

Emprego da termografia na inspeção preditiva

Jéssica Catarina Baeta Nogueira*
Virgílio Pinheiro Reis**

Resumo

A técnica permite realizar ensaios não destrutivos através da detecção da radiação infravermelha emitida pelos objetos assim obtendo o registro de imagens térmicas. Aplica-se a vários equipamentos de processo tais como: sistemas elétricos, fornos, trocadores de calor, conversores, vasos de pressão, reatores, caldeiras, condutos e chaminés. O objetivo deste trabalho é analisar o emprego da técnica na inspeção preditiva em sistemas elétricos, tendo como um dos focos a redução de gastos com a manutenção pela prática de ensaios não destrutivos de inspeção termográfica e detecção de anomalias térmicas que denunciem um processo de falhas em estágios iniciais.

Palavras-chave: Termografia preditiva. Inspeção.

Termografia

É a técnica de sensoriamento remoto que utiliza a radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos, para medição de temperaturas, juntamente com a imagem do local no qual se está realizando a medição.

O equipamento utilizado para realizar a inspeção chama-se PHOTO TEMP, com o qual se faz a medição da temperatura sem o contato físico, e se documenta com fotos digitais para um relatório completo. A transferência de calor é feita pelos métodos de: convecção, condução e radiação.

Condução: a energia é transferida de molécula para molécula (ou átomo para átomo).

Convecção: a energia térmica cria uma corrente no meio, que a ajuda a mover-se mais rapidamente do que a simples condução. As correntes ajudam a transferir o calor da fonte mais quente para as partes mais frias.

Radiação: transferência direta de energia através de radiação (onda) eletromagnética, sem a necessidade de um meio para a transferência.

Radiação Infravermelha: onda eletromagnética da mesma família dos raios gama, X, ultravioleta, ondas de rádio, por exemplo. Por definição (Física), todos os corpos acima do Zero Absoluto emitem radiação infravermelha e o comprimento de onda do infravermelho é inversamente proporcional à temperatura.

Alguns de seus usos mais comuns: busca de pontos quentes em redes de distribuição elétrica,

transformadores e disjuntores para indicar uma má conexão elétrica e assim uma possível fonte de superaquecimento e incêndio.

Inspeção termográfica

A inspeção termográfica é uma verificação realizada periodicamente para checar as condições das instalações industriais e prediais, bem como, controles de processo químico, atômico e até mesmo biológico, objetivando a localização de pontos que gerem uma diferença de temperatura que possa indicar anormalidades dentro do sistema. As anomalias mais comuns em sistemas elétricos: conexões folgadas ou deterioradas; emendas oxidadas ou corroídas; curto-circuito; sobrecarga elétrica em transformadores e conexões; cargas desbalanceadas em circuitos trifásicos; componentes defeituosos ou instalados imprópriamente; base de fusíveis danificadas ou com baixa pressão de mola de contato; resistência elevada de chaves e/ou relés; fugas de corrente em cabos de aterramento; conexões com camada de óxido entre componentes; conexões de linhas de transmissão de altas, médias e baixas tensões.

Um Sistema de Inspeção Termográfica é formado pelo conjunto de recursos que permitam a realização de tarefas de análise preditiva nos campos de redes elétricas, equipamentos mecânicos, redes de vapor, fornos, reatores e processos. A base para tais sistemas é dada pelo equipamento empregado: termovisores e radiômetros.

Termovisores são sistemas imageadores dotados de recursos para a análise e medição de distribuições térmicas. São produzidos, normalmente, com sensibilidade nas faixas espectrais de 3 a 5 microns (sistemas industriais) e de 8 a 12 microns (sistemas militares e de pesquisa). Tal como nos equipamentos fotográficos, os termovisores possuem objetivas intercambiáveis que possibilitam adequar o campo de visão do aparelho às necessidades específicas de cada observação. As imagens são geradas em branco e preto, podendo ser convertidas em imagens coloridas pela substituição da escala de cinza por uma escala de cores. Atualmente todo o registro das imagens térmicas geradas é digital,

* Técnica em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

** Técnica em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

através de disquetes ou interfaces que permitem o acoplamento dos sistemas com microcomputadores para posterior processamento da informação.

Radiômetros avançados são sistemas infravermelhos de construção mais simples e preço mais acessível, uma vez que não formam imagens térmicas. Medem a temperatura coletando a radiação infravermelha de uma área definida à frente do aparelho que é dirigida a um detector do tipo termopilha ou piroelétrico, onde é transformada em sinal elétrico. O valor de temperatura calculado é apresentado em um *display* de cristal líquido. Os parâmetros determinantes para a seleção de um radiômetro, em função de sua aplicação, são o campo de visão (FOV) e a faixa espectral de sensibilidade. O campo de visão de um radiômetro (FOV) é descrito pela razão distância/diâmetro da área medida (D: S). Se considerarmos um instrumento com D: S de 60:1, a área sensoreada a 60 metros terá um diâmetro de 1 metro. Os radiômetros produzidos para fins industriais operam nas faixas espectrais do infravermelho entre 0,8 microns e 14 microns. Nos últimos tempos, os radiômetros passaram a incorporar miras infravermelhas, facilitando o posicionamento dos aparelhos e a rápida visualização da área que está sendo sensoreada (VERATTI, 2008, p.25).

