Sistemas Geradores de Energia Eléctrica

2

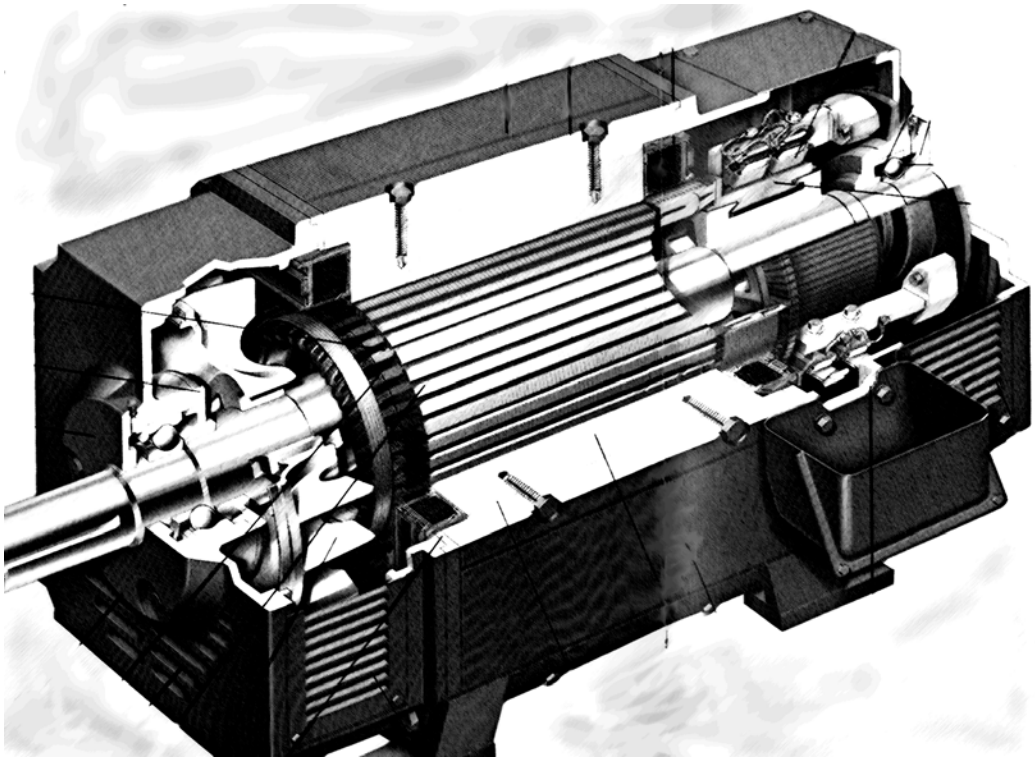
Geradores de Corrente Contínua

Aspectos Construtivos e de Manutenção

Manuel Vaz Guedes

Um gerador de corrente contínua constitui um sistema de conversão de energia mecânica em energia eléctrica que para funcionar bem necessita de um conjunto de cuidados na sua aplicação, o que obriga ao conhecimento dos aspectos construtivos desse tipo de máquinas eléctricas: *máquinas eléctricas de colector de lâminas para corrente contínua*.

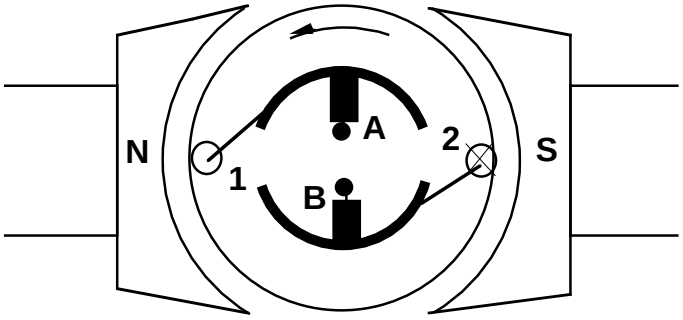
Durante a utilização de um gerador de corrente contínua pode ocorrer todo um conjunto de fenómenos que alterem o comportamento dos diferentes elementos constituintes da máquina — *circuito magnético*, *circuito eléctrico* e os *orgãos mecânicos*. Por isso há necessidade de periodicamente verificar o comportamento destes elementos através de inspecções visuais ou de ensaios, o que constitui um conjunto de medidas de prevenção integradas na manutenção do sistema eléctrico em que o gerador de corrente contínua está inserido.

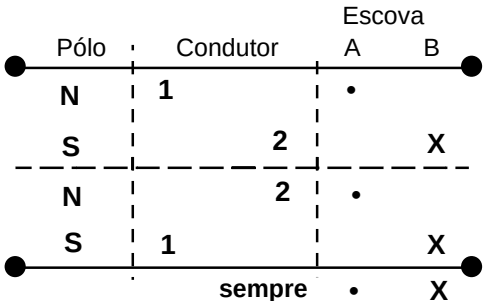


uma máquina eléctrica de corrente contínua tem um aspecto construtivo característico: é o sistema

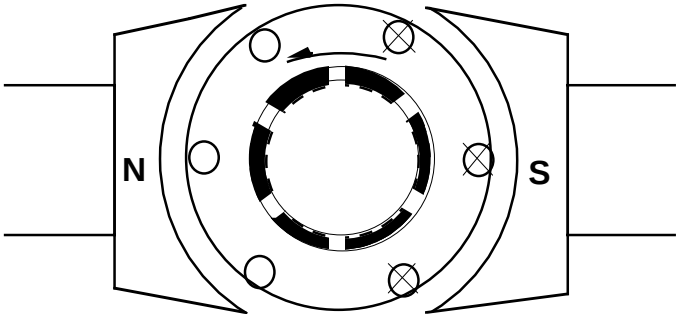
© Manuel Vaz Guedes, 2001

colector de lâminas–escovas que não só assegura o contacto entre a parte móvel e a parte fixa da máquina, mas também promove a rectificação da forma de onda da força electromotriz gerada nos condutores. A existência deste sistema de contacto, devido ao seu efeito de comutador, dá características de funcionamento próprias a este tipo de máquina eléctrica. Mas, também, constitui o órgão da máquina que tem mais inconvenientes, principalmente pelos cuidados de manutenção a que obriga.



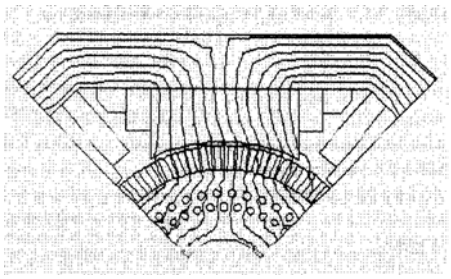


Nas máquinas eléctricas de corrente contínua, em que o campo magnético criado pelo circuito indutor é *estacionário* no espaço e *constante* no tempo, a força electromotriz que se induz em cada condutor (1 ou 2) do circuito eléctrico rotórico em movimento é variável no tempo— *é alternada* — e tem uma frequência que está relacionada com a velocidade de rotação da máquina. No entanto, a tensão nos terminais ligados às escovas (A, B) é constante no tempo — é *contínua*.



