

GRUPO VIII

GRUPO DE ESTUDOS DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICO (GSE)

O TELEDIAGNÓSTICO COMO FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Jean Altwegg *

Jean-Pierre Dupraz

Joseph Martin

Christophe Baudart

ALSTOM T&D

1. RESUMO

Os sistemas modernos de monitoramento de estado dos equipamentos e de diagnóstico já são ferramentas poderosas de apoio à manutenção.

O telediagnóstico permite otimizar as ações de manutenção, especialmente no que diz respeito aos dois tópicos abaixo:

- Otimização das ações corretivas que devem ser implementadas após uma falha.
- Implementação de técnicas de manutenção baseadas em previsões.

Neste trabalho, os conceitos acima descritos, são ilustrados com a apresentação dos resultados obtidos em exemplos reais, em dois sistemas atualmente em operação: um sistema de monitoramento do gás SF₆ e um sistema de monitoramento da erosão elétrica dos contatos.

2. PALAVRAS-CHAVE

Manutenção preventiva - segurança de funcionamento - monitoramento do estado - diagnóstico - controle-comando.

3. INTRODUÇÃO

A confiabilidade dos aparelhos de manobras está melhorando cada vez mais. Este fato tem várias origens, entre as quais, um melhor conhecimento do

fenômeno da interrupção do arco, uma melhora na concepção com uma redução do número de peças e um aumento da qualidade na fabricação. Porém, esta confiabilidade não atende ainda os critérios de segurança de funcionamento requisitados pelos usuários. Com o elevado número de equipamento instalados a ocorrência de falhas é inevitável. Frequentemente, elas podem ser detectadas em tempo e reparadas antes da ocorrência de um defeito maior.

As técnicas e os meios, hoje disponíveis (Interface Homem-Máquina, sistemas de monitoramento do estado e de telecomunicações), permitem de oferecer ao cliente soluções adaptadas aos problemas de supervisão dos equipamento afim aumentar a disponibilidade deles e reduzir a sua manutenção.

4. TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

4.1 Os diferentes tipos de manutenções.

4.1.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva pode solucionar falhas previsíveis ou ser utilizada para equipamentos simples, submetidos à desgastes regulares e que podem ser substituídos, reconicionados ou pelo menos inspecionados à intervalos definidos.

4.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva ocorre depois da falha. Ela aplica-se á aparelhos cuja falha é rara ou de poucas conseqüências.

4.1.3 Manutenção preditiva

A utilização de sistemas de monitoramento contínuo do equipamento é justificada na presença de falhas, em geral aleatórias de equipamentos complexos, com número elevado de componentes. Estas falhas, podem ter conseqüências econômicas ou humanas graves. A manutenção preditiva é baseada numa análise dos dados fornecidos pelo monitoramento contínuo do estado para definir se uma manutenção é necessária ou não.

4.2 As ferramentas de apoio à manutenção

4.2.1 Monitoramento contínuo do estado

Todo equipamento é concebido e especificado para operar em condições bem definidas, com variações aceitáveis de seu parâmetros (exemplo: a temperatura ambiente). O monitoramento do estado mede os parâmetros que influem na operação do equipamento e compara os valores medidos com os limites especificados, e sinaliza os desvios. Ele pode também efetuar uma análise do histórico, definindo tendências e informar com antecedência quando um dos parâmetros vai ultrapassar os seus limites. Qualquer desvio imediato ou previsível é sinalizado por um alarme apropriado. Esta é a definição do monitoramento incluída no relatório técnico do grupo de trabalho CEI SC17A/GT20.

A avaliação dos parâmetros de funcionamento pode ser realizada por medição direta ou pela aplicação de algoritmos à medições de outros parâmetros. O monitoramento do estado é qualificado de "contínuo", quando o tempo entre duas medições é pequeno comparado com as constantes de tempo do processo monitorado.

