

O emprego da Termografia na inspeção preditiva

Felipe Gomes dos Santos*
Pablo Ganda Rodrigues**
Luan Mota Faria***

Resumo

Todo o equipamento ou bem está sujeito a um processo de deterioração, especialmente se estiver em atividade ou funcionamento, para o qual foi concebido. Para manter ou repor a operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura dessa equipamento ou bem é necessário um conjunto de ações chamada manutenção. Para ajudar nessa manutenção, a inspeção preditiva conta com a Termografia.

Palavras-chave: Termografia. Manutenção Preditiva. Temperaturas. Ensaio.

Introdução

Uma das áreas em que a Termografia na Inspeção Preditiva afeta em tempo real a população é a elétrica. As interrupções no fornecimento de energia elétrica por desligamentos imprevistos, além de causar desgaste na imagem das concessionárias e prejuízos para terceiros, trazem embutidos custos financeiros inaceitáveis, decorrentes da energia deixada de transmitir e dos danos causados em equipamentos elétricos. A decisão quanto a desligar ou não um sistema elétrico é crucial para quem trabalha em manutenção, uma vez que sempre permanece a dúvida quanto a preservar o equipamento ou deixar o consumidor sem energia. Considerando-se que a grande maioria das falhas nos sistemas elétricos é acompanhada ou precedida de sintomas que evidenciam a evolução de fenômenos térmicos, torna-se de grande importância para o setor o desenvolvimento de processos confiáveis de medida de temperatura (DUBLIN ENGENHARIA ELÉTRICA, 2009).

Esta necessidade justifica-se pelo volume de sintomas associados à elevação de temperatura em sistemas elétricos. Por exemplo, a evolução de processos de corrosão ou mau contato produzem calor aumentando a resistência de contato "R" do material. O calor decorre da dissipação de potência no conector "Pn", sendo esta potência uma função da corrente passante "I" como apresentado em (A).

$$P_n = R \times I^2 \quad (A)$$

Como esta resistência de contato é diretamente proporcional à resistividade do material (a

qual varia com a temperatura), elevações na temperatura aumentam a dissipação de calor e conseqüentemente as perdas de energia no sistema.

Neste sentido, o presente trabalho busca o registro das variações térmicas de sistemas de conexão elétrica através da técnica termográfica. O trabalho também visa o desenvolvimento de um sistema de análise e qualificação de componentes elétricos através do desenvolvimento de equipamentos especiais de simulação de condições extremas de trabalho. Todo esse esforço tem o intuito de estudar e compreender os diferentes parâmetros externos que influem na qualidade dos resultados obtidos através da análise termográfica. Para tal, foram analisadas as normas vigentes para a utilização de conectores elétricos, assim como avaliados os procedimentos e critérios padrões de inspeção termográfica (EBAH, 2006).

Conceito

O que é a Termografia?

Trata-se de um método de detecção da distribuição de energia térmica emitida pela superfície de um ou vários corpos ou objetos. É um ensaio não destrutivo que utiliza os raios infravermelhos para medir temperaturas ou observar padrões diferenciais de distribuição de temperatura. Esta técnica fornece informações úteis relativas às condições operacionais de um componente, equipamento ou processo (ITEAG, 2010).

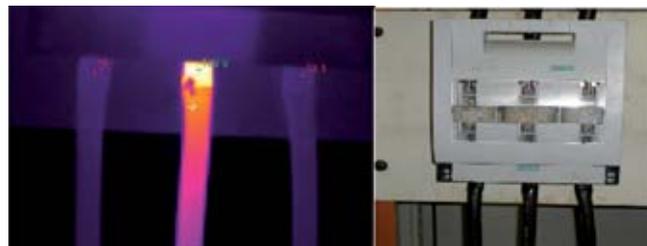


Figura 1 - Temperatura 108,8°C, terminal do fusível do centro, na fase da esquerda 37,4° e na fase direita 36,1°

Fonte: MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <www.mhfpreditiva.com.br>. Acesso em: 3 jun. 2011.

* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

** Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

*** Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

A termografia não é uma tecnologia nova, antes pelo contrário. A recente evolução tecnológica direcionou a termografia para áreas como a manutenção industrial, tornando-a uma ferramenta crucial e imprescindível na manutenção preditiva em empresas. Na natureza; todos os corpos, pelo fato de se encontrarem a uma temperatura superior ao zero absoluto emitem radiação térmica.

A termografia consiste na técnica de estudo da temperatura dos corpos através da radiação infravermelha emitida. Uma câmara termográfica sensível às radiações IV descodifica a imagem em cores equivalentes às diferentes temperaturas (teoricamente: cores frias significam baixas temperaturas e cores quentes significam altas temperaturas), possibilitando assim a identificação das áreas cujas temperaturas são anômalas.

Em eletricidade e eletrônica, a monitorização constante e a detecção precoce de alterações na temperatura de um determinado componente (devido, por exemplo, à sobrecarga energética ou vida útil comprometida) permitem a prevenção de falhas de maquinaria e conseqüentes perdas de produtividade, além de resultar em redução significativa nos custos com manutenção corretiva (ITEAG, 2010).

A termografia é o mais importante, eficiente, preciso e seguro método de avaliação de instalações e componentes elétricos, pois para além de se tratar de um ensaio não destrutivo, destacam-se benefícios-chave como a minimização dos riscos, redução de custos, maior segurança, e melhoria e otimização do desempenho.

Um programa preventivo de inspeção termográfica adequadamente elaborado, com inspeções periódicas, minimiza e até elimina totalmente a ocorrência de falhas e da necessidade de intervenções não programadas (CONSULTORIA E ANÁLISE, 2010).

Princípio

O princípio da termografia está baseado na medição da distribuição de temperatura superficial do objeto ensaiado, quando este estiver sujeito a tensões térmicas (normalmente calor). Medição esta que é realizada pela detecção da radiação térmica ou infravermelha emitida por qualquer corpo, equipamento ou objeto (INSPEÇÃO E EQUIPAMENTOS, 2008).

Alvos



Figura 2 - Alvo é um objeto que deve ser inspecionado com o uso de um termovisor. A finalidade de um termovisor é detectar a radiação infravermelha emitida pelo alvo

Fonte: Fluke Corporation, (The Snell Group; American Technical Publishers, Inc) - Introdução aos princípios da termografia, 2009

Componentes do termovisor

Um típico termovisor consiste em vários componentes comuns, entre eles a lente, a tampa da lente, o monitor, o detector e o sistema de processamento eletrônico, os controles, os dispositivos de armazenamento de dados, um cabo com uma alça para se prender à mão e um *software* para processamento de dados e geração de relatórios. Esses componentes podem variar dependendo do tipo e do modelo do sistema de geração de imagens térmicas (FLUKE, 2009).



Figura 3 - Um típico termovisor consiste em vários componentes comuns, entre eles a lente, a tampa da lente, o monitor, os controles e um cabo com uma alça para prender à mão
 Fonte: Fluke Corporation, (The Snell Group; American Technical Publishers, Inc) - Introdução aos princípios da termografia. 2009

Monitores

As imagens térmicas são exibidas sobre a tela do monitor de cristal líquido (LCD) localizado no termovisor. A tela de LCD deve ter tamanho e brilho suficientes para ser facilmente visualizada sob as mais diversas condições de iluminação encontradas em vários locais em campo. Muitas vezes, o monitor também fornece informações tais como a carga da bateria, data, hora e temperatura do alvo (em °F, °C ou °K), imagens sob a luz visível e uma legenda com o espectro de cores relacionadas à temperatura (FLUKE, 2009).

