



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO -01

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRAULICA - GGH

**MONITORAMENTO E SUPERVISÃO DE DESGASTE DE ESCOVAS DE CARVÃO EM AMBIENTE CONFINADO.
COMPENSADOR SÍNCRONO – UM SISTEMA EM OPERAÇÃO**

**Jary Canarim Ribeiro Junior (*)
COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA - CTEEP**

RESUMO

O compartimento do anel coletor dos compensadores síncronos instalados no sistema de transmissão da CTEEP é pressurizado com gás hidrogênio o que impossibilita a verificação visual do desgaste das escovas. Programações de paradas periódicas para inspeção são demoradas e com custos elevados em função da necessidade da retirada do gás e da abertura do compartimento. O desenvolvimento de um sistema de monitoramento e desgaste das escovas de carvão on-line capaz de permitir a parada somente quando as escovas efetivamente atingirem o limite do desgaste mostrou-se ser extremamente útil ao incremento da disponibilidade e da confiabilidade dos compensadores síncronos.

PALAVRAS-CHAVE

Escovas de Carvão, Monitoramento e Supervisão de Desgaste, Compensador Síncrono.

1.0 - INTRODUÇÃO

A CTEEP tem instalado em seu sistema de transmissão dois compensadores síncronos de fabricação da "Mitsubishi Electric Corporation – Japan", de potência de -175 / + 250 Mvar, tensão nominal de 16 kV, fabricados em 1979 e instalados no início da década de 80. Estes equipamentos estão instalados nas subestações de Santo Ângelo e Embu Guaçu, em lados opostos da região metropolitana da grande São Paulo e são utilizados principalmente para a realização do controle do nível de tensão das barras de 440 kV destas subestações através de bancos de transformadores elevadores.

As partes ativas do compensador síncrono são refrigeradas com gás hidrogênio no interior de uma carcaça hermeticamente fechada com um volume interno de 350 m³ e pressão de trabalho de 2,0 kgf./cm². Internamente a carcaça do equipamento é dividida em três compartimentos que são anéis coletores, parte ativa principal e motor de partida, que podem ser isoladas entre si através de borrachas de vedação infláveis. O desgaste das escovas de carvão instaladas no compartimento dos anéis coletores deve ser periodicamente verificado através de programações periódicas, parando-se o compensador síncrono para a realização de verificações do desgaste das escovas, medição do comprimento de cada escova e limpeza dos filtros de absorção do pó de carvão para evitar a saturação destes e conseqüente acúmulo de pó de carvão ocasionando diminuição da resistência de isolamento terra rotor. Em função de o compartimento ser pressurizado e confinado e sem condições de verificação visual das escovas, as programações de paradas periódicas para inspeção das escovas e limpeza do acúmulo de pó são mais demoradas e com custos elevados em razão da necessidade da retirada do gás hidrogênio do compartimento e a abertura do mesmo.

(*) Estrada das Varinhas, Km 49 – Bairro Jundiapéba – CEP 08750-270 – Mogi das Cruzes - SP.
Tel: (+55 11) 4727 –1022 - Fax: (+55 11) 4727 – 1136 – Email: jcribeiro@ctEEP.com.br

Considerando a demanda cada vez maior por disponibilidade e confiabilidade operativa dos equipamentos que impedem uma função transmissão em virtude da resolução nº 470 da agiu (parcela variável) e uma ocorrência havida com o compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu em 2004 com a perda de um conjunto de anéis coletores e indisponibilidade do equipamento por 30 dias, o desenvolvimento de um sistema on-line de monitoramento e supervisão do desgaste das escovas de carvão capaz de permitir a parada do compensador síncrono somente quando as escovas de carvão efetivamente atingirem o limite do desgaste mostrou-se ser extremamente útil ao incremento da disponibilidade e da confiabilidade do equipamento.

Este trabalho tem como objetivo mostrar como foi realizado o desenvolvimento do sistema atualmente instalado e em operação, as dificuldades encontradas em seu desenvolvimento, os resultados obtidos até o momento e as novas etapas de que estão sendo realizadas e planejadas visando uma melhoria e aprimoramento do sistema.

2.0 - HISTÓRICO DO PROBLEMA

Os compensadores síncronos instalados e em operação nas subestações de Santo Ângelo e Embu Guaçu da CTEEP, desde suas entradas em operação no início da década de 80, sempre apresentaram desgaste diferentes das escovas de carvão instaladas em seus anéis coletores apesar dos equipamentos serem do mesmo fabricante e com projetos idênticos. O compensador síncrono em operação na subestação de Embu Guaçu sempre apresentou um maior desgaste das escovas, de até seis vezes mais em relação ao de em operação na subestação de Santo Ângelo apesar de serem utilizados em ambos os equipamentos o mesmo tipo e número de escovas de carvão em cada anel coletor.

