



São Paulo, 10/15 de Abril de 1972

GRUPO DE ESTUDOS DE TRANSMISSÃO

EMPREGO DO PROCESSO DE TERMOVISÃO PARA DETECÇÕES DE
FALHAS DE CONECTORES EM EQUIPAMENTOS E LINHAS DE TRANSMISSÃO

Engº Lázaro Garcia Simões

Centrais Elétricas de São Paulo - CESP

1. OBJETIVO

O presente trabalho tem por finalidade a apresentação dos problemas existentes em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, no que se refere às conexões elétricas entre os diversos componentes, bem como a solução adotada pela CESP na detecção e prevenção de falhas nas referidas conexões, utilizando-se o aparelho TERMOVISÃO.

2. PROBLEMAS EXISTENTES

É de vital importância numa Empresa de Energia Elétrica que o fornecimento seja ininterrupto.

Esta continuidade de fornecimento está ligada, diretamente, pela performance de seus componentes, e entre eles, os conectores, que por sua própria constituição apresentam dificuldades em sua supervisão e controle nas condições normais de serviço.

Sabemos que em uma conexão elétrica, a falha não é imediata, devido ao processo lento de deterioração ocasionado pela sobreaquecimento e agentes atmosféricos. Nesta situação, a conexão defeituosa é progressivamente deteriorada, causando enfim uma falha na continuidade operacional.

Por outro lado, uma boa conexão deve apresentar uma resistência ôhmica inferior àquela apresentada por um comprimento equivalente de condutor, tendo conseqüentemente uma temperatura menor que as adjacências.

3. SOLUÇÃO

Vimos que uma conexão elétrica defeituosa, virá apresentar uma elevação de temperatura em relação aos pontos adjacentes.

O equipamento denominado Termovisão, ao detectar esta diferença de temperatura, permite orientar a manutenção preventiva, localizando / um defeito incipiente nas conexões.

Da mesma maneira podem ser localizados defeitos em transmissão de equipamento de alta tensão, cabos, muflas, barramentos, etc.

O mesmo processo pode ainda ser aplicado no controle de qualidade de componentes e conexões no caso de instalações novas logo após sua energização.

4. PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO E DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O equipamento Termovisão é um sistema infra-vermelho com uma câmara que converte o calor emitido de um objeto em um sinal eletrônico, produzindo uma imagem instantânea, tipo TV, em um vídeo.

O equipamento, constituído de duas unidades básicas - câmara e osciloscópio - pode ser convenientemente adaptado a fim de fornecer um sistema móvel, possibilitando a sua aplicação nas inspeções em subestações e linhas de transmissão.

O equipamento é construído de forma robusta, o que permite seu uso em trabalhos internos e externos, numa faixa de temperatura ambiente de -119°C a $+509^{\circ}\text{C}$. O sistema ótico da câmara infra-vermelha é selado, tendo suas partes internas protegidas contra poeira e umidade.

No processo normal de operação, o termograma apresentado no vídeo é uma figura com uma graduação contínua de tons cinzas. Uma área quente aparece mais clara que uma área fria.

O sinal de vídeo para o tubo de imagem não dá nenhuma informação relativa à temperatura média da imagem. Por conseguinte, o aparelho fornece somente as diferenças de temperatura dentro da imagem e as indica pelas variações de intensidade na tela.

Para a avaliação da temperatura no termograma, utiliza-se a função isotérmica que é ajustada por um dial no aparelho. Desta maneira, se a temperatura de um ponto da imagem é conhecida, a temperatura de qualquer outro ponto pode ser determinada com razoável precisão por intermédio de uma função isotérmica.

Para registros fotográficos dos termogramas, a maioria das câmaras de osciloscópios padrão pode ser usada. Normalmente, uma câmara de osciloscópio que permita visão axial e gravação é recomendada.

As câmaras POLAROID de 35 mm, com ou sem avanço automático de disparos, podem ser usadas.

5. UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO TERMOVISÃO PELA CESP

5.1. - Tipo de equipamento utilizado

Atualmente a CESP utiliza um equipamento de termovisão da Marca AGA-THERMOVISION modelo 661, com as seguintes características :

- discriminação térmica

Duas áreas de corpo negro, à temperatura ambiente, podem ser separadas se sua diferença de temperatura é maior que 0,29 C.

