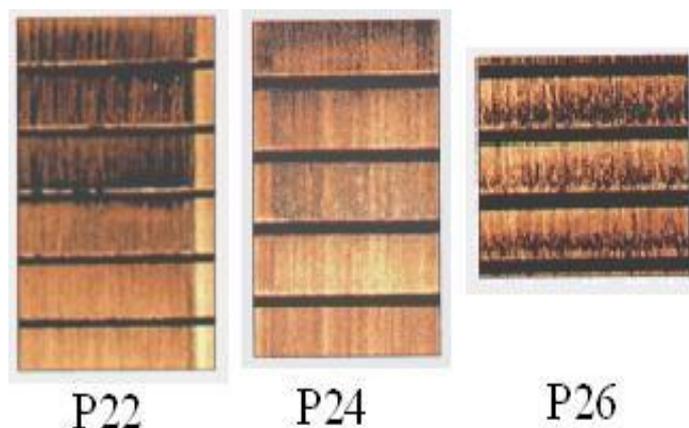
P42

Aspecto: Lâminas alternadamente claras e escuras.

Causas: desuniformidade na distribuição de corrente em dois bobinamentos paralelos de laço



Causas: Freqüentes dificuldades de comutação ou também comutador mal retificado.



duplo ou, também, diferença de indutividade em casos de duas bobinas por ranhura.

P46

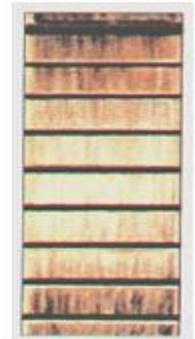
Aspecto: Manchas foscas em intervalos duplo-polares.

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

Causas: geralmente soldagens defeituosas das conexões auxiliares ou nas asas das lâminas



P42



P46

FILME QUEIMADO

B2 - B6 e B8

Aspecto: queimaduras no centro ou nas bordas das lâminas.

Causas: faiscamento proveniente de dificuldades de comutação



B2



B6

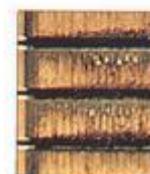
B10

Aspecto: patina perfurada, formação de pontos claros com densidade e distribuição variáveis.

Causas: perfuração da patina em consequência de excessiva resistência elétrica da mesma.



B8



B10

MANCHAS NO COMUTADOR

T10

Aspecto: manchas escuras correspondentes à área da superfície das escovas.

Causas: ocorrem freqüentemente em paradas desenergizadas e prolongadas da máquina ou em paradas curtas sob carga.

T12

Aspecto: queimaduras na borda de saída e na entrada da lâmina subsequente.

Causas: indica a existência de lâmina saliente (vide L2).

T14

Aspecto: manchas escuras.

Causas: indica a existência de lâminas em nível mais baixo (L4) ou de zonas planas no comutador.



T10



T12



T14

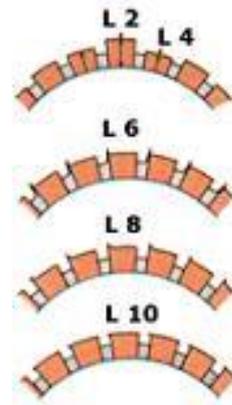
L 2 - Lâmina saliente.

L 4 - Lâmina rebaixada.

L 6 - Isolação entre lâminas. Mica saliente.

L 8 - Rebarba nas arestas das lâminas.
Causas: usualmente deve-se a imperfeição na usinagem do comutador

L 10 - Arraste de cobre.
Causas: golpes ou vibrações de diversas origens.
Qualidade de carvão inadequada.



T16

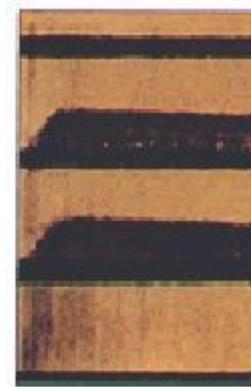
Aspecto: Marcas escuras claramente delimitadas conjuntamente com queimaduras nas bordas das lâminas.

Causas: isolação entre lâminas (mica) saliente (vide L6).

T18

Aspecto: manchas escuras.

Causas: arestas das lâminas mal ou não chanfradas (L8).



T16



T18

14. Referências Bibliografias

[1] Silva, Elson “Escovas Elétricas” – Aços Finos Piratini 1983

[2] Manual de Escovas Elétricas – Carbonec

[3] Manual de Instalação e Manutenção Motores CC – WEG 2003

[4] Almeida. Antonio T. e Paulino, Marcelo E. “Manutenção em Equipamentos Elétricos” – Escola de Engenharia de Itajubá

Manual de Máquinas de Corrente Contínua Manutenção

15. Anexos

15.1 Tabela Qualidade Escovas Eletrografite – CARBOMECC

CARBOMECC							
Eletrografite							
Grade	Densidade Aparente (g/cm ³)	Resistência Específica ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Dureza (Shore)	Coefficiente de Atrito	Queda de Tensão	Velocidade Periférica Max (m/seg)	Densidade de Corrente (A /cm ²)
501	178	1340	63	Médio	Baixo	30	10
502	177	100	54	Médio	Baixo	25	10
503	170	1350	50	Médio	Baixo	30	10
351A	165	4750	50	Alto	Médio	35	10
541	165	7000	60	Alto	Alto	40	12
641	165	7300	63	Alto	Alto	40	12
213	161	2200	31	Médio	Médio	40	12
BZ229	160	2100	28	Médio	Médio	40	12
321	173	3600	57	Médio	Médio	35	12

Escovas para Máquinas Elétricas

15.2 Tabela Qualidade Escovas Eletrografite – CARBONO LORENA

Carbono Lorena							
Eletrografite							
Grade	Densidade Aparente (g/cm ³)	Resistividade ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Dureza Shore	Coefficiente de Atrito	Queda de Tensão (V)	Velocidade Máxima (m/s)	Densidade Corrente (A/cm ²)
EG 34D	1,62	1200	40	Médio	Média	50	12
EG 389P	1,5	1500	30	Médio	Média	45	12
EG 40P	1,6	3000	61	Médio	Média	50	12
EG 98B	1,66	3650	63	Médio	Média	50	12
EG 367	1,54	4300	53	Médio	Média	50	12
EG 309	1,5	4200	44	Médio	Média	50	12
EG 300	1,55	4200	54	Baixo/Médio	Média	50	12
EG 319P	1,48	6600	53	Médio	Muito Alta	50	12
L 1	1,61	1300	35	Baixo	Baixo	60	12
AC 130	1,55	6350	70	Baixo	Alta	50	12
CB 86	1,66	5100	65	Baixo	Alta	50	15

Escovas para Máquinas Elétricas