A teoria e especificação técnica de escovas de carvão mostram que os desgastes das mesmas dependem de vários fatores como ambiente de trabalho, tipo do material do anel coletor, velocidade de rotação do equipamento, material de fabricação da escova e da densidade de corrente e temperatura de trabalho em cada escova. Como a corrente de excitação do compensador síncrono varia sua intensidade em função da potência aparente a ser fornecida ou absorvida pelo equipamento, definir o número ideal de escovas instaladas em cada anel coletor em função da densidade de corrente fica de difícil aplicação.

Cada compensador tem instalado no compartimento dos anéis coletores vinte e duas portas escovas em cada anel coletor. Durante os testes de comissionamento do equipamento, o uso de vinte e duas escovas de carvão em cada anel coletor acarretou um desgaste muito grande das escovas e após testes e definições com o fabricante do equipamento foi definido o número de doze escovas por anel coletor, número este utilizado até a presente data. Também já foram realizados vários testes com diversos tipos de escovas de carvão em conjunto com os fabricantes das mesmas sem grandes alterações quanto ao nível de desgaste.

A CTEEP adota o sistema de manutenção preventiva periódica por tempo de operação para a realização da manutenção preventiva do compensador síncrono e seus sistemas auxiliares. A manutenção do compartimento do anel coletor é programada a cada quatro meses para a verificação do desgaste das escovas de carvão, limpeza dos filtros de retenção do pó das escovas e manutenção de outros sistemas auxiliares. Para a realização destes serviços é necessária a programação da parada do equipamento por um período de 32 horas devido à necessidade da abertura do compartimento do anel coletor com a retirada do gás hidrogênio.

2.1 Ocorrência no Equipamento da Subestação de Embu Guaçu

Em março de 2004, o compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu retornou a operação após seis meses de parada para manutenção corretiva de substituição de um mancal após ocorrência com danificação do mesmo. Durante a manutenção foram substituídas todas as escovas de carvão dos anéis coletores e antes do retorno a operação do compensador foi realizado o balanceamento mecânico e medições dos níveis de vibração do equipamento.

Foi programada nova manutenção preventiva periódica do compartimento do anel coletor para julho de 2004 para verificações e medições do desgaste das escovas de carvão e limpeza dos filtros, porém uma semana antes da manutenção com parada programada houve desligamento automático do compensador síncrono devido atuação da proteção terra rotor.

Após verificações, ensaios e abertura do compartimento do anel coletor foi constatado a ocorrência do desgaste total das escovas de carvão do anel coletor do lado negativo com danificação dos portas escovas e do anel coletor e quase desgaste total das escovas do anel coletor positivo. Foram realizadas a substituição dos anéis coletores, porta escovas, realizados ensaios gerais no equipamento e instaladas novas escovas de carvão com retorno do compensador síncrono à operação após 30 dias de parada. As escovas de carvão instaladas bem como as

instaladas anteriormente eram do mesmo modelo e fabricante e parte da mesma aquisição. Quando do retorno à operação foram realizados ensaios de vibrações mecânicas dos mancais do compensador e do sistema de excitação sendo que os resultados obtidos foram considerados normais.

Em função desta ocorrência foi programada nova manutenção com parada programada do equipamento após quinze dias para verificações do desgaste das escovas de carvão sendo constatado um desgaste muito elevado em relação ao histórico do equipamento “ver Figura 1”. Nova programação de manutenção foi realizada 30 dias após o retorno à operação do compensador síncrono sendo constatado também muito elevado, porém menores que o anterior.

Devido a esta ocorrência foi iniciado o programa de desenvolvimento do sistema de monitoramento e supervisão on-line do desgaste de escovas de carvão do compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu.