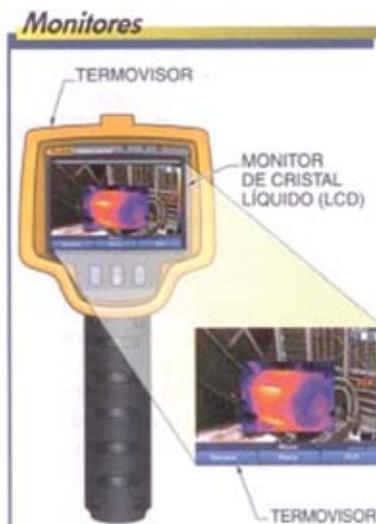


Figura 4 - As imagens térmicas são exibidas sobre a tela do monitor de cristal líquido (LCD) localizado no termovisor
 Fonte: Fluke Corporation, (The Snell Group; American Technical Publishers, Inc) - Introdução aos princípios da termografia. 2009

Controles

Para refinar a imagem térmica exibida no monitor, vários ajustes eletrônicos podem ser feitos através de controles. Esses ajustes eletrônicos podem ser feitos em variáveis tais como a faixa de temperatura, o intervalo e o nível térmico, tons das cores e a fusão de imagens. Muitas vezes, também é possível fazer ajustes na emissividade e na temperatura refletida no plano de fundo (FLUKE, 2009).



Figura 5 - Por meio dos controles, podem-se fazer ajustes em importantes variáveis tais como a faixa de temperatura, o intervalo e o nível térmico e outras configurações
 Fonte: Fluke Corporation, (The Snell Group; American Technical Publishers, Inc) - Introdução aos princípios da termografia., 2009

Dispositivos para armazenamento de dados

Arquivos eletrônicos digitais que contenham imagens térmicas e dados afins são armazenados em diversos tipos de cartões de memória eletrônicos ou dispositivos de armazenamento e transferência. Muitos sistemas de geração

de imagens infravermelhas também permitem o armazenamento de dados de voz e de texto suplementares bem como uma imagem visual correspondente adquirida com uma câmera visual integrada (FLUKE, 2009).

Software para processamento de dados e geração de relatórios

O software utilizado pela maioria dos sistemas de geração de imagens térmicas é avançado e de fácil uso pelo usuário. As imagens térmicas digitais e visuais são importadas para um computador pessoal onde elas podem ser exibidas usando-se vários tons de cores e onde podem ser feitos ajustes adicionais em todos os parâmetros radiométricos e todas as funções de análise. As imagens processadas são então inseridas em modelos de relatório e enviadas para uma impressora, armazenadas eletronicamente ou enviadas para clientes através de uma conexão da Internet (FLUKE 2009).

Aplicações

Atualmente a termografia tem aplicações em inúmeros setores; na indústria automobilística é utilizada no desenvolvimento e estudo do comportamento de pneumáticos, desmbeaçador do para-brisa traseiro, freios, no sistema de refrigeração, turbo, etc.

Na siderurgia tem aplicação no levantamento do perfil térmico dos fundidos, durante a solidificação, na inspeção de revestimentos refratários dos fornos.

Na indústria aeronáutica é utilizada no ensaio de materiais compostos para se detectar dupla laminação ou outros tipos de rupturas. Pontos quentes, assim como falhas de coesão em componentes elétricos e eletrônicos, podem ser determinados com a termografia.

A indústria química emprega a termografia para a otimização do processo e no controle de reatores e torres de refrigeração.

As aplicações na engenharia civil incluem a avaliação do isolamento térmico de edifícios e a possibilidade de determinar detalhes construtivos das construções, etc.

Nas artes, o método tem se mostrado de grande valia na detecção de descascamento de pintura e de massas reconstituíntes bem como no diagnóstico geral para conservação e restauração (MHF MANUTENÇÃO PREDITIVA, 2007).

Na área elétrica

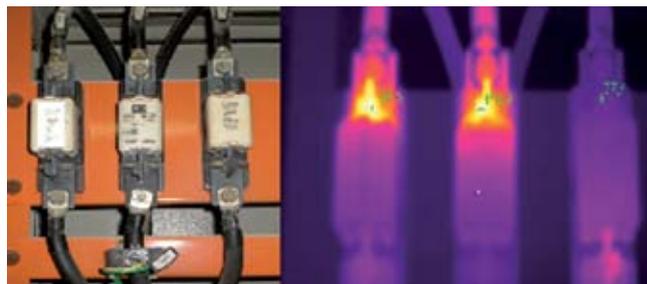


Figura 6 - Mau contato nas pinças dos fusíveis
Fonte: MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <www.mhfpreditiva.com.br>. Acesso em: 03 jun. 2011.