As correntes eléctricas que circulam no enrolamento rotórico são alternadas no tempo, mas têm a mesma direcção em cada ponto do cilindro base. A sua distribuição é constante no espaço.

Como o campo indutor é também constante no espaço resulta que a acção electromecânica, resultante da interacção entre o campo magnético e a corrente eléctrica no condutor, é unidireccional.



Actualmente a aplicação de modernos processos de projecto nas máquinas eléctricas de corrente contínua — projecto assistido por computador (CAD), análise computacional do campo electromagnético, optimização do projecto eléctrico e mecânico — e a utilização de modernas técnicas de fabrico e de controlo do fabrico — corte de chapa, maquinagem dos orgãos mecânicos, isolamento dos circuitos eléctricos, análise de defeitos — permitiram desenvolver máquinas de corrente contínua que apresentam boas características de funcionamento e menores necessidades de manutenção.

Apesar de existirem vários tipos característicos de máquinas eléctricas de corrente continua, essencialmente devido ás diferentes formas de ligação do circuito eléctrico indutor ao circuito eléctrico do induzido, actualmente apenas têm aplicação vulgarizada os *geradores com excitação derivação* e os *geradores com excitação composta*.

© Manuel Vaz Guedes, 2001

A análise dos aspectos construtivos dos geradores eléctricos de corrente contínua pode ser feita recorrendo à divisão deste sistema electromecânico de conversão de energia em: circuito magnético, circuito eléctrico orgãos mecânicos, conjuntamente com um estudo de alguns problemas electromecânicos ligados aos aspectos construtivos. O conhecimento de qualquer um dos aspectos construtivos permite compreender melhor as consequências da forma como tem de ser feita a condução do gerador e da extensão e da reparação das principais avarias, assim como a forma de prever a ocorrência dessas avarias.

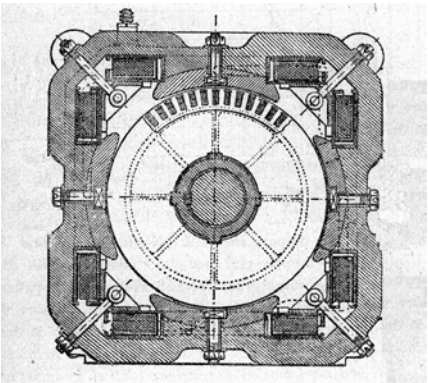
Causas de Avaria	
defeito do produto	35 %
erro de condução	45 %
influências externas	17 %
defeito do enrolamento (envelh.)	o3 %

Elementos Avariados	
enrolamentos	72 %
colector de lâminas	12 %
partes rotóricas	o7 %
mancais	o3 %
outros componentes	o6 %

Inspecção Visual

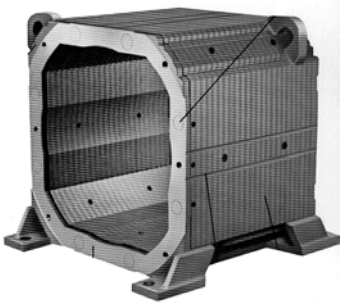
Os principais factores relacionados com a avaria do gerador são: deterioração dos componentes por envelhecimento; causas eléctricas; causas mecânicas; causas térmicas; e contaminação ambiental. Há que procurar as alterações do aspecto construtivo que indiciam a ocorrência de qualquer um daqueles factores.

Circuito Magnético



Para que o campo magnético possa actuar com a intensidade requerida sobre os elementos do circuito eléctrico, colocados em determinada zona da máquina eléctrica, é necessário criar um circuito magnético, isto é um conjunto de meios materiais, formado essencialmente por substâncias ferromagnéticas, constituindo um circuito fechado, através do qual um fluxo magnético se pode estabelecer com facilidade. Numa máquina eléctrica rotativa o circuito magnético será formado por uma parte colocada no estator e outra parte colocada no rotor e separadas por um *entreferro*.

No passado o circuito magnético estatórico era constituído pela carcaça, normalmente em ferro fundido, a que se juntavam os *pólos magnéticos*.



Na actualidade o circuito magnético de uma gerador de corrente contínua é constituído por um empacotamento de chapa magnética. No corte da chapa magnética, é imediatamente dada forma aos *pólos magnéticos, indutores e de comutação*. O circuito magnético rotórico é, também, formado pelo empacotamento de chapa magnética, com uma forma de coroa circular e na qual estão já recortadas as *ranhuras* abertas.

O material ferromagnético, utilizado na construção do circuito magnético é caracterizado por ter baixas perdas magnéticas razoável condutibilidade térmica e bom comportamento mecânico.

São valores típicos para a chapa magnética utilizada — chapa de ferro silicioso (< 3%) de cristais orientados laminadas a frio:

espessura = 0,5 mm indução de saturação = 1,7 T densidade de perdas = 2 W/kg a 1,5 T, 50 Hz

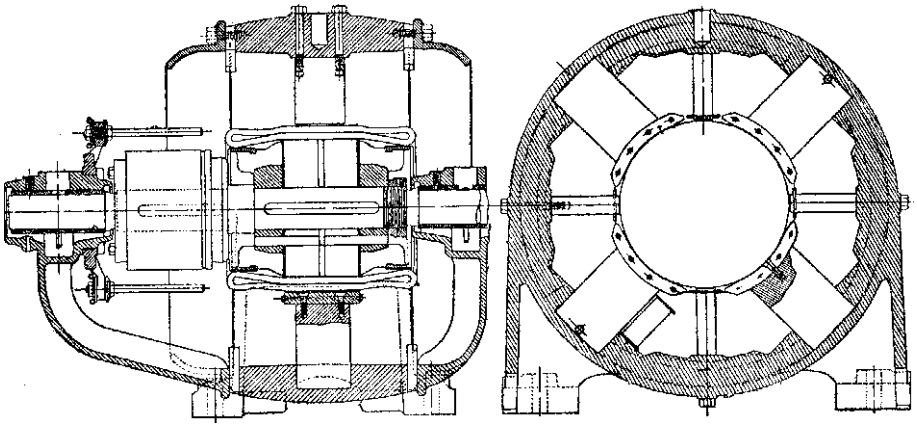
massa volúmica = 7,8 x 10^3 kg/m^3 indução remanente = 1,0 T resistividade = 40 x 10^{-8} Ω·m

A principal preocupação no projecto do circuito magnético de uma máquina eléctrica de colector

© Manuel Vaz Guedes, 2001

de lâminas diz respeito às perdas magnéticas — *perdas por histerese e perdas por correntes de Foucault* —, que têm de ser reduzidas para diminuir o seu contributo para o aquecimento da máquina. Por isso na actualidade o circuito magnético do gerador de corrente contínua é folheado e funciona numa zona afastada da saturação magnética.