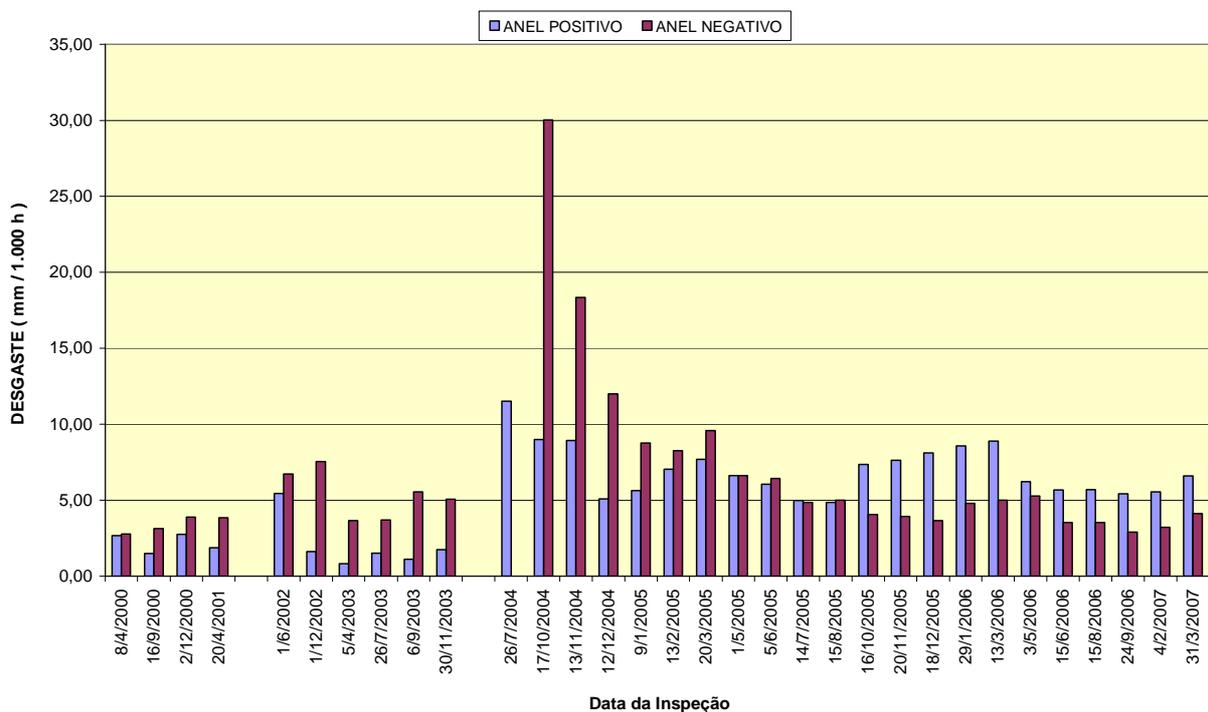


FIGURA 1 – Gráfico de desgaste das escovas do compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu

3.0 - DESENVOLVIMENTO E DESCRIÇÃO DO SISTEMA

No início da pesquisa visando à implantação de um sistema de monitoramento e supervisão do desgaste de escovas de carvão foram consultados fabricantes de equipamentos, de escovas de carvão e outras empresas do setor sobre a existência e disponibilidade de sistemas de monitoramento em uso ou em implantação.

Foram encontrados no mercado e em outras empresas do setor, sistemas disponíveis e em operação que sinalizam até dois pontos de alarme em função do tamanho útil da escova de carvão porém sem a indicação de quantas ou quais escovas de carvão atingiram este limite.

No final de 2004 a CTEEP então passou a pesquisar e desenvolver com pessoal do centro de manutenções especiais, um sistema de monitoramento e supervisão on-line do desgaste das escovas de carvão para implantação no compensador síncrono.

3.1 Unidades de sensores ópticos e de temperatura

Primeiramente foi definido o tipo de sensores que seriam utilizados e realizadas pesquisas e testes de que forma o sistema seria instalado no interior do compartimento do anel coletor do compensador síncrono em função do espaço restrito disponível, aproveitando as paradas programadas periódicas para manutenção.

Foram projetados e desenvolvidos dispositivos com sensores ópticos de deslocamento constituídos basicamente de um disco transparente com diâmetro e escala calculada, utilizando-se a “lógica grey” em função do tamanho útil da escova de carvão utilizada no compensador síncrono. De um lado deste disco encontram-se instalados conjuntos de leds do tamanho do raio total do disco que emitem luz que passam através de uma placa com furos de diâmetro e espaçamento confeccionados de acordo com a largura dos raios da escala impressa no disco. No outro lado do disco encontra-se instalado um conjunto sensores de captação desta luz emitida. Conforme posição do disco e a escala gravada neste, os sensores de captação recebem as informações necessárias.”ver Figura 2”.

Estas informações são enviadas para um circuito decodificador e amplificador sendo preparadas para serem enviadas a uma unidade de processamento. O disco e os outros componentes descritos acima foram instalados sobre uma placa com uma caixa protetora. Um eixo interliga o disco ao outro lado desta placa onde se encontra instalado uma roldana de tamanho calculado. Nesta roldana é preso um cordão onde a outra ponta do mesmo é presa na escova de carvão.

