

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

USO DA TERMOGRAFIA EM MANUTENÇÃO PREDITIVA DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO¹

Jorge Luís Da Silva Castro², Alessandro Finkler³, Tafarel Franco Milke⁴.

¹ Relato de pesquisa e experiência realizado no curso de Engenharia Elétrica da Unijui

² Aluno do Curso de Engenharia Elétrica Unijui, jorgeluis_jlsc@hotmail.com.

³ Aluno do Curso de Engenharia Elétrica Unijui, finkler.alessandro@gmail.com.

⁴ Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias Unijui, tafarel.milke@unijui.edu.br.

RESUMO

A termografia permite a medir a temperatura de componentes e equipamentos elétricos sem o contato físico a esses. Os equipamentos utilizados tem a capacidade de apresentar uma representação visual dessas temperaturas dos elementos analisados, visando mostrar pontos quentes, ou seja, pontos onde a temperatura está acima da ideal.

A análise de energia térmica é a radiação infravermelha emitida naturalmente por equipamentos que estão em trabalho. Quanto mais elevada for a temperatura de um objeto, maior será a radiação infravermelha emitida por ele, e assim podemos identificar potenciais indicadores de falha de um determinado equipamento do sistema.

Palavras-chaves: Energia elétrica; termografia; temperatura.

INTRODUÇÃO

A distribuição de energia esta se tornando um serviço cada vez mais complexo, devido as mais diversas situações, como a complexidade de construção de redes para atender os mais variados tipos de consumidores, perdas devido a falhas do sistema e por utilização de materiais obsoletos ou em má condição de uso. Então para se diminuir o percentual de perdas e de paradas do sistema devido a falhas pontuais, se vem buscando métodos de análises que venham a antecipar e identificar esses possíveis defeitos, ai que entra a utilização da metodologia abordada a seguir para buscar amenizar e mitigar esses defeitos.

A utilização de tal tecnologia associada a cronogramas de inspeção e manutenção adequada fazem com que a confiabilidade e a robustez do fornecimento de energia sejam aumentadas, diminuindo o tempo de interrupção inesperada e assim trazendo maior satisfação e lucratividade para a empresa distribuidora de energia elétrica.

PROCEDIMENTOS DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA DURANTE A MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva se faz pelo acompanhamento periódico de equipamentos ou máquinas, através de dados coletados por meio de monitoramento ou inspeções. Com essa técnica é possível

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

antecipar a necessidade de serviços de manutenção do equipamento, eliminando a necessidade de paradas desnecessárias, aumentando o tempo de disponibilidade dos equipamentos, aumentando também a vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do sistema.

Quando é realizada a inspeção de um componente elétrico, devem-se levantar as informações preliminares para determinar se o componente ou objeto se encontra em situação normal ou anormal.

Para realizar medidas corretas de temperatura, se deve conhecer a emissividade da superfície e informar ao termovisor. Isso pode ser feito medindo a emissividade da superfície antes de se realizar a medição.

Em sistemas elétricos, principalmente de alta tensão, a medição de emissividade durante a inspeção se torna praticamente impossível. Para reduzir os erros relacionados com a emissividade, a medição de temperatura deve ser feita nas áreas da anomalia onde a emissividade é maior. Áreas com oxidação, corrosão, sujeira ou cavidades apresentam um incremento da emissividade e consequente aumento na exatidão da medida de temperatura realizada pelo termovisor.

Uma visão mais perpendicular da superfície da anomalia, evita os erros de emissividade devido ao ângulo de visão. Outro fator importante é o meio onde é realizada a inspeção termográfica, pois, isso pode alterar consideravelmente os resultados obtidos e, se não ponderado, levar a diagnósticos equivocados.

As influências Atmosféricas aqui consideradas como o conjunto dos elementos climáticos, e a atenuação atmosférica devido à distância envolvida entre o termovisor e o componente sob inspeção podem afetar a distribuição térmica dos componentes e a temperatura da anomalia térmica ou a quantidade de radiação que chega ao termovisor. Isso exige o conhecimento e experiência na hora de avaliar a gravidade do defeito.