- contraste térmico da imagem

mínimo : 19 C negro

máximo : 2009 C branco

- nível de temperatura do objeto

-309 C a +2009 C

- tipo de detetor

indio-antimônio resfriado por nitrogênio líquido. O reservatório do detetor contém 100 cm³, suficiente para 4 horas.

- alimentação

115 ou 230 V \pm 10 %, 60 Hz, 200 W

- dimensões e pesos

unidade de câmara : 210 x 300 x 465 mm (L x A x P)
peso aproximado 17 kg.

unidade de vídeo : 248 x 350 x 525 mm (L x A x P)
peso aproximado 20 kg.

5.2. - Processo utilizado

5.2.1. - Inspeção em subestações

Para inspeção em subestações o sistema termovisão foi adaptado em uma viatura tipo furgão (Kombi) com uma escotilha no teto para câmara e operador.

A alimentação elétrica desse equipamento está sendo efetuada de duas maneiras :

- a) utilizando-se um conversor de 24V corrente contínua para 220 V corrente alternada.
- b) alimentação direta da rede 220 ou 115 V corrente alternada, 60 Hz, sendo a tensão controlada por um varivolt.

Para a realização da inspeção o veículo permanece estacionado, para permitir a focalização correta dos objetos e medição das temperaturas. A subestação é inspecionada com o veículo acompanhando o seu contorno, externamente ao pátio, ou no interior da mesma, com o cuidado de evitar aproximações perigosas dos equipamentos energizados.

Onde o terreno é relativamente plano e sem grandes irregularidades, a inspeção pode ser realizada com o veículo em movimento, devido ao sistema de amortecimento hidráulico adaptado ao equipamento.

5.2.2. - Inspeção em linhas de transmissão

Devido ao sucesso alcançado com a aplicação do sistema termovisão em subestações, a CESP está em fase de aquisição de uma outra unidade, - a fim de ser instalada em um helicóptero, permitindo assim a inspeção de linhas de transmissão. Para tal, existem duas soluções para a instalação :

- equipamento termovisão permanentemente adaptado num helicóptero, para utilização somente em inspeções com termovisão.
- equipamento termovisão removível, possibilitando o emprêgo do helicóptero para outras finalidades.

5.3. - Equipes de inspeção

5.3.1. - Inspeção em subestações

A equipe de operação do equipamento para inspeção em subestações, normalmente é composta de dois elementos, sendo um responsável pela operação da câmara e o outro, observando e ajustando a unidade de vi

deo.

O pessoal requerido para esta finalidade não precisa ser necessariamente técnico especializado, pois após um curto período de treinamento, o sistema é facilmente operado assegurando uma performance considerável. Entretanto, um dos operadores deverá ter conhecimentos suficientes a respeito dos componentes e equipamentos da subestação inspecionada.

5.3.2. - Inspeção em linhas de transmissão

Para a inspeção em linhas, a equipe exigida é formada de três elementos, sendo um deles o piloto. Os outros dois responsáveis pela operação do equipamento estariam sentados no banco atrás do piloto, e, enquanto o operador da câmara manteria continuamente a linha de transmissão no campo de visão, através da janela lateral do helicóptero, o operador da unidade de vídeo observaria a imagem, da mesma forma que o faz em subestações.

5.4. - Programação de inspeção

A CESP utiliza os seguintes critérios para programação da inspeção com termovisão :

- a) nas vésperas de manutenção preventiva em instalações de subestações.
- b) após a manutenção, a fim de se certificar da eliminação das anormalidades.
- c) em instalações novas, após sua entrada em operação.
- d) em equipamentos em operação quando recebidos para experiência ou testes.
- e) em qualquer circunstância que se julgue necessária esta inspeção.
- f) pelo menos uma vez por ano.

Tal procedimento será também adotado para as inspeções em linhas de transmissão.

5.5. - Relatório de inspeção

A elaboração dos relatórios de inspeção com termovisão foi padronizada pela CESP, através de Instrução, a qual estabelece os critérios - para execução da inspeção, e emissão do relatório correspondente.