Na área mecânica:

(A termografia utilizada na inspeção dos revestimentos refratários em fornos, caldeiras, autoclaves, etc.)

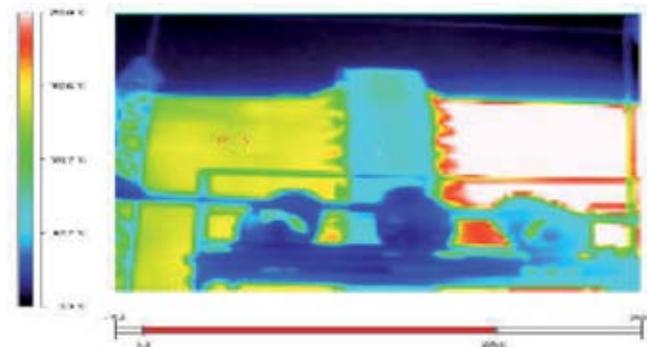


Figura 7 - A termografia utilizada na inspeção dos revestimentos
Fonte: MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <www.mhfpreditiva.com.br>. Acesso em: 03 jun. 2011.

Inspeção termográfica nos equipamentos rotativos.

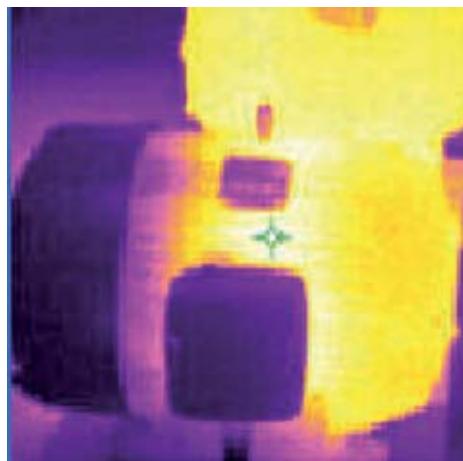


Figura 8 - Análise de Vibrações e Termografia duas técnicas Preditivas associadas com resultados excelentes na Manutenção Preditiva
Fonte: MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <www.mhfpreditiva.com.br>. Acesso em: 03 jun. 2011.

Para a garantia de uma inspeção confiável, são indispensáveis os seguintes quesitos:

(www.infraredtraining.com) (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Termovisor

Para garantir um trabalho rápido e confiável é necessária uma configuração mínima adequada à cada aplicação (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA 2008).

Portabilidade

Devido à grande quantidade de pontos normalmente inspecionados durante uma inspeção industrial, é importante que o equipamento termovisor utilizado, seja portátil e alimentado por baterias, não dependendo, portanto, de fornecimento de energia local, o que tomaria precioso tempo na manipulação de cabos de força (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Sensibilidade

É importante também, que o termovisor seja um modelo dotado de sensor de boa qualidade e, portanto, produza imagens instantaneamente para evitar que o inspetor perca tempo aguardando a formação da imagem, o que pode significar um acréscimo considerável de tempo no final da jornada de trabalhos (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Configuração adequada

A escolha da câmara adequada e seleção correta do tipo de acessórios (tipo de lente e filtros) ideais ao tipo de trabalho que será executado, requer conhecimento e experiência por parte do usuário. Assim, por exemplo, para a execução de inspeção interna em fornos é necessário um termovisor que opere em ondas longas, uma vez que normalmente envolve temperaturas de até 1.500°. Já para inspeções em rede elétrica e equipamentos à distância, é imprescindível uma lente teleobjetiva (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Inspetor

O inspetor deve ter qualificação técnica e experiência comprovada para o tipo de inspeção que irá realizar. A habilitação mínima na área da termografia em nível mundial consiste na Certificação Nível I, absorvida nos Cursos ministrados periodicamente no Brasil pela Academy of Infrared Thermography (www.academy-of-infrared.net), do Canadá ou o ITC-Infrared Training Center, da Flir Systems, USA

Acompanhamento

Para a execução de inspeção termográfica nas instalações de terceiros, é necessário que o inspetor termográfico seja acompanhado por pessoa tecnicamente capacitada e vinculada à empresa onde a inspeção será efetuada. Esta pessoa tem a importante função de indicar os locais a serem inspecionados, permitir o acesso visual ao local a ser inspecionado (ex.: abertura de portas de quadros de força), acompanhar a identificação dos pontos que tenham apresentado aquecimento anormal, etc. (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Carga de funcionamento

No caso de inspeção preditiva, para a obtenção de um resultado confiável, a instalação ou objeto a ser inspecionado deve estar em plena carga.