Estas caixa de sensores estão instaladas sobre cada porta escova. Conforme a escova se desgasta, a pressão da mola instalada sobre a escova empurra a mesma ocasionando o deslocamento da roldana e a variação angular do disco alterando as informações recebidas pelos sensores ópticos.

Também foi instalado em cada escova de carvão um sensor tipo PT100. A informação de cada PT100 é também enviada para as unidades de processamento.

3.2 Unidades de processamento

Foram projetadas e confeccionadas caixas com unidades de processamento. Cada unidade de processamento recebe as informações de deslocamento e da temperatura de quatro escovas de carvão. O numero de unidades de processamento instaladas é função do numero de escovas de carvão em operação.

No caso do compensador síncrono que tem em operação vinte e quatro escovas, o numero de unidades de processamento instaladas é seis. As unidades de processamento são interligadas entre si, sendo que cada entrada de sinais na unidade de processamento recebe um endereçamento lógico.”ver Figura 3”.

Todas as unidades de processamento estão instaladas dentro do compartimento do anel coletor em sua parte superior. Antes da instalação do primeiro protótipo no compensador síncrono, foram realizados testes em laboratório e oficina para verificações do funcionamento das mesmas em um ambiente pressurizado.

Cada unidade de processamento também possui um display com uma IHM para possibilitar a regulação das informações dos sensores de deslocamento quando da substituição das escovas de carvão e manutenção do sistema.

As informações são enviadas para fora através de um cabo com dois fios via comunicação RS485, conectados a uma placa de interface entre o interior e o exterior do compartimento do anel coletor. Esta placa também é utilizada para enviar a alimentação de 125 Vcc para as unidades de processamento e sensores.

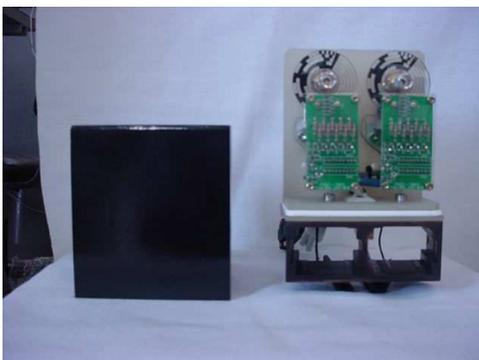


FIGURA 2 – Sensores ópticos de deslocamento



FIGURA 3 – Unidades de processamento de sinais

3.3 Software de aquisição e supervisão

O sinal das unidades de processamento via comunicação RS485 são enviadas a um conversor RS485 / RS232 que se encontra conectado a um micro computador que contem um software de aquisição e supervisão dos dados recebidos, que foi desenvolvido por pessoal da CTEEP em conjunto com as outras partes do sistema.

O protocolo utilizado na varredura das CPUs e comunicação do sistema é o MOD BUS RTU. O software de aquisição e supervisão dos dados foi elaborado em assembler – ASM51 e VB6.

O software disponibiliza no micro computador instalado na sala de comando local do compensador síncrono, as informações em forma de barras gráficas, da situação do desgaste de cada escova de carvão em porcentagem (função do tamanho útil da escova) e da temperatura de trabalho de cada escova de modo on-line. A escala do disco óptico foi projetada de maneira que quanto maior o desgaste (final do tamanho), maior é a precisão das informações.”ver Figura 4”.

Também disponibiliza tela de níveis de alarmes configuráveis para limites de desgaste e temperatura de trabalho em três níveis, habilitação da supervisão de cada escova, tempo de gravação dos dados em arquivo de histórico.”ver Figura 5”.

Uma tela específica informa as condições do sistema de comunicação com as unidades de processamento instaladas no compartimento pressurizado.

As informações da corrente que circula pelo rele de proteção terra-rotor (64E) também são informadas em tela específica para supervisão da diminuição da resistência de isolamento em função do acúmulo de pó do desgaste das escovas.

Outra função disponibilizada pelo software é em tela gráfica na linha do tempo de forma on-line do desgaste e da temperatura das escovas bem como projeção de duração da vida útil das escovas em função do histórico.

O sistema também conta com níveis de permissão de acesso as funções através de perfis com senhas bem como condições de informar o sistema da data da troca das escovas, gerando um novo arquivo de gravação de histórico dos parâmetros gravados.