O monitoramento contínuo do estado somente tem utilidade quando os alarmes podem ser transmitidos e analisados em tempo para que uma manutenção predictiva possa intervir antes do sistema falhar. Sistema assim auto-testados atingem um nível muito alto de disponibilidade.

Os valores dos parâmetros e as tendências de suas evoluções podem ser verificados a qualquer momento no monitor do Interface Homem-Máquina. (I.H.M.). Um programa apropriado define imediatamente o tipo de intervenção para cada desvio.

4.2.2 Otimização da manutenção pela fiabilidade.

A Otimização da Manutenção pela Fiabilidade (O.M.F.), é uma filosofia da manutenção oriunda do setor da aeronáutico. Ela evita manutenções inúteis e geradoras de falhas, assegura ao equipamento a fiabilidade requisitada por um custo otimizado. A O.M.F. é implementada durante a concepção de sistemas com parâmetros bem definidos. As funções destes sistemas são inventariadas assim como as suas falhas. Em seguida as conseqüências das falhas são analisadas para definir as ações de manutenção economicamente justificáveis.

4.3 Aplicação da O.M.F. ao aparelhos de A.T.

Os aparelhos de alta tensão, instalados em subestações estratégicas, atendem as condições descritas no parágrafo 4.1.3. Neste caso os fabricantes de equipamentos devem fornecer as informações e ferramentas necessárias. Para os disjuntores podem ser resumidas como segue:

Manutenção preventiva: Aplicável à peças submetidas a desgaste. Exemplo: recomendação de substituir, após 5.000 manobras, um contato cujo desgaste limite foi alcançado em ensaios após 7.000 operações.

Manutenção corretiva: Aplicável a componentes que não são sujeitos a desgaste e cujas falhas são muito raras. É o caso dos discos de alívio de sobrepessão, das hastes de manobra, e das molas de ligamento e desligamento. Em ambiente não poluído os isoladores de porcelana estarão sujeitos somente à manutenção corretiva.

Manutenção predictiva: Aplicável aos componentes que podem ser objeto de um monitoramento contínuo do seu estado. Um estudo técnico e econômico limitará o monitoramento aos parâmetros justificáveis, a densidade do gás SF₆ por exemplo. A previsão de que a densidade do gás passará por um nível de alarme dentro de um prazo conhecido permite a intervenção da manutenção antes de que uma falha ocorra.

5. COMUNICAR: UMA NECESSIDADE

Em subestações, as comunicações numéricas foram introduzidas para assegurar o telecomando das instalações. Rapidamente, despertou o interesse de usar estes computadores para outras finalidades também, como dispositivos de auto diagnóstico. Os relês de proteção foram ligados a rede de

comunicação permitindo o seu ajuste e monitoramento.

A O.M.F. necessita de um conhecimento em tempo real do estado de saúde do aparelho monitorado, por tanto um elo de comunicação é imprescindível para esta função. O sistema de monitoramento do estado de uma subestação pode utilizar Interfaces Homem-Máquina (I.H.M.) e canais de comunicações distintos do controle e comando. Mas como os sistemas de controle e comando são em geral providos de canais de comunicações amplos, fica mais econômico utilizar os mesmos para transmissão das informações do monitoramento do estado, e as I.H.M. permanecem distintas.

6. TRATAMENTO DOS DADOS

6.1 Tendência

Como já mencionado um sistema de monitoramento somente é útil se os dados são transmitidos e tratados em tempo para que uma manutenção predictiva possa intervir antes do sistema falhar. Com a evolução rápida dos materiais e a evolução tecnológica, fica difícil para os usuários manter equipes de manutenção treinadas para intervir na grande variedade de falhas possíveis. Além disso, os operadores de manutenção que se aposentam, muito familiarizados com componentes eletromecânicos são substituídos por uma nova geração com uma cultura mais voltada para micro-informática. Precisa-se, então fornecer ao usuário ferramentas adaptadas a uma nova situação integrando as exigências de tempo de reação e de segurança de operação.