Os dados que devem ser considerados na análise da temperatura medida dos componentes são expostos abaixo:

- Temperatura ambiente;
- Radiação solar (carregamento solar e reflexo solar);
- Carga no momento da medição;
- Vento;
- Transmitância atmosférica (umidade relativa do ar, nevoeiro e chuva);

Temperatura ambiente

Análises de inspeções termográficas devem levar em conta a temperatura ambiente. Considerando as outras influências estáveis, um aumento da temperatura ambiente resultará em um aumento da temperatura da anomalia, assim sendo, falhas têm uma maior probabilidade de ocorrerem durante temperaturas ambientes mais altas. Geralmente a temperatura ambiente é maior durante o dia, portanto, análises de inspeções realizadas durante a noite devem levar em consideração que, durante o dia, a temperatura da anomalia pode subir, tanto em função do carregamento solar, como em função do aumento da temperatura ambiente.

Raciocínio semelhante deve ser feito quando inspeções são realizadas no inverno, em função de uma temperatura ambiente mais baixa, a temperatura da anomalia tenderá a subir nas outras estações do ano, principalmente no verão.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Outro fato a ser observado é que a sensibilidade térmica do termovisor piora quando a temperatura ambiente diminui. O sistema de detecção torna-se mais ruidoso e a resolução de temperatura reduz (Holst, 2000).

Carregamento solar

O carregamento solar pode provocar o aumento da temperatura dos componentes elétricos utilizados em subestação e em redes elétricas aéreas, dificultando a distinção pela termografia, de um componente defeituoso de um normal, especialmente quando a diferença de temperatura entre eles é pequena. Além disso, a radiação solar pode elevar a temperatura de um componente defeituoso, cuja temperatura já é crítica, e conduzi-lo mais rapidamente à falha.

Em função das dificuldades apresentadas para a detecção de anomalias térmicas durante o dia, recomenda-se que a inspeção termográfica seja realizada em horários livres do carregamento solar, ou seja, entre o por do sol e as primeiras horas do dia. Entretanto, deve-se levar em consideração, para efeito de análise e diagnóstico das anomalias térmicas, que as temperaturas medidas no período livre do carregamento solar poderão aumentar durante o dia devido à exposição ao Sol. Na necessidade de realização da inspeção termográfica durante dias ensolarados, o efeito do carregamento solar pode ser minimizado realizando a leitura de temperatura na superfície do componente oposta à incidência do Sol. O problema é que esse procedimento nem sempre é possível dependendo da posição do componente sob inspeção.

Reflexo Solar

Metais utilizados nas redes de distribuição de energia, tipicamente, possuem uma emissividade baixa, tanto para a radiação solar quanto para a radiação infravermelha, principalmente quando novos e polidos. A transmitância desses metais é nula, logo a refletância é alta. Portanto, a radiação que chega ao detector do termovisor pode ser, em sua maior parte, de outra fonte de calor próxima ou até mesmo da radiação solar refletida na superfície do componente sob inspeção.

Ao contrário do carregamento solar, que provoca um real aumento da temperatura dos componentes, o reflexo solar não provoca um aquecimento do componente, mas pode induzir o termografista a registrar uma falsa alta temperatura.

Para eliminar a influência do reflexo solar, recomenda-se executar a inspeção em períodos noturnos. Caso a inspeção seja realizada sob o sol e reflexos solares prejudiquem a inspeção, aconselha-se a mudança de ângulo entre o termovisor e o componente sob inspeção a fim de se evitar o problema.

Vento

Em inspeções termográficas realizadas em ambientes abertos, o vento exerce um papel importante no resultado final da inspeção. Ventos com velocidade relativamente baixa podem afetar consideravelmente a temperatura do objeto inspecionado (Snell, 2001).

Sérios defeitos podem ter sua temperatura reduzida e, em uma análise que não leve em consideração o efeito do vento, podem ser classificados como um problema sem maior gravidade. Além disso,

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

defeitos em estágios iniciais, apresentando pequeno aumento de temperatura, podem simplesmente não ser detectados pela inspeção (Madding, 2002).

Devido às diversas variáveis envolvidas, trabalhos como o de Kaplan (1999), que apresentam tabelas de fatores de conversão da temperatura em função da velocidade do vento e com um simples fator multiplicativo de correção, como apresentado na Tabela 1, é de difícil aplicação em situações reais de inspeção em ambientes abertos.

Velocidade do Vento		Fator de Correção
m/s	km/h	
< 1	< 3,6	1,00
2	7,2	1,36
3	10,8	1,64
4	14,4	1,86
5	18,0	2,06
6	21,6	2,23
7	25,2	2,40

Tabela 1: Correção devido a influencia do vento

Transmitância atmosférica

Em ambientes com alta umidade e acima do limite de saturação (ocorrência de chuva), além da redução da transmitância atmosférica, acontece a redução da temperatura do componente e da anomalia térmica. Os motivos dessa redução são a alta condutividade térmica da água, que provoca a dissipação do calor produzido e o resfriamento por evaporação, que reforça o processo de arrefecimento. Tudo isso torna difícil uma inspeção termográfica confiável, pois a temperatura medida se torna incorreta em função da forte atenuação atmosférica e a análise do componente tende a ser equivocada devido à redução de temperatura da anomalia.

Para reduzir a influência da chuva e umidade sobre os resultados da inspeção termográfica, recomenda-se não realizar inspeções termográficas sob chuva, garoa ou nevoeiro e nem imediatamente após a ocorrência de chuva, pois a anomalia pode ainda estar sob os efeitos do arrefecimento provocado pela água.

ANÁLISE APLICANDO A VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Nas redes de distribuição devemos aplicar alguns métodos para validar a gravidade dos problemas encontrados. Aqui aplicaremos o princípio de comparação de temperatura entre dois componentes de mesmas condições de uso e de carga do objeto analisado, por exemplo, dois conectores usados na conexão de duas fases distintas de um mesmo alimentador que esteja equilibrado e sob as mesmas influências externas aplicadas ao componente em questão.

Quando observado alguma anomalia na temperatura se faz uso da fórmula a seguir para o cálculo da variação de temperatura entre os dois. Esta diferença de temperatura logo após é corrigida para se termos uma classificação mais precisa da gravidade do defeito.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Variação de temperatura (T) = Temperatura Analisada – Temperatura de referencia

Onde:

Varição de Temperatura (T): É a diferença encontrada na subtração das duas temperaturas.

Temperatura Analisada: É a temperatura do objeto a ser analisando, quando esta apresentar valores anormais.

Temperatura de Referência: É a temperatura que o componente teria em condição normal de funcionamento (100% de carga e sem vento), ou a temperatura de objeto com as mesmas condições de uso e da carga do objeto analisado.

Obs.: Não deve ser utilizada como temperatura de referência valores que ultrapassem a máxima temperatura admissível apresentada na tabela 2. Se isso ocorrer deve ser levado em consideração os valores apresentados por ela.

Depois é preciso fazer a correção da variação de temperatura em relação à carga e ao vento, quando este for muito forte e passível de causar alterações no resultado.

$T_c = T \times \text{Fator do vento}$

$T_c = \text{Variação de temperatura corrigida}$

Máxima temperatura admissível

Utiliza-se como máxima temperatura admissível (MTA) de componentes de diversos fabricantes, valores indicativos obtidos através de ensaios e experiência em campo, de acordo com a classificação abaixo:

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Fios encapados (depende da classe de isolamento)	70 a 110
Régua de bornes	70
Conectores de MT e AT	70
Cabos isolados até 15KV	70
Conexões mediante parafusos	90
Conexões e barramentos de baixa tensão	90
Conexão de linhas de transmissão aérea	70
Conexão recobertas de prata e de níquel	90
Fusíveis (corpo)	100
Transformadores a óleo (ponto mais quente)	80
Transformadores a óleo (corpo)	65
Transformadores a seco, classe de isolamento 105 °C	65
Transformadores a seco, classe de isolamento 130 °C	90
Transformadores a seco, classe de isolamento 155 °C	115
Transformadores a seco, classe de isolamento 180 °C	140

Tabela 2: Máxima temperatura admissível

Classificação das falhas detectadas

As falhas detectadas são classificadas segundo critérios de prioridade de manutenção, as quais levam em conta:

- Carga do equipamento;
- Importância do equipamento para manutenção do fornecimento;
- Utilização do equipamento para manobras;

RETORNO DE INVESTIMENTO

Os trabalhos desenvolvidos para a manutenção preditiva ainda são pouco usuais dentro das distribuidoras de energia, e acabam por não ter técnicas que possuem uma evolução retráida no cenário nacional e precisa ser mais bem aproveitada para se ter uma evolução na busca da melhoria continua do sistema.

Este trabalho sendo desenvolvido pelo departamento de manutenção de cada concessionara trará reformulação da proposta de continuidade em relação aos antigos conceitos e práticas. Os ajustes ao processo são gradativos, e com o progresso do mesmo exige comprometimento dos envolvidos para se alcançar o sucesso.

Com este processo é possível atingir uma manutenção não apenas eficiente, mas acima de tudo eficaz, ou seja, não basta apenas reparar os equipamentos rapidamente, mas é preciso mantê-los disponíveis para operação, reduzindo a probabilidade de paralisações no fornecimento de nossos

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

serviços, tão necessários a toda população, rentabilizando ainda mais os ativos, rumando a excelência nos procedimentos de manutenção.

Um dos mais importantes parâmetros a serem considerados para a aplicação da Termografia em uma empresa é o Retorno do Investimento possibilitado pela aplicação da mesma. Esse item é de especial interesse para aqueles que pretendam se utilizar dessa técnica.

Para uma frequência de medições trimestral ou semestral, a utilização de serviços de inspeções termográficas apresenta a vantagem de um menor custo inicial e possibilita, em médio prazo, um melhor conhecimento dos resultados da técnica.

No entanto as exigências determinadas pelos programas de qualidade e pelos órgãos regulamentadores das distribuidoras de energia elétrica e pelos cumprimentos de contratos de fornecimento exigem que a monitorização do sistema de distribuição seja realizada em intervalos de tempo menores, ou em situações emergenciais. Normalmente, mesmo se considerando a utilização de termovisores, o retorno de investimento em inspeções termográficas estará totalmente pago em poucos meses de utilização.

A implantação de um Sistema Básico de Inspeções Termográficas certamente produzirá resultados similares com a garantia da pronta detecção de falhas que se reflitam em alterações térmicas de equipamentos produtivos, (Veratti, 2016).

CONCLUSÕES

Por ser uma técnica de manutenção não destrutiva, sem contato com as partes analisadas, pode ser aplicada, em programas de manutenção preventiva e preditiva em todos os ramos industriais e de distribuição de energia.

Utilizando os termovisores infravermelhos, é possível a observação de padrões diferentes da distribuição de calor por um componente.

Em qualquer dos sistemas de manutenção considerados, a termografia se apresenta como uma técnica de inspeção indispensável, uma vez que atende a especificações básicas, tais como:

- Segurança: Permite a realização de medições sem contato físico com as instalações elétricas.
- Não interfere no processo de produção: Proporciona a verificação de equipamentos em pleno funcionamento;
- Alto Rendimento: Inspeção de muitos equipamentos e componentes elétricos em pouco tempo.

REFERENCIAS

ABENDI, Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção;
<http://www.abende.org.br>, visualizado em 03/2016.

Modalidade do trabalho: Relato de experiência

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Holst, G. C.; “Common Sense to Approach to Thermal Imaging”; JCD Publishing and SPIE Optical Engineering Press, 2000.

Kaplan, H.; “Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipment”; 2a Edition SPIE Press Vol. TT34, 1999.

Madding, Robert; Lyon Jr., Bernard; “Wind Effects on Electrical Hot Spots – Some Experimental IR Data”; Infrared Training Center 2002.

Snell, J.; “A Different Way to Determine Repair Priorities Using a Weighted Matrix Methodology”; Snell Infrared, 2001.

VERATTI, A.B. Sistema Básico de Inspeção Termográfica: Um novo patamar na relação custo benefício em Termografia. Icon tecnologia. Disponível em: <<http://www.tecem.com.br/site/downloads/artigos/SBIT3a.pdf>>. Acesso em: 13 junho 2016.