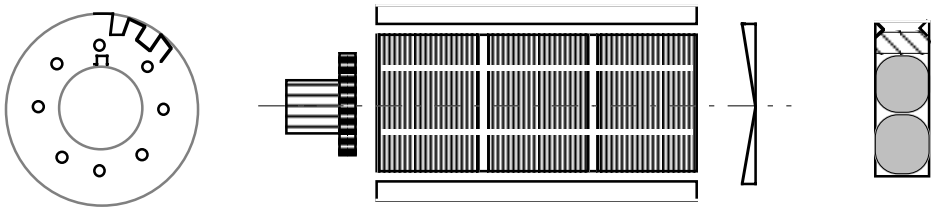
No passado o circuito magnético estatórico de uma máquina de corrente contínua era maciço, sendo os pólos postiços presos à carcaça por parafusos. Considerava-se que não existia variação no tempo do fluxo magnético, e portanto, eram diminutas e desprezáveis as perdas magnéticas estatóricas. Na actualidade, e devido ás preocupações sociais com a *utilização racional da energia*, mesmo essas pequenas perdas não são desprezadas, para ser aumentado o rendimento energético da máquina eléctrica.



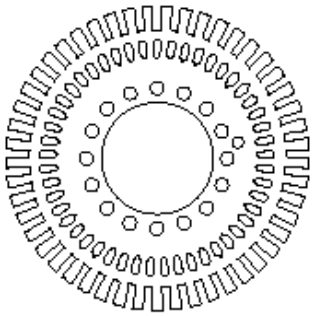
Nas antigas máquinas de corrente contínua, os pólos indutores estavam integrados, isto é eram fundidos, com a carcaça. Depois utilizaram-se os pólos postiços, isto é, eram peças separadas que eram adaptadas e aparafusadas ou rebitadas à carcaça. A adaptação do pólo à carcaça consistia numa maquinagem que era feita de forma a reduzir o, eventual, entreferro no contacto entre o pólo e a carcaça.

Para as máquinas alimentadas em corrente contínua, na actualidade, o circuito magnético é constituída por um empacotamento de chapa magnética, de baixas perdas (2,3 a 1,6 W/kgm), com uma espessura de 0,4 a 0,5 mm, e isoladas, individualmente, por silicatagem, por fosfatagem, ou por envernizamento. Para aumentar a firmeza do conjunto as chapas extremas podem ter uma maior espessura.

Os pólos indutores têm uma forma paralelepipédica no espaço, e são constituídos por um *núcleo polar* e pela *expansão polar*. A expansão polar sofre a influência do fluxo magnético de reacção do induzido, que é variável no tempo. Os pólos auxiliares de comutação não possuem expansões polares, têm, também, uma forma paralelepipédica no espaço e criam um entreferro maior do que o dos pólos indutores.



O circuito magnético rotórico é sempre folheado, porque roda no interior do campo magnético indutor, ficando, assim, as suas partes sujeitas à influência de um fluxo magnético variável. As chapas do circuito magnético rotórico, com uma forma de coroa circular, são recortadas, numa forma rectangular, na periferia para formarem as *ranhuras* rotóricas, quando empacotadas, e possuem furos na superfície, destinados a formar *canais de ventilação*. As ranhuras do circuito rotórico têm uma forma rectangular, com uma saliência em "cauda de andorinha" de forma a



© Manuel Vaz Guedes, 2001

poderem levar umas réguas de material isolante, reglètes, que restringem o movimento dos condutores no interior da ranhura.

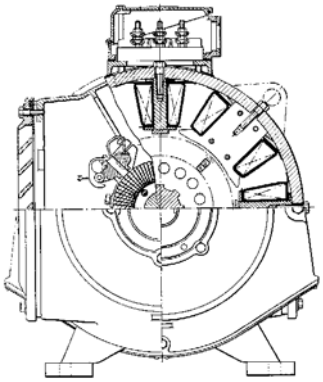
No circuito magnético não são de prever avarias que obriguem a especiais cuidados de manutenção, preventiva ou de reparação. No entanto, como o circuito magnético é formado por ajustamentos, ou por empacotamentos, de diferentes partes, nas revisões principais, ou durante uma reparação, convém verificar o estado de ligação e de sustentação dessas partes. Como consequência dos esforços electrodinâmicos inerentes a um curto-circuito da máquina podem resultar avarias mecânicas nos pólos auxiliares de comutação.

Inspecção Visual

Somente após uma grande acidente, como por exemplo um curto-circuito no gerador de corrente contínua, é que deve ser feita a inspecção visual do circuito magnético. Durante essa inspecção há que verificar o aspecto do empacotamento de chapa magnética, e dos parafusos de contenção.

Na sequência de outras avarias, como uma forte sobrecarga, há que detectar a presença de pontos do circuito magnético com cor alterada, sinónimo de zonas de aquecimento excessivo.

Circuito Eléctrico



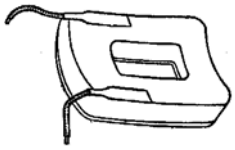
Nas máquinas eléctricas de colector de lâminas o circuito eléctrico está dividido em duas partes: o *circuito eléctrico estatórico* e o *circuito eléctrico rotórico*. O circuito eléctrico estatórico está colocado em torno dos pólos indutores, em torno dos pólos auxiliares de comutação, ou em ranhuras nas expansões polares; enquanto que o circuito eléctrico rotórico está distribuído pelas ranhuras existentes na periferia exterior do circuito magnético rotórico e contacta com a parte estatórica da máquina através de um contacto *colector de lâminas–escovas*.

O material condutor utilizado nos circuitos eléctricos é o *cobre*, que é isolado por materiais para uma classe de isolamento elevada, (superior á classe de isolamento **H** que tem uma temperatura limite de 180 °C). Os materiais isolantes utilizados, são do tipo resina sintética, pertencentes ao grupo das poliamidas e das poliamidas aromáticas. São materiais sintéticos com uma boa estabilidade térmica, elevada condutibilidade térmica, boa resistência à humidade, boa resistência às descargas parciais e uma elevada rigidez dieléctrica.

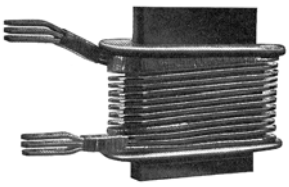
Inspecção Visual

Os isolantes são um factor limitativo da vida útil de um gerador eléctrico. Há que observar os materiais isolantes, quanto aos sintomas do seu envelhecimento para prevenir avarias futuras ou detectar um mau funcionamento (avaria) no passado.

Circuito Eléctrico Estatórico

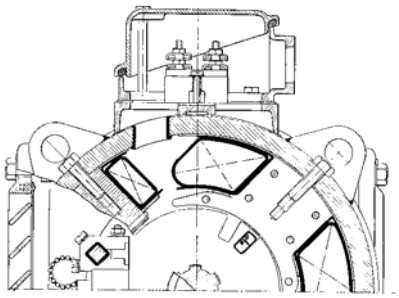


O circuito eléctrico indutor é constituído por bobinas de fio condutor isolado, que envolvem o núcleo polar. Estas bobinas estão cuidadosamente isoladas do material ferromagnético, por camadas de material isolante, e são impregnadas a quente sob pressão. Só excepcionalmente é que estas bobinas indutoras estão divididas em galètes; nesse caso devem ser bem apertadas e devem existir canais que permitam a circulação do ar de refrigeração entre elas.



© Manuel Vaz Guedes, 2001

O circuito eléctrico dos pólos auxiliares de comutação, que é percorrido pela corrente eléctrica de carga da máquina, a corrente eléctrica que circula no enrolamento do induzido, é formado por uma bobina de fio, de secção elevada e com um pequeno número de espiras, que envolve o núcleo polar. Na sua construção atende-se aos problemas mecânicos criados numa situação de avaria por sobrecarga ou por curto-circuito.



A reparação de avarias ocorridas nos circuitos eléctricos estatóricos é mais fácil e barata do que as avarias que ocorrem nos enrolamentos do circuito rotórico. Qualquer avaria num dos circuitos eléctricos estatóricos pode ser reparada por simples e rápida substituição da bobina avariada.

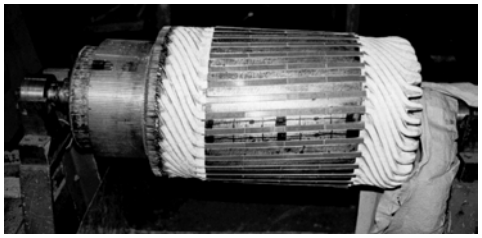
Na manutenção, a revisão dos circuitos eléctricos estatóricos deve incidir sobre o envelhecimento dos isolantes, sobre a possível obstrução dos canais de ventilação entre bobinas, e sobre as ligações eléctricas das bobinas aos restantes circuitos eléctricos que devem assegurar um contacto eléctrico perfeito.

Inspecção Visual

Há que detectar:

- qualquer distorção das bobinas, o que indiciaria a actuação de esforços mecânicos anormais;
- possibilidade de deslocamento por má fixação das bobinas estatóricas;
- verificar a continuidade das ligações eléctricas.

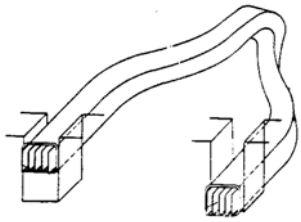
Circuito Eléctrico Rotórico



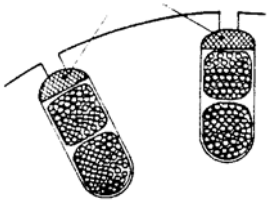
O circuito eléctrico rotórico dos geradores eléctricos de corrente contínua é formado por um enrolamento distribuído pelas ranhuras existentes na parte externa do circuito magnético rotórico e está ligado às lâminas do colector, formando um circuito eléctrico fechado.

O tipo de enrolamento utilizado é um enrolamento *imbricado*, de *multiplicidade simples*, ou *dupla*, e com várias *vias* ou circuitos paralelos.

O enrolamento do induzido de um gerador eléctrico de corrente contínua é construído de forma a assegurar que nos condutores eléctricos, inseridos na ranhura que está em frente a cada polo magnético, se induza uma força electromotriz com um sentido tal que possa ser adicionada à força electromotriz que se induz no outro lado da espira, que estará inserida numa outra ranhura distante da primeira.

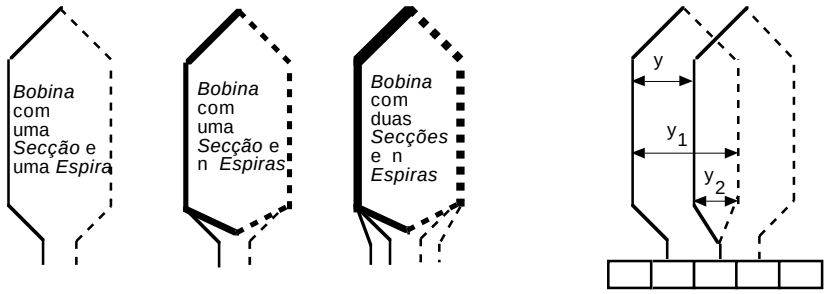


A forma e os métodos utilizados para distribuir e ligar os condutores nas ranhuras constitui a *técnica de enrolamentos* para as máquinas eléctricas de colector de lâminas.

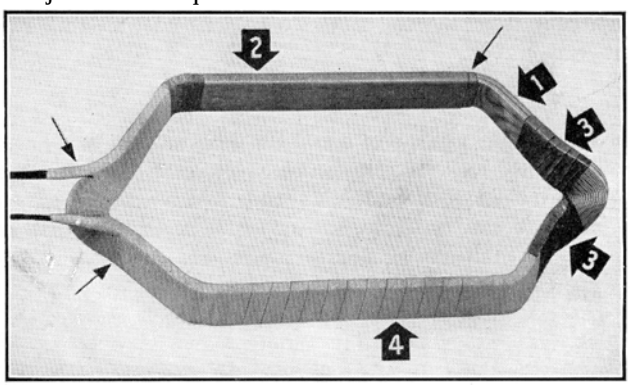


O enrolamento do induzido desenvolve-se, ao longo da periferia do rotor em *tambor*, porque a sua distribuição sugere a disposição das cordas que esticam a pele de um tambor. Seguindo um percurso a partir de uma escova ao longo do enrolamento retorna-se ao ponto inicial, isto é, o enrolamento é *fechado*. Numa ranhura do enrolamento os condutores estão dispostos *a duas camadas*, porque em cada ranhura existe sempre um *lado de ida* e um *lado de volta*, relativamente à posição do colector.

© Manuel Vaz Guedes, 2001



Ao conjunto {*terminal + ligação frontal + lado de ida + cabeça da bobina + lado de volta + ligação frontal + terminal*}, chama-se uma *espira* do enrolamento. Como se pretende ter vários condutores de ida ou de volta numa ranhura, formam-se *secções* com várias espiras, e estabelece-se a ligação entre duas lâminas do colector. As diversas secções podem ser agrupadas num conjunto único que forma a *bobina* do enrolamento.

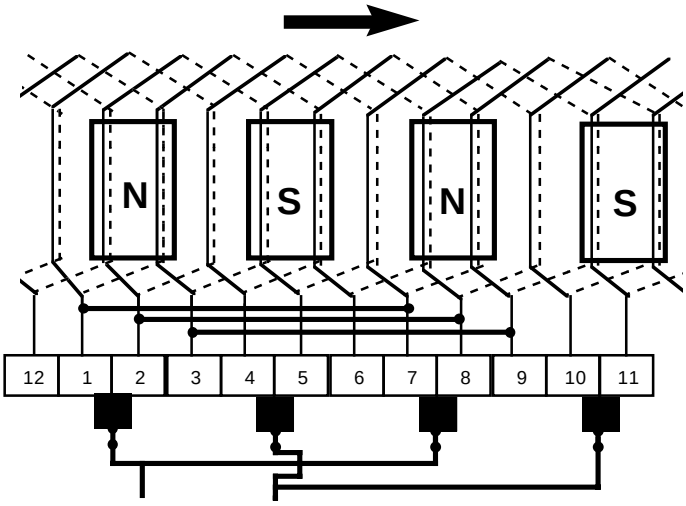


Para caracterizar o enrolamento define-se, através do *passo*, a distância a que estão os lados de ida de duas secções consecutivas (*passo total* y), a distância entre o lado de ida e o lado de volta de uma secção (*passo de bobina* y_1), e a distância entre o lado de volta de uma secção e o lado de ida da secção consecutiva (*passo de ligação* y_2). O passo é medido em número de ranhuras ou, eventualmente, em número de lâminas de colector (*passo de colector* y_C).

Quando o enrolamento se desenvolve de uma forma em que um lado de volta de uma secção encontra-se para além do lado de ida da secção consecutiva, a que está ligado, o enrolamento é *imbricado* ($y = y_1 - y_2$). Existe uma outra ligação, que já é pouco utilizado nos geradores de corrente contínua, que forma o enrolamento *ondulado* ($y = y_1 + y_2$).

A *via* do enrolamento é o caminho eléctrico que estabelece a ligação, através das respectivas secções do enrolamento, entre duas escovas ligadas a cada um dos terminais da alimentação do motor. Existe sempre um número par de vias.

Para evitar o aparecimento de correntes eléctricas de circulação nas malhas formadas pelas diferentes vias dum enrolamento são utilizadas *ligações equipotenciais*, que mais não são do que condutores eléctricos que estabelecem a ligação, pelo lado do colector, entre pontos análogos de duas vias de um enrolamento de forma a assegurar que permaneçam ao mesmo potencial eléctrico.



Exemplo de um Enrolamento Imbricado com Ligações Equipotenciais

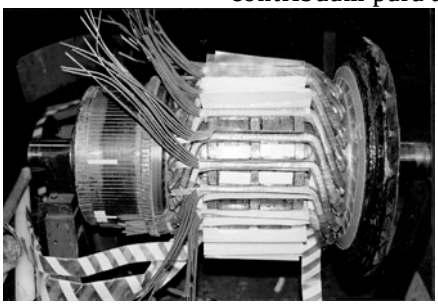
A representação gráfica do enrolamento é, habitualmente, feita por um *esquema em*

© Manuel Vaz Guedes, 2001

paralelo, mas pode ser feita por um *esquema radial*. O enrolamento também pode ser representado por uma tabela, é a representação *em quadro*. Na representação em paralelo todos os lados de ida são marcados a traço contínuo, os lados de volta a tracejado e as secções são representadas com uma só espira.

Note-se que devido à forma particular das bobinas dos enrolamentos do induzido dos geradores de corrente contínua, apenas os lados de ida e os lados de volta são parte activa no funcionamento da máquina. No entanto, as cabeças das bobinas e as ligações frontais contribuem para as perdas de energia, perdas eléctricas e perdas adicionais, da máquina. Por isso, são cuidadosamente desenhadas e dimensionadas.

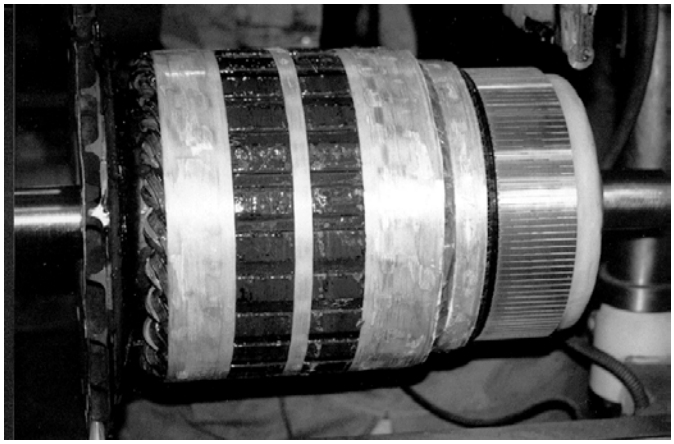
No desenho-projecto de um enrolamento rotórico de uma gerador de corrente contínua procura-se que haja uma distribuição simétrica da acção do campo magnético criado e do aquecimento provocado, que o enrolamento tenha os condutores inclinados para melhorar a comutação e diminuir o ruído, e procura-se que as cabeças das bobinas não contribuam para as vibrações da máquina.



O enrolamento do induzido das máquinas eléctricas de colector de lâminas é formado por condutores eléctricos de cobre em barra, pré-isolados com fita, distribuídos na ranhura de forma a diminuir as perdas adicionais.

Para além do isolamento próprio do cobre, e do isolamento entre espiras das secções, também são utilizados materiais isolantes, em folha, na separação dos condutores das paredes da ranhura. As bobinas são mantidas nas ranhuras, apesar das forças centrífugas que sobre elas se exercem, graças à utilização de chavetas de material isolante, madeira seca ou plástico, na parte superior da ranhura.

Antigamente, juntava-se à acção das chavetas a acção de umas cintas metálicas ou de voltas de fio de aço magnético que serviam para dar consistência mecânica ao enrolamento do induzido, porque o envolviam completamente. Hoje, este efeito de *cintagem* é assegurado por uma material plástico em fibras de vidro impregnadas de resina sintética, polimerizável, que tem uma função de forte retenção mecânica e de isolante eléctrico. Dependendo do fabricante, o enrolamento do circuito induzido pode ser submetido a um tratamento de impregnação sob vácuo com material isolante.

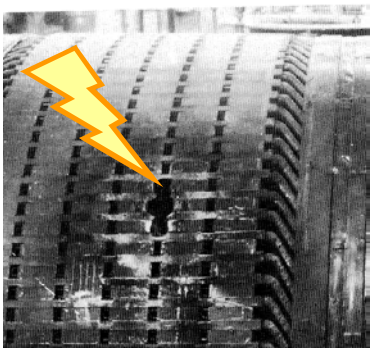


Verifica-se que um elemento importante na construção do enrolamento do induzido das máquinas eléctricas de colector de lâminas são os materiais isolantes. Além de assegurarem a delimitação dos caminhos eléctricos para a corrente, estes materiais têm de proporcionar uma boa condução do calor, desenvolvido pelas perdas Joule nos condutores eléctricos, para a superfície do rotor. O ciclo de aquecimento-arrefecimento, a que o funcionamento normal dos geradores eléctricos em carga submete estes isolantes, contribui para o seu envelhecimento e a consequente perda de qualidades: eléctricas e mecânicas.

As avarias no enrolamento do induzido das máquinas eléctricas de colector de lâminas são trabalhosas e de *muito cara* reparação. Tais avarias podem ser provocadas por regimes de sobrecarga ou por contactos à massa dos condutores (ruptura dos isolantes), acompanhadas, normalmente, da fusão dos condutores eléctricos do induzido. Também podem surgir avarias provocadas pelo destruição dos pontos de soldadura das ligações equipotenciais, que provocam sobrecargas nos condutores das respectivas vias do enrolamento.

© Manuel Vaz Guedes, 2001

Inspecção Visual

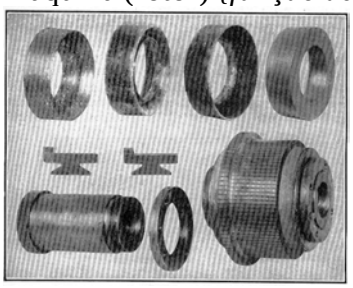


Há que detectar:

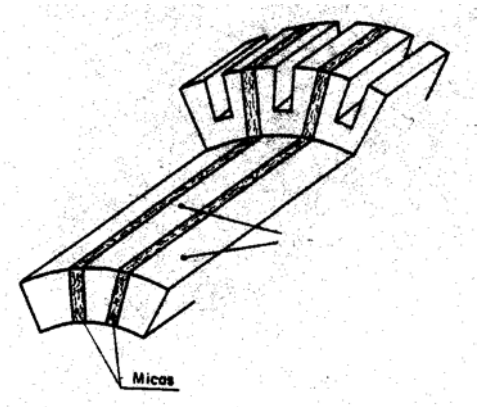
- deterioração ou degradação dos isolantes devida ao seu envelhecimento;
- contaminação com produtos capazes de afectarem o isolamento;
- fissura do isolamento devido a tensões mecânicas anormais;
- deterioração do isolamento devido a descargas parciais nos lados da bobina ou nas cabeças (o que pode exigir a realização de ensaios laboratoriais);
- distorção (com projecção centrífuga) das bobinas devido ao *embalamento* da máquina.

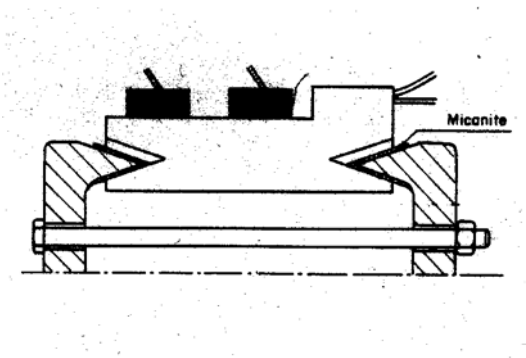
Colector de Lâminas

Considera-se que faz parte do circuito eléctrico rotórico das máquinas eléctricas de colector o sistema *colector de lâminas–escovas* que assegura que o sentido da tensão eléctrica nos terminais das escovas seja sempre o mesmo (tensão contínua e corrente eléctrica unidireccional), apesar dos condutores do enrolamento estarem em movimento, e, assim, cada condutor passar alternadamente frente a pólos com nomes diferentes {*função de comutador*}. Além disso o colector, conjuntamente com as escovas, asseguram a ligação eléctrica entre os condutores que estão na parte estática da máquina (estator) e os condutores que estão colocados na parte móvel da máquina (rotor) {*função de condutor*}.



O colector de lâminas constitui uma das partes mais delicadas das máquinas eléctricas de colector. É composto de lâminas de cobre com secção trapezoidal e de 3 a 8 mm de espessura; separadas por lâminas de mica de muito boa qualidade e de 0,5 a 1 mm de espessura; todo o conjunto encontra-se montado entre peças metálicas, das quais está isolado por peças de um aglomerado de mica (micanite) ou de resinas com fibra de vidro.





Inspecção Visual

Há inspeccionar não só os aspectos construtivos do colector como observar e controlar a comutação (em serviço):

- não se deve verificar um aumento na formação de faíscas;
- não há alteração da cor do colector;
- a temperatura do colector não aumenta e é inferior a 100 °C.

Sob o ponto de vista mecânico o colector está caracterizado, e limitado, pela velocidade linear

© Manuel Vaz Guedes, 2001

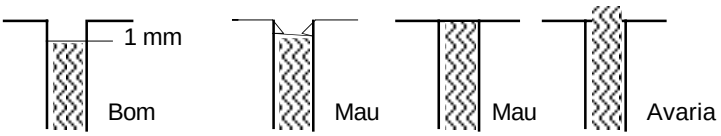
periférica que deverá ser do ordem dos 60 m/s. Também o comportamento mecânico das lâminas condutoras com a velocidade e com a temperatura, que pode provocar a sua deformação (encurvamento), é importante. A colocação do colector no veio da máquina é feita em prensas hidráulicas, porque todo o conjunto tem de ficar bem agrupado.

As lâminas de cobre do colector, ou de uma liga de cobre e prata, têm numa extremidade uma saliência fendida ("em cauda de andorinha") , onde são soldados os condutores eléctricos das secções do enrolamento; a cada lâmina está soldada a ligação frontal de um lado de ida e a de um lado de volta. A soldadura do condutor eléctrico à lâmina de cobre é feita por uma soldadura *TIG* (*T*ungsten *I*nert *G*as), o que garante que o colector possa ser submetido a sobrecargas de pequena duração, sem ocorrerem problemas de fusão da solda.

Devido a ser um estrutura complexa sujeita a fortes solicitações eléctricas e mecânicas o colector de lâminas tem de se observado com especial cuidado durante uma revisão da máquina eléctrica. Para isso, é necessário assegurar que a superfície do colector esteja lisa, para além da habitual *pista*, de carvão da escova (presença da "*patine*").

> ***Inspecção Visual***
>
> Há inspeccionar não os aspectos construtivos mecânicos do colector:
>
> • não esquecer de todo os componentes do colector e da respectiva montagem.

É necessário verificar que o colector não esteja deformado ("*ovalado*") pela acção conjunta da temperatura e dos esforços mecânicos, senão há que *rectificar* o colector. Que não se tenha dado um desgaste da superfície do colector que implique o aparecimento das folhas separadoras de mica na pista da escovas.



Qualquer mancha ou acumulação de carvão traduz uma deficiência na comutação que terá de ser corrigida.

> ***Inspecção Visual***
>
> Na inspecção do colector:
>
> • partes sombreadas, ou manchas, sobre a pista do colector traduzem zonas de ausência de contacto com a escova ;
>
> • se apenas um pequeno número de lâminas muda de cor, é sinal de um curto-circuito entre espiras;
>
> • se as marcas, ou o escurecimento, se distribui por todo o colector, trata-se possivelmente de um defeito eléctrico.

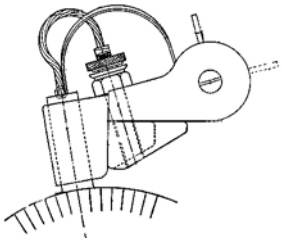
A *rectificação* do colector consiste num torneamento, através do qual é reposta a forma cilíndrica da superfície das lâminas do colector. Com esse torneamento se traduz por uma diminuição do diâmetro do colector há a necessidade de *rebaixar* as placas de material isolante (pela acção de uma frezadora) para que se mantenham cerca de 1 mm abaixo da posição das escovas, e assim não esbarrarem com elas.

Uma máquina eléctrica de colector de lâminas que teve o seu colector submetido a uma rectificação deve ser posta a funcionar com especial cuidado, procurando-se que haja a possibilidade de se refazer *a pista* antes da máquina entrar em serviço de rotina — "*fazer a rodagem do colector*".

> **Nota**:
>
> o desgaste das escovas típico é de 1,5 mm por 1000 horas de funcionamento, mas pode atingir nas máquinas de velocidade periférica elevada 5 mm a 8 mm por 1000 horas.

© Manuel Vaz Guedes, 2001

As *escovas* que atritam no colector são barras de carvão grafítico, ou carvão especialmente tratado (carvão iodado), e podem ser maciças ou formadas por um aglomerado de várias partes. Devem ter como características principais: assegurarem uma comutação correcta em todos os regimes, terem um desgaste mínimo de carvão ou do cobre do colector, e terem um pequeno coeficiente de atrito.



As escovas estão colocadas num *porta-escovas* que está equipado com várias linhas de várias escovas, e está montado sobre uma coroa circular que se pode mover e que está ligada à carcaça. Nestes porta escovas existe um dispositivo de "dedo articulado" que apoia a escova sobre o colector com uma pressão, tão constante quanto possível, de 1,5 a 3,5 N/cm^2. É importante um fácil acesso ao porta-escovas e às escovas durante as operações de manutenção.

Nota:

a pressão nas escovas pode ser controlada com um *dinamómetro de precisão*.

Inspecção Visual

O suporte do porta-escovas deve manter uma posição fixa e referenciada entre revisões.

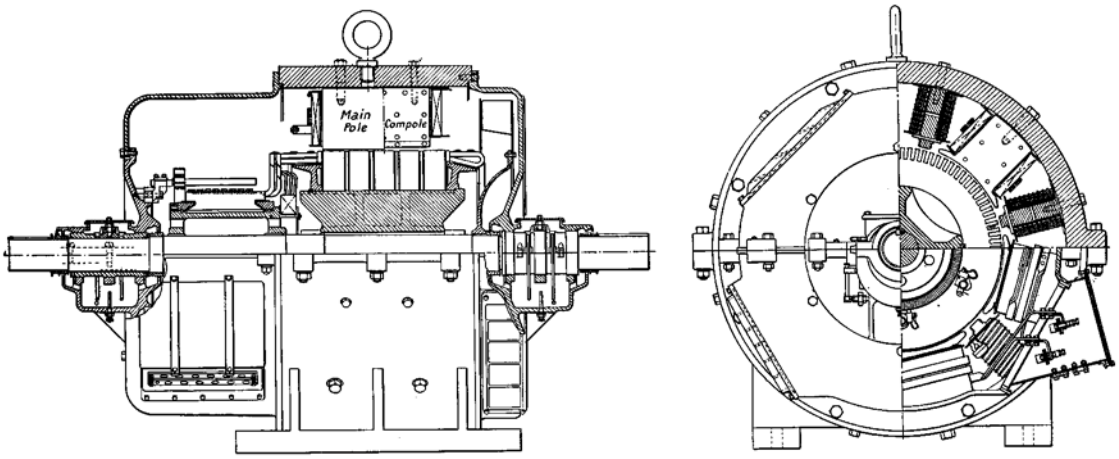
O desgaste das escovas é responsável pela paralisação periódica das máquinas eléctricas de corrente contínua para manutenção. Note-se que esta revisão e substituição de escovas só pode ser feita com a imobilização da máquina e com a interrupção do serviço.

Orgãos Mecânicos

Os aspectos de construção mecânica também são especialmente cuidados nos geradores de corrente contínua, entre eles sobressaindo os cuidados com o veio da máquina, os problemas com os mancais de apoio e com a carcaça.

A carcaça, cujo aspecto construtivo está normalizado, destina-se a proteger a máquina e os utentes pelo que deve estar adequada ás condições de serviço do gerador de corrente contínua.

O *veio* é torneado em aço especial (níquel–crómio) com grande resistência (75 a 80 kg·mm^2) e grande resiliência.



Os *mancais* utilizados são *mancais de rolamento* que apresentam vantagens nítidas: lubrificação simples e pouco frequente; redução do atravancamento no sentido radial; capacidade de sobrecarga considerável; desgaste desprezável com melhor *alinhamento* das peças da máquina.

Problemas Electromecânicos

Os principais problemas electromecânicos que ocorrem nos geradores de corrente contínua dizem respeito ao ruído e às vibrações, a que os modernos conceitos de qualidade de vida dos técnicos

© Manuel Vaz Guedes, 2001

que acompanham a sua exploração impõem restrições.

O *ruído*, definido com um som que é desagradável para o ouvinte, tem um aspecto subjectivo que, no entanto, não impede a sua medida. Por isso é estudado e existe normalização adequada [CEI-34.9] para os limites do ruído nas máquinas eléctricas.

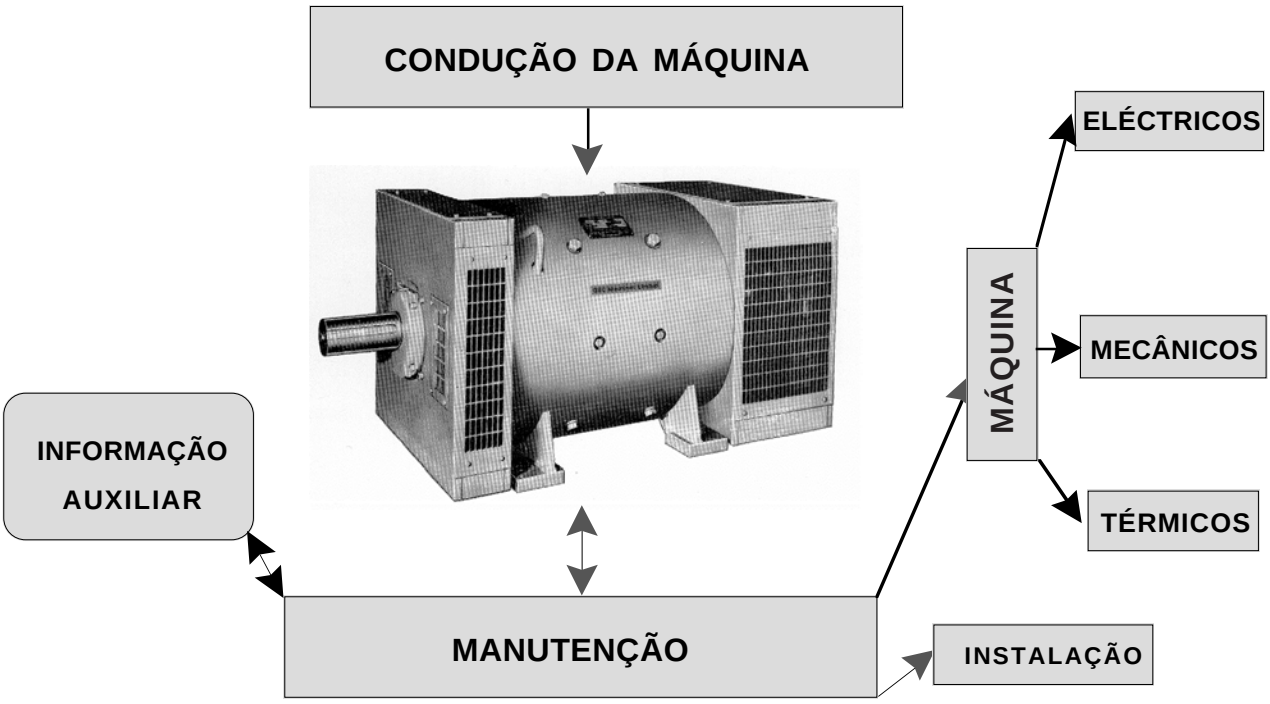
O estudo das vibrações produzidas pela máquina faz parte do seu projecto mecânico. Existem vibrações inerentes ao movimento rotativo da máquina eléctrica, e que podem ser provocadas pelo desequilíbrio das massas em movimento rotativo. Por isso, faz parte da verificação final de uma máquina eléctrica submetida a uma revisão periódica, ou à reparação de uma avaria grave, a sua *equilibragem dinâmica*, em que o rotor é submetido a ensaio de rotação em bancas de ensaio adequadas. No caso dos geradores de corrente contínua podem ter grande importância as vibrações que são transmitidas pelo veio e motivadas pelo movimento da máquina primária (hidráulica ou térmica).

Manutenção e Condições de Funcionamento

A prevenção de avarias dos geradores de corrente contínua tem um interesse geral, porque a paragem de uma instalação, ou mesmo o mau funcionamento, pode causar prejuízos a toda uma comunidade. Por isso, em qualquer instalação tem de existir um programa de manutenção que permite a diminuição da taxa de avarias.

Mas hoje pretende-se mais no aproveitamento integral d vida útil de um equipamento, como um gerador de corrente contínua. Os dados recolhidos durante a revisão, e a história da máquina constituem elementos a integrar em programas mais vastos de gestão da manutenção ou de avaliação das condições de funcionamento.

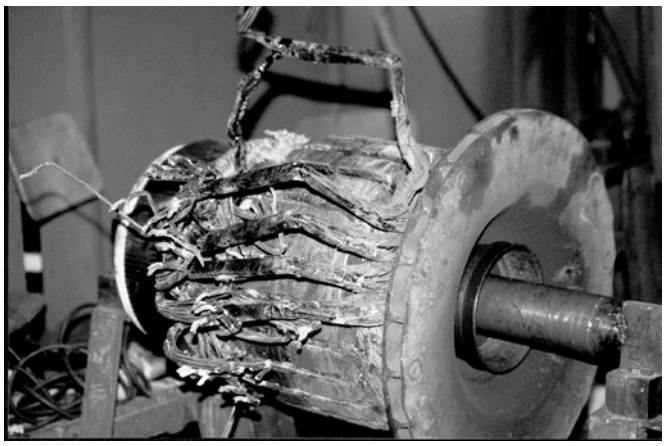
Para contribuir para estes tipo de sistemas de apoio à decisão — úteis a qualquer gestor de equipamento eléctrico — torna-se necessário o conhecimento dos vários aspectos construtivos, e de tudo que nesses aspectos é relevante para a avaliação das condições de funcionamento do gerador de corrente contínua.



Auto-teste

2.A Caracterizar as diferentes partes de um gerador de corrente contínua (50 kW a 100 kW).

© Manuel Vaz Guedes, 2001



2.B Observar o rotor de uma máquina de corrente contínua que é apresentado na figura ao lado. Anotar os aspectos importantes.

2.C Descrever as operações de reparação a realizar para reparar o rotor apresentado na figura.

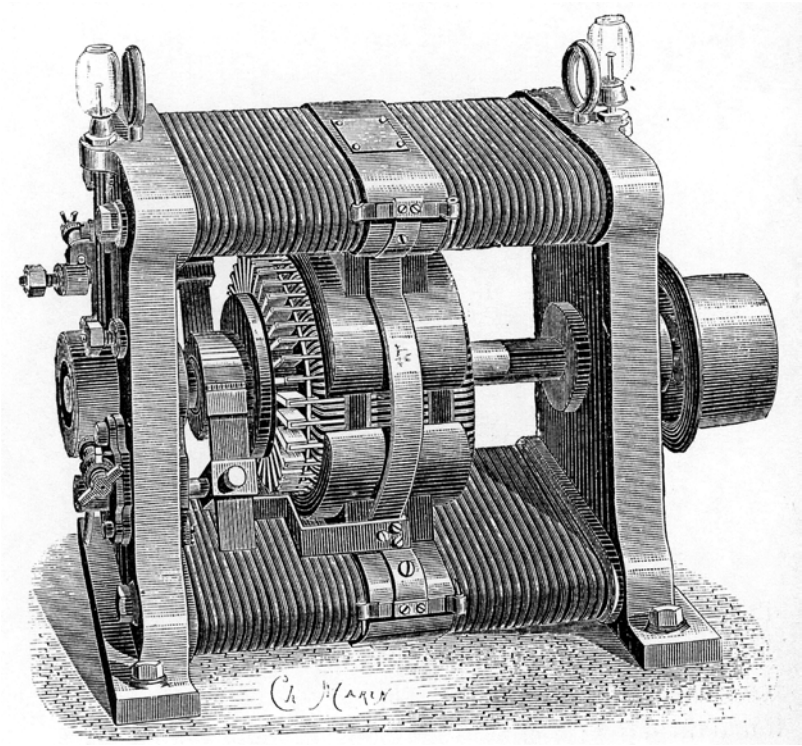
2.D Justificar a importância do colector de lâminas. (quanto ao funcionamento da máquina de corrente contínua, aos aspectos construtivos e às necessidades de manutenção)

2.E Elaborar uma ficha para assento dos resultados da inspecção visual de uma máquina de corrente contínua em revisão.

– **MVG** –

Máquinas Eléctricas	1874	Resenha Histórica

O Gerador de Corrente Contínua de Gramme



Gerador de corrente contínua desenvolvido e comercializada por por Zénobe Gramme (1826–1901) em 1874 para servir na indústria da galvanoplastia. (*máquina de oficina*: 15 V; 300 A; 1500 rot/min; 300 kg). •

© Manuel Vaz Guedes, 2001