6.2 Interface Homem-Máquina

A I.H.M. dedicada a O.M.F. é um programa especializado. Para o operador ele deve ser um "guia do usuário" do seu equipamento e não é suficiente acessar os dados brutos do sistema monitorado. A I.H.M. deve também orientar as ações cabíveis em função de cada situação. Um acesso remoto do serviço de assistência técnica do fabricante à I.H.M. é desejável e pode aumentar a eficiência da intervenção das suas equipe, graças a um melhor conhecimento da situação.

A I.H.M. poderá ser comum para vários aparelhos (disjuntores, transformadores, TC's, TP's, etc....). O ambiente Windows permite a interação de vários aplicativos. Programas de mercado, desenvolvidos para o controle industrial e dispendo de bibliotecas dos principais protocolos de comunicação podem ser

utilizados. Estes sistema apresentam um grau de abertura importante. O usuário pode instalar várias I.H.M. no mesmo computador, e a comunicação pode ser assegurada por modem e linha telefônica. Módulos adicionais, para fins estatísticos, podem ser acrescentados pelos usuários.

6.3 Procedimentos.

No disparo de um alarme o usuário é confrontado com a pergunta: o que fazer? Para a O.M.F., as falhas possíveis foram analisadas durante a concepção e as ações corretivas definidas. Assim pode-se dar ao usuário as instruções relativas aos procedimentos que devem ser seguidos:

- Intervenções imediatas
- Planejamento de ações futuras.

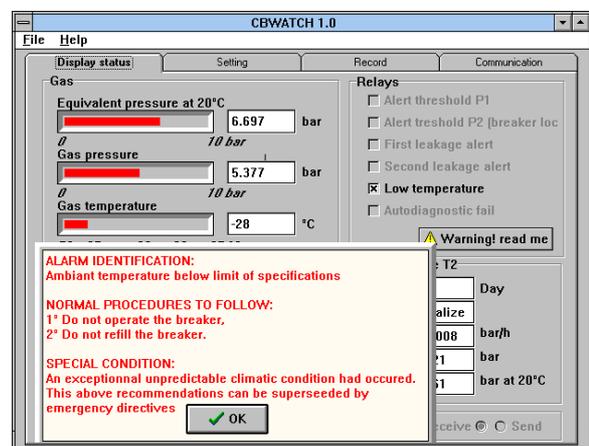


FIGURA 1 -MONITOR DA I.H.M. NO CASO DE TEMPERATURA AMBIENTE FORA DO ESPECIFICADO

Na figura acima trata-se da supervisão do SF6. Se a temperatura ambiente cair abaixo de um certo valor, o gás pode liqüefazer-se, a densidade não pode mais ser medida e qualquer operação de reabastecimento fica muito perigosa. Numa janela do monitor da I.H.M. aparece:

- Tipo de alarme: Temperatura ambiente fora de especificação.
- Ações: Não manobrar o disjuntor, nem acrescentar gás SF6.

7. ENSAIO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO DESGASTE ELÉTRICO

7.1 Descrição do ensaio

Para obter o desgaste máximo, um disjuntor FXT72 foi submetido a ensaios de interrupção (ver Figura 2).

Os objetivos do ensaio foram:

- Verificar o desgaste das peças de interrupção no final dos ensaios,
- Verificar as informações fornecidas por uma ferramenta mecânica de avaliação do desgaste elétrico,
- Verificar as informações fornecidas por uma ferramenta eletrônica de avaliação do desgaste elétrico.

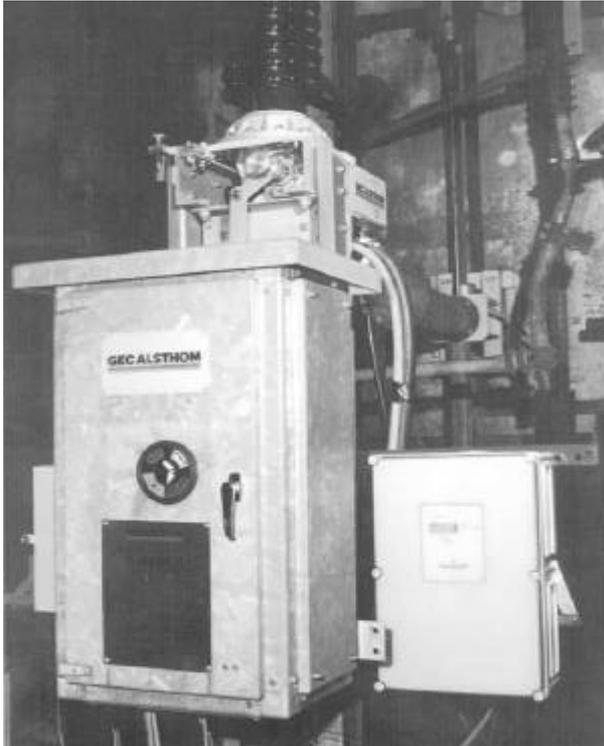


FIGURA 2 - ENSAIO DE DESGASTE ELÉTRICO

O desgaste máximo foi alcançado após 2 séries de 60 curto-circuitos, com as tensões de restabelecimento transitórias (TRT) para o setor da tração elétrica. O controle do desgaste elétrico foi verificado após cada série de 30 ensaios e o aparelho foi desmontado após cada 60 ensaios. Os 120 ensaios foram espaçados de um milissegundo para cobrir todos os tempos de arco possíveis.

7.2 A ferramenta mecânica de controle do desgaste elétrico

A ferramenta mecânica de controle do desgaste elétrico é composta de uma alavanca ligada ao eixo de manobra do polo do disjuntor (figura 3). Numa operação de ligamento lento mede-se a posição da alavanca no momento do fechamento dos contatos

principais, Obtendo assim uma medição do desgaste elétrico.

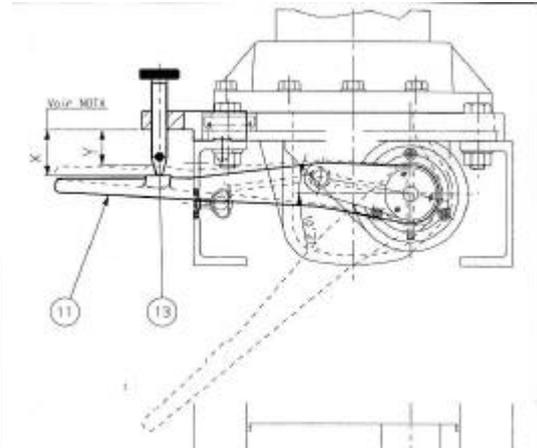


FIGURA 3 - FERRAMENTA MECÂNICA DE CONTROLE DO DESGASTE ELÉTRICO

7.3 O sistema eletrônico de monitoramento do desgaste elétrico

Soma-se os quadrados das correntes interrompidas entre a separação dos contatos (t_s) e a extinção definitiva da corrente (t_a), afim de avaliar o desgaste devido a corrente elétrica:

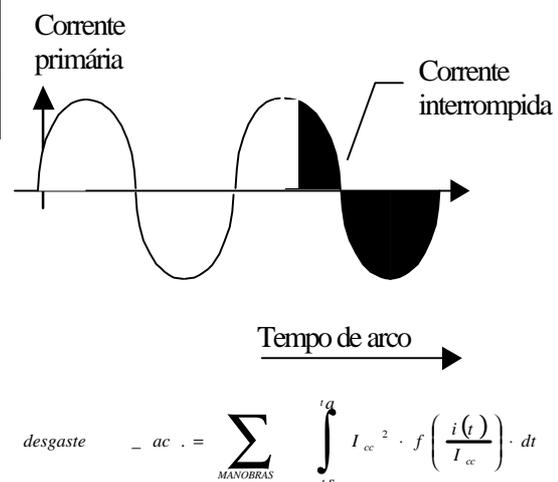


FIGURE 4 - DESGASTE ELÉTRICO ACUMULADO

A taxa do desgaste é definida para cada uma das fases como a relação entre o desgaste acumulado e o desgaste máximo especificado para o disjuntor.

7.4 Resultados

A Tabela 1 compara os resultados obtidos pelos diferentes métodos de medição. Estes resultados demonstram que o desgaste elétrico acumulado segue de forma linear as interrupções. Os tempos de arco aumentaram um pouco no final dos ensaios. .

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DOS DESGASTES MEDIDOS

Num. Operações	0	30	60	90	120
Desgaste teórico	0%	25%	50%	75%	100%
Medições com o sistema eletrônico	0	22%	39%	63%	87%
Medições com a ferramenta mecânica de controle	0%	22%	44%	66%	94%
Desgastes reais medidos após desmontagem	0		43%		90%

A Figura 5 indica o desgaste elétrico acumulado em função do número de operações medido pelo sistema eletrônico. Constatamos um leve aumento do desgaste acumulado correspondendo a um leve aumento do tempo de arco.

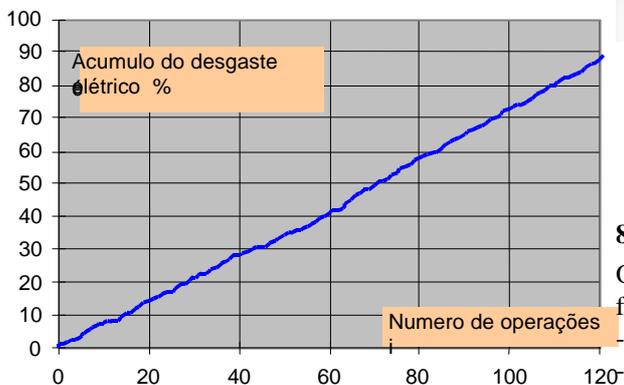


FIGURE 5 - ACÚMULO DOS AMPÈRES AO QUADRADO INTERROMPIDOS

8. ENSAIOS DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DA DENSIDADE SF6

8.1 Condições de ensaio

A Figura 6 mostra o densímetro eletrônico instalado num disjuntor de 400 kV. Os valores medidos são gravados num micro computador equipado da I.H.M. instalado na casa de comando.



FIGURE 6 - DENSÍMETRO ELETRÔNICO. (PUBLICADO COM A AUTORIZAÇÃO DA NATIONAL GRID COMPANY, UK)

8.2 Descrição do sistema de monitoramento SF6

O sistema de monitoramento da densidade do SF6 é formado de 2 partes (Ver figura 7):

o sensor medindo a pressão e a temperatura a caixa do interface que analisa os valores medidos, calcula a pressão equivalente e as tendências, ativa os alarmes, indica as pressões num visor LCD e transmite as informações para casa de comando através de uma porta serial.

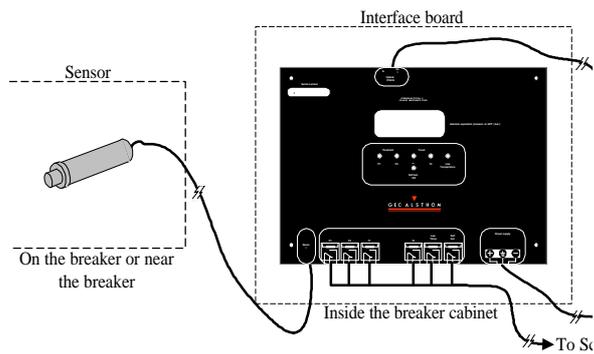


FIGURE 7 - DENSÍMETRO ELETRÔNICO.
ESQUEMA DE PRINCÍPIO

8.3 Resultados

8.3.1 Cálculo da densidade

A figura 8 mostra o registro durante 10 dias das medidas seguintes:

- Temperatura
- Pressão do gás SF6
- Pressão equivalente a 20°C do gás SF6

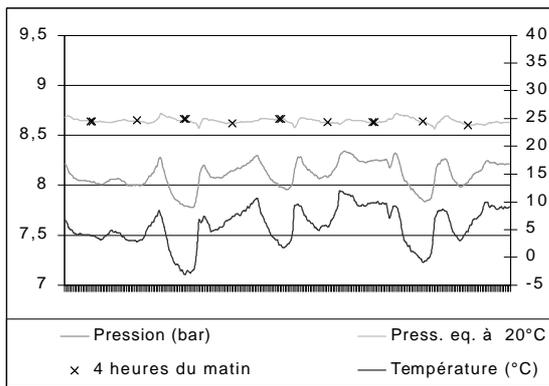


FIGURE 8 - DENSIDADE SF6; COMPENSADA
EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

A medição mostra uma boa compensação da temperatura. Nota-se um erro transitório todos os dias pela manhã quando a temperatura aumenta. Este erro é provocado pela elevada constante de tempo do disjuntor: a temperatura medida antecipa a temperatura real do gás. Para limitar este efeito o sensor pode ser abrigado. A cruzinhas indicam a pressão equivalente à 20°C as 4 horas da manhã quando a temperatura é estabilizada.

8.3.2 Cálculo de tendência

A Figura 9 mostra a evolução da densidade do SF6 durante 3 meses. A densidade é registrada

diariamente as 4 da manhã para evitar as interferências de aumentos rápidos da temperatura. O conjunto destes pontos permitem realizar uma regressão linear para determinar a taxa de vazamento SF6 e portanto antecipar a aparição de um alarme. A figura 9 demonstra claramente que a taxa de vazamento é calculada com uma excelente precisão.

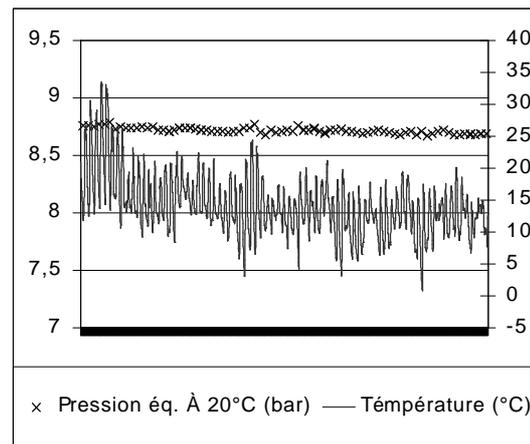


FIGURE 9 - DENSIDADE SF6; CÁLCULO DE
TENDÊNCIA

9. CONCLUSÃO

As técnicas numéricas permitem, com um custo reduzido de instalação, reduzir muito os custos de manutenção, permitindo de aplicar a técnica da Otimização da Manutenção pela Fiabilidade. A eletrônica permite de monitorar muitos parâmetros de forma contínua, permitindo ao usuário de dispor permanentemente de um "Boletim de Saúde" dos seus equipamentos. Com a interface Homem-Máquina, o operador pode verificar, a qualquer momento, o estado dos principais parâmetros e as suas tendências. A cada desvio corresponde uma janela num monitor com as instruções correspondentes as ações corretivas.

10. REFERÊNCIAS

- [1] J. ALTWEGG, C. BAUDART, J. P. DUPRAZ. Aplicação de sistemas eletrônicos de monitoramento do estado e do comando de disjuntores de alta tensão. SNPTEE XIV, 1997
- [2] E. THURIES, H. LEFORT, G. EBERSOHL, J. P. DUPRAZ, C. BAUDART, O. CHETAY, T. JUNG, J. P. MONCORGE. Digital control and condition monitoring. Integration and application, CIGRE 1998.