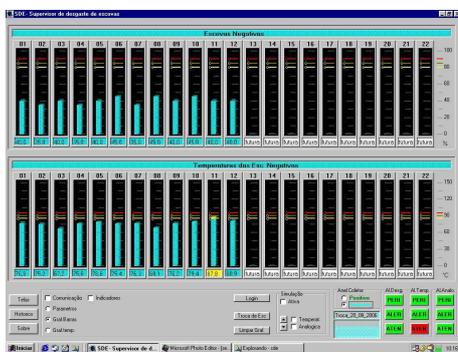


FIGURA 4 – Tela de barras gráficas

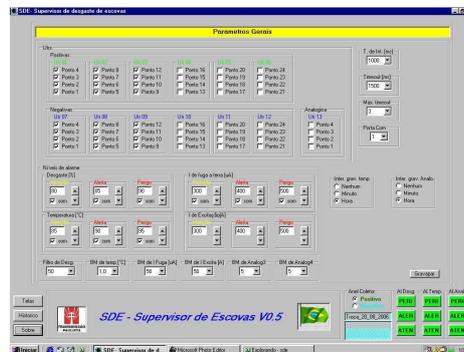


FIGURA 5 – Tela de configurações

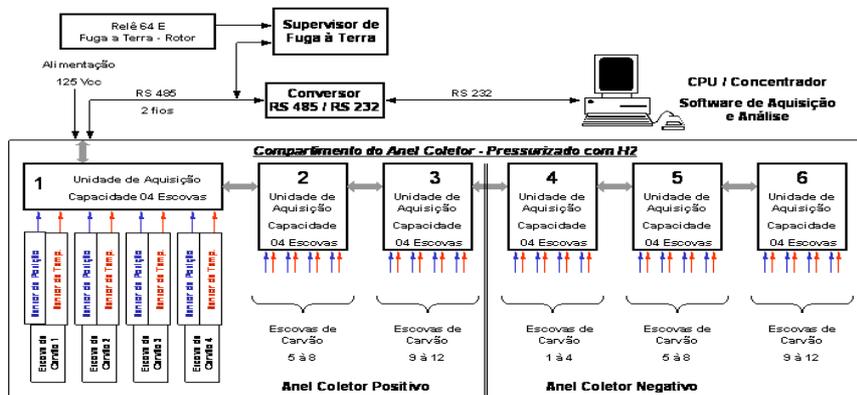


FIGURA 6 – Diagrama geral de funcionamento do sistema “SDE”

4.0 - CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento e supervisão do desgaste de escovas de carvão desenvolvido pela CTEEP e denominado "SDE" (Sistema de Desgaste de Escovas) encontra-se instalado e em operação no compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu desde junho de 2005.

Alguns problemas na performance de desempenho dos sensores têm sido constatados como:
Entrada de pó de carvão no interior da caixa do sensor o que acarreta informações erradas pelo disco óptico.
Quebra do cordão de interligação entre a escova e o sensor óptico.

Porem estas não conformidades do sistema é facilmente detectadas verificando-se o histórico dos dados gravados em função da alteração elevadas das variações.

Alterações e novas pesquisas referentes ao sistema, bem como soluções para os problemas apresentados e implantação do mesmo no compensador síncrono da subestação de Santo Ângelo estão paralisados na empresa devida alterações de estrutura interna. Estão em fase de contatos com fabricantes de sensores e sistemas continuação do processo de pesquisa e desenvolvimento visando melhorias e modernização no sistema atualmente instalado.

O sistema em operação instalado no compensador síncrono da subestação de Embu Guaçu tem trazidos ganhos principalmente no tocante a migração da manutenção preventiva para a manutenção preditiva das escovas de carvão dos anéis coletores em função da confiabilidade que o sistema instalado tem apresentado e conseqüente incremento na disponibilidade e confiabilidade na operação do compensador síncrono.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Mitsubishi Electric Corporation – Manual Técnico do Compensador Síncrono das Subestações de Santo Ângelo e Embu Guaçu - 1980

(2) ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

(3) CESP - Apostila Técnica de Características e Normas Técnicas de Escovas de Carvão para Máquinas Rotativas - 1983

(4) Fundação Educacional de Bauru - Faculdade de Engenharia Elétrica – Apostila de Lógica Digital - 1982

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Jary Canarim Ribeiro Junior

Nascido em Bauru, SP em 15 de março de 1961.

Formado em Engenharia Elétrica na Fundação Educacional de Bauru em 1983

Atua na Área de Manutenção da CESP/CTEEP desde 1986

Engenheiro Coordenador de Manutenção da Região de Mogi das Cruzes – Divisão Regional de Taubaté

CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista