

# Manutenção dos Geradores nas Pequenas Centrais Hidroeléctricas

*Manuel Vaz Guedes*

***As condições de funcionamento dos geradores eléctricos das pequenas centrais hidroeléctricas obrigam a definir uma metodologia de manutenção, simples, mas rigorosa.***

***Apesar das diferenças construtivas existentes nos dois tipos de geradores eléctricos utilizados, existem problemas de manutenção comuns, o que ajuda a definir um programa de manutenção para aquelas máquinas eléctricas.***

***Um tal programa de manutenção, que pode envolver sessões de revisão parcial ou sessões de revisão completa, apresenta um tipo de relação entre as diferentes operações que permite a construção de um sistema pericial para prestar assistência à sua execução.***

Com o aproveitamento das energias alternativas pretende-se diminuir a dependência nacional quanto aos combustíveis importados, através de uma diversificação dos sistemas produtores de energia eléctrica. Uma das formas de concretizar esta pretensão é através da construção de pequenos aproveitamentos hidroeléctricos (< 10 MVA).

As pequenas centrais hidroeléctricas já criadas, ou a criar, devido à dependência da sua produção das condições hidrológicas locais, apresentam alguns problemas na sua ligação a redes mais vastas, como a rede eléctrica nacional. Mas, se os problemas eléctricos que essa ligação provoca se encontram salvaguardados na legislação, já o problema de manutenção não é tratado, embora dele possa depender toda a utilidade do sistema produtor.

Nesse sistema produtor, formado, globalmente, por uma máquina hidráulica e por um gerador eléctrico, existem condições de funcionamento, - ambientais, de conversão de energia, e de comportamento da rede eléctrica - que obrigam a definir uma metodologia de manutenção para o gerador, independentemente do tipo de máquina eléctrica utilizada. Confinado num ambiente com elevada humidade, submetido a um regime de accionamento sazonal, a um regime de carga eléctrica variável e com a possibilidade de ocorrência de fenómenos transitórios bruscos, o gerador eléctrico pode sofrer um conjunto vasto de avarias eléctricas ou mecânicas. No entanto, muitas dessas avarias podem ser previstas, e evitadas, através de um regime de manutenção simples, mas rigoroso.

Os problemas de manutenção do gerador eléctrico, que apresentam características próprias, inserem-se na problemática, mais vasta, de manutenção de toda a central hidroeléctrica, com os seus sistemas mecano-hidráulicos, eléctricos e auxiliares.

**1. O GERADOR ELÉCTRICO**

Acoplado a uma turbina hidráulica o gerador eléctrico, durante o seu funcionamento, promove uma transformação de energia mecânica em energia eléctrica. Como todos os sistemas conversores, o gerador eléctrico tem perdas de energia que se traduzem por uma libertação de calor, e pelo conseqüente aquecimento de todas as partes constituintes da máquina.

Nas pequenas centrais hidroeléctricas podem ser utilizados como geradores qualquer um dos dois tipos de máquinas eléctricas: máquinas síncronas e máquinas assíncronas de indução com rotor em curto-circuito.

Cada um destes tipos de gerador eléctrico tem um princípio e características de funcionamento próprias, e é da sua correcta utilização que resultam vantagens para a exploração económica do aproveitamento.

Mas, as diferenças entre os dois tipos de geradores eléctricos, estendem-se, também, aos problemas de manutenção dessas máquinas eléctricas, e à sua influência sobre a manutenção de todo o aproveitamento hidroeléctrico.

As diferenças principais entre estes dois tipos de geradores encontram-se sintetizadas no quadro apresentado. Elas incidem, essencialmente, nos elementos constituintes da parte retórica da máquina: circuito magnético, circuito eléctrico e estrutura mecânica.

Apesar das diferenças construtivas apresentadas, existem muitos problemas de manutenção comuns, o que não impede que um programa regular de manutenção para o gerador eléctrico possa ser definido; e adoptado...

**2. OS PROBLEMAS DE MANUTENÇÃO**

Durante o funcionamento do gerador de uma peque-

na central hidroeléctrica, as suas diferentes partes constituintes vão estar submetidas a um regime de aquecimento variável com a corrente eléctrica fornecida à rede. Algumas dessas partes constituintes vão estar submetidas a um movimento rotativo, não muito elevado, a vibrações ou a esforços mecânicos. O resultado dessas situações é a possível ocorrência de um funcionamento caracterizado pelo irregular comportamento sonoro, térmico, de vibração ou de apresentação, que pode ser detectado em inspecções programadas, evitando-se assim, a ocorrência de avarias em períodos críticos de funcionamento do gerador.

O estator destas máquinas eléctricas, devido à passagem da corrente eléctrica de carga nos seus circuitos eléctricos, é uma das partes que pode ser submetida a um regime de funcionamento, permanente ou transitório, susceptível de provocar avarias.

O circuito magnético do estator, formado por um empacotamento de chapa magnética isolada, é susceptível de mostrar o aparecimento de pontos quentes motivados pela deterioração do isolamento entre chapas. Também, as sustentações mecânicas do empacotamento são susceptíveis de ficarem frouxas, e de provocarem o afastamento das chapas e a vibração dos empacotamentos elementares entre os canais de ventilação, criando a possibilidade de se soltarem pedaços dos dentes do circuito magnético.

O circuito eléctrico, formado pelas bobinas do enrolamento do estator, tem os seus condutores eléctricos isolados entre si e isolados relativamente à massa do ferro. Os materiais isolantes utilizados, com o regime de aquecimento próprio do funcionamento da máquina, degradam-se.

Também, devido a fenómenos electrodinâmicos com origem em regimes eléctricos transitórios, as bobinas podem ser submetidas a esforços mecânicos que as deformem ou deteriorem.

GERADOR SÍNCRONO	GERADOR ASSÍNCRONO de INDUÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• o circuito magnético rotórico tem polos salientes</li> <li>• o circuito eléctrico rotórico é formado por uma bobina de fio condutor, enrolada em torno do núcleo polar</li> <li>• o circuito eléctrico rotórico, comunica com a parte estatórica da máquina através de um sistema de collector de anéis - escovas de carvão grafitico</li> <li>• como circuito eléctrico rotórico existe o circuito amortecedor, que é formado por grades, parciais ou totais, de barras condutoras curto-circuitadas e embutidas na periferia das expansões polares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• o circuito magnético rotórico é liso</li> <li>• o circuito eléctrico rotórico é formado por barras de um material condutor, alumínio ou cobre, curtocircuitadas nos extremos por anéis do mesmo material</li> <li>• o circuito eléctrico rotórico, está isolado da parte estatórica</li> <li>• não existem outros circuitos rotóricos, além do circuito eléctrico principal, em gaiola de esquilo</li> </ul>

As diferenças de potencial eléctrico, existentes entre diferentes pontos dos circuitos da máquina, podem originar fenómenos de efeito de coroa, provocando a erosão pontual da pintura nas cabeças das bobinas. Também, descargas parciais no interior do isolamento do circuito eléctrico estatórico podem provocar a deterioração dos isolantes. As diferentes avarias de isolamento podem ser controladas pela simples medida da resistência de isolamento do enrolamento estatórico.

ESTATOR	MANUTENÇÃO
Circuito Magnético	verificação dos isolamentos, dos empacotamentos e das sustentações mecânicas; controlo das vibrações
Circuito Eléctrico	verificação do posicionamento, das amarrações, e da forma das bobinas; efeito de coroa; medida de resistência de isolamento
Ventilação	verificação e desobstrução dos canais de ventilação

O principal problema de manutenção criado às bobinas do enrolamento estatórico, consiste em assegurar a sua rígida colocação, evitando-se que a fragilização dos sistemas de fixação - *réglettes*, cordões e ligaduras de amarração - provoquem o deslocamento das bobinas e o seu contacto com peças em movimento. Verifica-se que, com a utilização de isolantes micáceos impregnados de resina sintética, diminuiu, consideravelmente, a taxa de avarias dos enrolamentos. Como o arrefecimento destas máquinas eléctricas é muito importante, é necessário verificar o estado dos canais de ventilação, onde se podem acumular poeiras, em tal quantidade, que os obstruam. Estas poeiras devem ser limpas com um jacto de ar comprimido seco.

A estrutura rotórica é diferente nos dois tipos de geradores utilizados nas pequenas centrais hidroeléctricas. Assim, nos geradores síncronos, aqueles em que se verifica uma razão constante entre a velocidade de rotação e a frequência das forças electromotrizas geradas através do número de pares de polos da máquina, devido à baixa velocidade de rotação do accionamento hidráulico, a estrutura rotórica tem vários pares de polos magnéticos salientes, formando uma roda polar. Os polos magnéticos tem uma expansão polar, onde está embutido o enrolamento amortecedor, e um núcleo, polar, em torno do qual está a bobina indutora. Devido à forma como está construída, a estrutura rotórica das máquinas síncronas de polos salientes necessita de verificação. Assim, em períodos

longos é necessário extrair o rotor da máquina e verificar a ligação dos polos indutores, normalmente folheados, ao cubo maciço que está ligado ao veio. Podem surgir fissuras, ou problemas em soldaduras. Deve, também, ser verificado o aparecimento de sintomas de aquecimento das pás do ventilador ou das estruturas de sustentação devido a campos magnéticos parasitas. Existe, sempre, a necessidade de verificar a largura do entreferro, que só pode variar  $\pm 10\%$  do valor de fabrico.

ROTOR Máquina Síncrona	MANUTENÇÃO
Estrutura	verificação das ligações mecânicas dos polos; aquecimentos acidentais, verificação da espessura do entreferro
Circuito Eléctrico	verificação do posicionamento, das amarrações, e da forma das bobinas; medida da resistência de isolamento; verificação das ligações aos anéis verificação dos circuitos amortecedores
Colector de Anéis e Escovas	verificação e rectificação dos anéis ou substituição das escovas
Excitação Integrada	verificação análoga à da máquina principal controlo dos elementos electrónicos

O circuito eléctrico rotórico, formado pelas bobinas indutoras, deve ser verificado, quanto à degradação dos materiais isolantes, e à acção da diferença de potencial eléctrico nas espiras das extremidades das bobinas. As ligações, rígidas ou flexíveis, das bobinas indutoras ao colector de anéis, ou à roda de díodos, devem ser verificadas, para detectar possíveis fissuras provocadas por vibrações originadas em polos magnéticos soltos.

O enrolamento amortecedor, que forma uma grade de barras de material eléctrico condutor curtocircuitadas nas extremidades e colocadas em ranhuras nas expansões polares, pode, devido à ruptura de uma barra, ser submetido a aquecimento excessivo; isso pode ser detectado por simples inspecção visual. As ligações das grades das diferentes expansões polares podem apresentar sinais de sobreaquecimento, ou de fissuração, ou de afrouxamento das suas ligações.

A superfície de contacto dos anéis do colector podem deteriorar-se com o funcionamento da máquina: apresentam estrias profundas, e marcas de fusão ou de ataque. Também, devido a problemas de utilização, podem as escovas apresentar um desgaste elevado, ou um desgaste desigual em toda a sua superfície.

Quando o gerador síncrono comporta um sistema de

excitação sem escovas, formado por uma excitatriz e por uma roda de díodos, é necessário verificar os circuitos eléctricos e magnéticos da excitatriz, assim como a sua estrutura de sustentação. Existem, em menor escala, os mesmos problemas de manutenção que para a máquina síncrona principal. A roda de díodos carece de um controlo dos problemas mecânicos de sustentação, e o controlo do estado dos elementos electrónicos.

O gerador assíncrono de indução tem uma estrutura rotórica simples, o que lhe dá uma grande fiabilidade e robustez. A estrutura rotórica deste tipo de gerador, que tem grande aplicação nos pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, é formada por um circuito magnético com entreferro constante, formado por um empacotamento de chapa magnética ranhurada, onde está colocado um enrolamento em gaiola de esquilo.

ROTOR Máquina Assíncrona	MANUTENÇÃO
Estrutura	verificação das chumaceiras, e dos aquecimentos accidentais
Circuito Eléctrico	verificação do posicionamento, das amarrações, da forma axial do enrolamento e dos anéis de curto-circuito

Quando a estrutura rotórica é extraída da máquina, deve ser observada a forma do enrolamento rotórico, porque pode apresentar uma deformação axial. Terá de se recorrer a meios sofisticados de análise para se determinar a ruptura de barras rotóricas, apesar da detecção visual de pontos de aquecimento pode servir como indicio. É, no entanto, o comportamento das estruturas mecânicas de sustentação do rotor, as chumaceiras, que carecem de uma maior vigilância, porque o pequeno entreferro destas máquinas não permite a existência de folgas, motivadas pelo desgaste inerente a uma insuficiência de lubrificação.

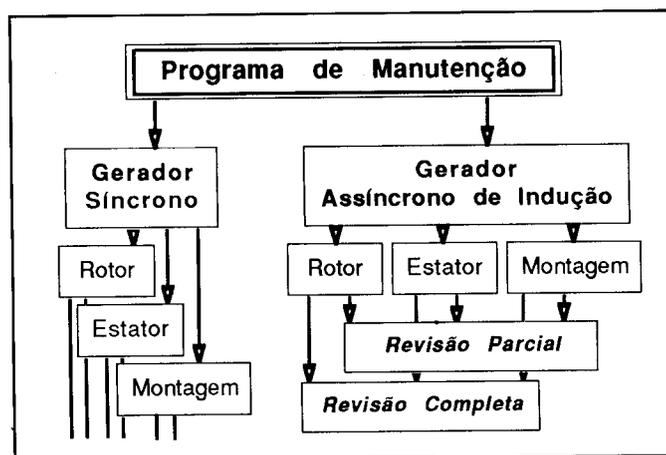
O circuito eléctrico rotórico devido à sua construção, é robusto, mas pode apresentar defeitos nas barras condutoras ou nos anéis de curto-circuito. Como a inspecção óptica desses elementos não é sempre fácil, utilizam-se meios mais sofisticados. Também os aspectos de localização do enrolamento nas ranhuras são verificados, porque pequenas vibrações podem dar origem a problemas. É verificado o estado das *réglottes* e dos isolantes das ranhuras, quando existem. Qualquer uma das máquinas eléctricas utilizada como gerador em pequenas centrais hidroeléctricas pode ser vítima de avarias provocadas pela sua montagem e pelo acoplamento à máquina hidráulica primária. É, por isso,

necessário rever o posicionamento do gerador, os órgãos de ligação à máquina primária e o alinhamento das diferentes máquinas. Quando, o arrefecimento da máquina eléctrica é forçado, é necessário fiscalizar e promover a manutenção dos elementos constituintes do circuito de arrefecimento: bombas, ventiladores, motores auxiliares, e condutas.

### 3. O PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

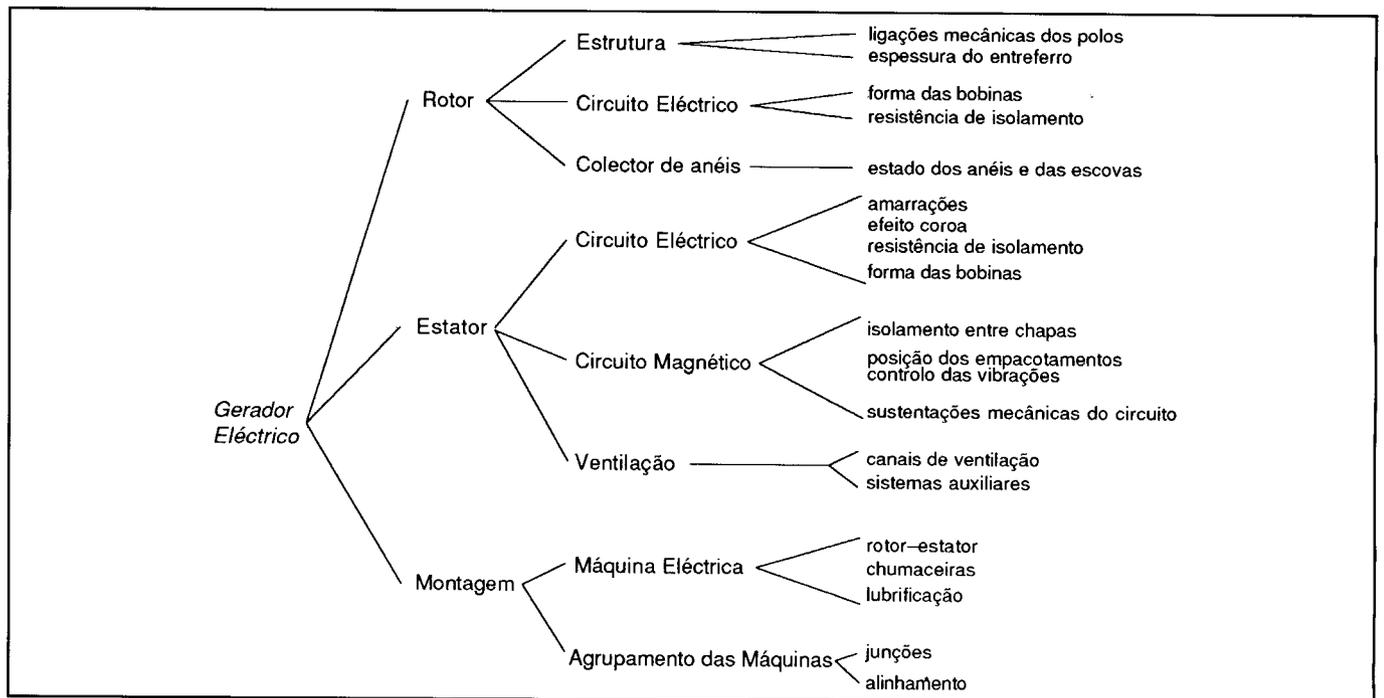
As diferentes partes de um gerador para uma pequena central hidroeléctrica estão submetidas a um regime de funcionamento, eléctrico, térmico e mecânico, susceptível de criar situações de avaria, que podem ser evitadas por um cabal programa de manutenção.

Esse programa deve prever a existência de inspecções parciais e de inspecções completas.



As inspecções parciais devem ocorrer num momento em que o gerador esteja fora de serviço, e serão, essencialmente, baseadas na inspecção visual dos diferentes elementos estatóricos e rotóricos. Neste tipo de inspecção, e com o auxílio de ferramentas ligeiras e outros auxiliares de inspecção, revêm-se os problemas anteriormente detectados e corrigem-se as avarias, mesmo em fase incipiente; também se promove a desmontagem daquelas peças que condicionam o acesso às partes a inspeccionar. É um tipo de procedimento que deve ser repetido bianualmente.

Uma inspecção completa pressupõe a extracção do rotor do gerador, para uma revisão mais pormenorizada. A operação de extracção, e posterior colocação do rotor tem de ser feita com grande cuidado, para não provocar danos a qualquer um dos diferentes elementos, estatóricos ou rotóricos, do gerador. A montagem das peças acessórias, como os ventiladores, terá de ser feita atendendo à correcção dos sentidos de funcionamento.



Uma sessão de manutenção do gerador de uma pequena central hidroeléctrica pode ser, facilmente, assistida por um programa de computador do tipo sistema pericial. É apenas necessário criar uma base de conhecimentos sobre manutenção de geradores, como os anteriormente apresentados, e dar a esses conhecimentos a forma de um conjunto de regras que permitam definir o tipo de manutenção a exercer sobre o gerador em face dos problemas detectados.

Este conjunto de grupos de conhecimento, que estão organizados hierarquicamente, poderá ser desenvolvido a partir da forma esboçada na estrutura abaixo apresentada.

### CONCLUSÃO

Os geradores das pequenas centrais hidroeléctricas têm problemas de funcionamento que obrigam ao estabelecimento de um programa de manutenção.

O programa que pode incluir revisões parciais e revisões completas, deve ser executado por pessoal experiente porque muitas das suas operações baseiam-se apenas na detecção visual de aspectos sintomáticos de futuras avarias. A manutenção destes geradores eléctricos pode ser assistida por um sistema pericial, mas terá de haver especial cuidado no estabelecimento da base de conhecimentos para um programa computacional desse tipo. ■

Publicado na revista:

**MANUTENÇÃO**

nº 35, pp. 13–17, Setembro de 1992