Acesso visual

É necessário que se tenha acesso visual direto ao objeto a ser inspecionado, sem que haja nenhum tipo de obstáculo que se interponha entre o termovisor e o objeto de inspeção. Nem mesmo obstáculos transparentes como vidros ou acrílicos translúcidos são admitidos por não serem transponíveis pelo infravermelho, exceção feita às janelas de infravermelho, especificamente fabricadas para este fim (THERMO CONSULT TERMOGRAFIA, 2008).

Técnicas de ensaio

A termografia é uma das técnicas de inspeção chamada de Técnicas de Manutenção Preditiva, definida por alguns como uma atividade de monitoramento capaz de fornecer dados suficientes para uma análise de tendências (EBAH, 2007).

As técnicas termográficas geralmente consistem na aplicação de tensões térmicas no objeto, medição da distribuição da temperatura da superfície e apresentação da mesma, de tal forma que as anomalias que representam as descontinuidades possam ser reconhecidas. Duas situações distintas podem ser definidas:

✓ Tensões térmicas causadas diretamente pelo próprio objeto durante a sua operação: equipamento elétrico, instalações com fluido quente ou frio, isolamento entre zonas de diferentes temperaturas, efeito termoelástico, etc.

✓ Tensões térmicas aplicadas durante o ensaio através de técnicas especiais (geralmente aquecimento por radiação ou condução) e certas metodologias a serem estabelecidas caso a caso, para que se possa obter boa detecção das descontinuidades.

Em ambas as situações é necessário haver um conhecimento prévio da distribuição da temperatura superficial (ou pelo menos que possa ser assumida com uma certa segurança), como um referencial comparativo com a distribuição real obtida durante o ensaio. O caso mais simples ocorrerá quando a distribuição da temperatura for uniforme e as descontinuidades se manifestarem como áreas quentes (por exemplo: componentes com maior resistência elétrica em uma instalação), ou áreas frias (fluxo interno de ar nos materiais) (EBAH, 2007).

Vantagens e Limitações

Vantagens

1) Excelente relação custo X benefício: O comparativo entre o custo de uma inspeção termográfica e a economia que ela proporciona é imensurável, considerando-se que, através de um programa periódico de inspeção termográfica, elimina-se a ocorrência de falhas imprevistas e a necessidade de paradas não programadas, sem contar a minimização da ocorrência de acidentes de prejuízos materiais e até humanos, e a economia alcançada através da eliminação de falhas que propiciam perdas de temperatura ou energia.

2) Sem interferência no processo produtivo: Para apresentação de melhor resultado as inspeções são realizadas com os processos em plena atividade ou carga, não havendo assim a interrupção de qualquer procedimento ou interferência na produção durante a inspeção.

3) Segurança: As medições são seguras, realizadas à distância, sem necessidade de contato físico do inspetor com a instalação.

4) Rapidez: A inspeção termográfica é realizada com equipamentos portáteis tornando-se um processo rápido e de alto rendimento. A obtenção do resultado é instantânea, possibilitando intervenção imediata, caso necessário.

Limitações

1) As variações na distribuição das temperaturas podem ser muito pequenas para serem detectadas;

2) Discrepâncias muito pequenas podem ser mascaradas, pelo "ruído de fundo", e permanecer sem detecção;

3) As principais organizações de normalização ainda não reconhecem a termografia como um método confiável de END para avaliação e certificação dos produtos ensaiados (EBAH, 2008).

Descontinuidades e apresentação do objeto

A distribuição de temperatura pode ser medida usando-se:

1) Pinturas sensíveis ao calor que alteram a sua cor de acordo com a temperatura (termografia por contato);

2) Câmeras de vídeo termográficas que permitem a coleta de imagens no monitor (branco e preto ou coloridas) da distribuição de temperatura da superfície focalizada pela câmera, de acordo com a sua temperatura (termografia infravermelha). O infravermelho é uma frequência eletromagnética emitida naturalmente por todos os corpos. Neste caso, as anomalias na distribuição da temperatura superficial que correspondentes a possíveis descontinuidades, serão mostradas como "manchas coloridas".

Desenvolvimentos

Os melhoramentos nos sistemas de termografia computadorizada e softwares específicos para o processamento de dados termográficos facilitarão a aplicação dessa técnica, na medida em que os ensaios ficam mais precisos.

Considerando-se o numeroso potencial de aplicações do método, o desenvolvimento do ensaio termográfico em todos os níveis industriais pode ser até previsto.

Atualmente, outras técnicas estão sendo pesquisadas e analisadas quanto aos fenômenos térmicos em amostras de laboratórios (misturas, têxteis, compostos), associados com os ciclos de fadiga ou tensões de impacto.

Recentemente, a termografia foi utilizada nos testes de veículos no túnel de vento; tanto as indústrias automobilísticas quanto as aeroespaciais estão realizando pesquisas nesta área.

Conclusão

Os benefícios e o sucesso alcançados pelas empresas através da introdução da ferramenta preditiva da termografia como o resgate da confiabilidade das áreas das mesmas, a garantia da disponibilidade requerida para cada uma delas e de sua segurança física, além da redução dos

custos de manutenção em curto prazo, são os resultados positivos alcançados pela modernização da sua manutenção.

Sua vasta aplicação, nas diversas áreas de componentes elétricos e equipamentos mecânicos garantem a sua versatilidade, o que aumenta sua utilização dentro de uma empresa (TERMOGRAFIA BRASIL, 2010).

Referências

ADAMS, F. The genuine works of Hippocrates. Baltimore: Williams&Wilkins, 1939.

AFONSO, João. Termografia em manutenção. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/internet-and-technologies/commercial-companies/1995286-termografia-em-manuten%C3%A7%C3%A3o/>>. Acesso em: 5 jun. 2011.

EBAH. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br>>. Acesso em: 4 jun. 2011.

FLUKE Corporation, The Snell Group; American Technical Publishers, Inc. Introdução aos princípios da termografia, 2009

MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <<http://www.mhfpreditiva.com.br>>. Acesso em: 3 jun. 2011.

PUTLEY, E.H. The development of thermal imagin systems. In.: RING, E.F.J.; PHILLIPS, B. Recent advances in medical thermology. New York: Plenum Press, 1982.

TERMOGRAFIA BRASIL. Disponível em: <<http://www.termografiabrasil.blogspot.com>>. Acesso em: 3 de jun. 2011.

THERMO CONSULT. Quesitos fundamentais para uma inspeção confiável. Disponível em: <<http://www.thermoconsult.com.br/termografia-quesitosfundamentais.html>>. Acesso em: 5 jun. 2011

THERMO CONSULT. Vantagens da inspeção termográfica. Disponível em: <<http://www.thermoconsult.com.br/termografia-vantagens.html>>. Acesso em: 5 jun. 2011.

VERATTI, Atílio Bruno. Termografia: Princípios, Aplicações e Qualidade. Icon Tecnologia, 1996

VERATTI, Atílio Bruno. Termografia: Princípios, Aplicações e Qualidade. Icon Tecnologia, 1997

VITEK Consultoria Ltda. Relatório de Inspeção Termográfica: Relatório Técnico ITR 2800, Belo Horizonte, Brasil, Março, 2000.

VITEK Consultoria Ltda. Relatório de Inspeção Termográfica: Relatório Técnico ITR 3800, Belo Horizonte, Brasil, Abril, 2000.

VITEK Consultoria Ltda. Relatório de Inspeção Termográfica: Relatório Técnico ITR 4600, Belo Horizonte, Brasil, Maio, 2000.