Os seguintes itens constam do relatório de inspeção :

- a) data e local onde foi realizada a inspeção.
- b) equipamentos ou instalações com as anormalidades encontradas.
- c) impresso para registro da medição de temperatura constando da memória de cálculo da elevação de temperatura do objeto
- d) croquis ou fotografia do equipamento com indicação dos pontos medidos, possibilitando a localização e identificação perfeita de todos os pontos que apresentam sobre-elevação de temperatura.
- e) fotografia da imagem térmica e da isotérmica do ponto mais quente do objeto.

5.6. - Exemplos de utilização prática

Com aproximadamente 8 meses de utilização efetiva do processo de inspeção pelo termovisão, pudemos constatar inúmeros casos de componentes e equipamentos de subestações que se encontravam funcionando com sobre -elevação de temperatura, os quais foram corrigidos antes que provocassem maiores danos.

Entre esses casos, citamos aqueles que achamos mais graves :

- a) Conectores da subestação 440/230 kV
sobre -elevações de temperatura da ordem de 100 a 140°C - em relação à ambiente, ocasionadas por mau contato.
- b) Bucha de 230 kV do transformador de força
sobre -elevação de temperatura de 150° em relação à ambiente, ocasionada por desajuste do terminal de fixação dos cabos.
- c) Bobina de bloqueio de comunicação " Carrier "

sôbre - elevação de temperatura de aproximadamente 53°C nas espiras.

d) Bucha de passagem de cubículo 13,8 kV

sôbre - aquecimento de 45°C, em relação a temperatura ambiente.

e) Grampo de ancoragem do barramento

sôbre - aquecimento de 64°C em relação a temperatura ambiente.

6. RESUMO DAS INSPEÇÕES COM TERMOVISÃO EFETUADAS PELA CESP

A primeira inspeção efetuada pela CESP, com finalidades práticas, - utilizando-se o equipamento TERMOVISÃO foi realizada no dia 10 de maio de 1971.

Apresentamos, abaixo, quadro demonstrativo das inspeções efetuadas:

INSPEÇÃO COM TERMOVISÃO

SUBESTAÇÕES INSPECIONADAS :	47
SUBESTAÇÕES QUE APRESENTARAM ANORMALIDADES :	32
Subestações reinspeccionadas :	28
Total de inspeções :	75

INSPEÇÃO COM TERMOVISÃO

COMPONENTES INSPECIONADOS COM ANORMALIDADE	QUANTI- DADE	ACRÉSCIMO DE TEMPERATURA (Δt Real) em relação à - temperatura ambiente	
		MÍNIMO (°C)	MÁXIMO (°C)
Conexões (conector, grampo)	171	2,2	Acima de 200
Terminais de equipamentos	46	9,9	112
Cabos	25	1,0	56
Contatos de seccionadoras	15	3,3	69
Buchas	12	5,5	150
Barras	13	1,1	47,3
Bobina de carrier	6	7,0	95,2
Muflas	3	9,9	31,9
Isolador	1	21	21

Além dos componentes mencionados acima, foi também inspecionada a USINA DE EUCUNHA, encontrando-se as seguintes anormalidades no gerador :

1 anel = ΔT = 82°C

13 escovas = ΔT = 35°C

7. CONCLUSÃO

O processo de inspeção utilizando o equipamento Termovisão, simplificou grandemente a manutenção preventiva das instalações do sistema.

A implantação do referido processo, além de permitir a inspeção das instalações, nas condições normais de operação do sistema, isto é, com o sistema energizado, possibilitou a localização de inúmeros componentes, que se encontravam em condições precárias de funcionamento, com sôbre aquecimento; tais componentes não seriam identificados, por qualquer outro processo, até então utilizado, antes que provocassem uma falha total.

O investimento inicial para a implantação do processo de inspeção, pelo sistema Termovisão, é, portanto, amortizado com pouco tempo de uso.

Podemos finalmente concluir que a CESP está equipada, atualmente com uma ferramenta altamente valiosa e eficaz na manutenção preventiva.

São Paulo, fevereiro de 1972