Os modelos de uso geral apresentam campo de visão de 1:60 e são adequados para as tarefas básicas de inspeção preditiva, como a medição de temperaturas em quadros elétricos de média e baixa tensão, mancais de redutores, motores elétricos e fornos de menor porte. Tais equipamentos possuem preços bem acessíveis (cerca de R\$ 1.500,00 Maio/99), e atualmente se constituem na espinha dorsal da medição de temperatura por infravermelho na indústria.

Exemplo de aplicação

A partir de uma imagem térmica e da análise nas temperaturas, é possível identificar falhas impossíveis de se visualizar com o do olho humano. O exemplo demonstrado abaixo, trata de uma bucha de passagem interna em uma cabine primária de entrada de energia, com um mau contato originado entre o terminal do vergalhão de cobre e a bucha, o que causou um aumento na resistência elétrica em sua conexão e pelo efeito Joule apresenta uma temperatura superior às demais fases.

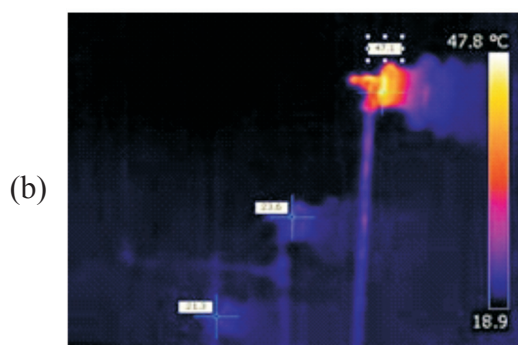
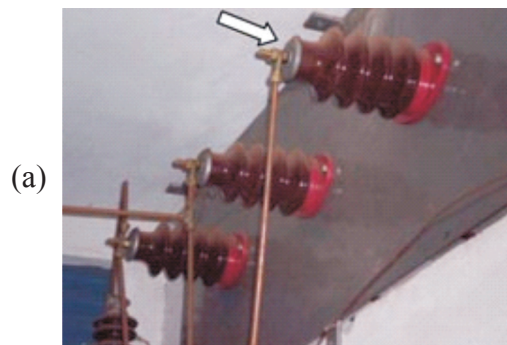
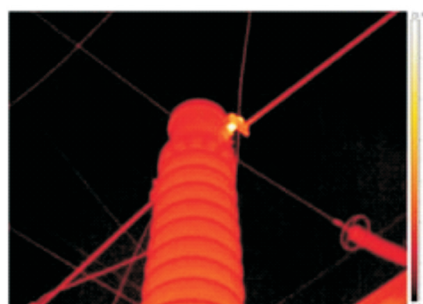
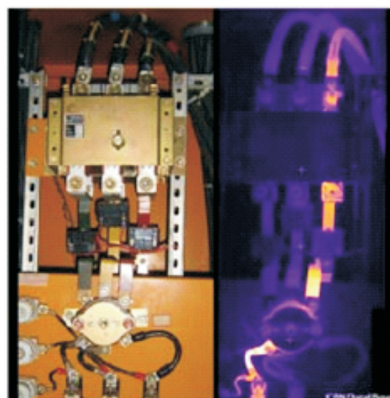


Figura 1 – (a) Visualização através de definição de cores, (b) visualização através de irradiações térmicas



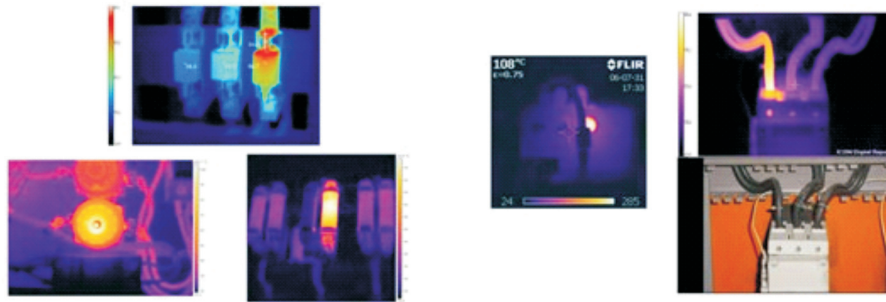


Figura 2 – Inspeção termográfica em equipamentos elétricos

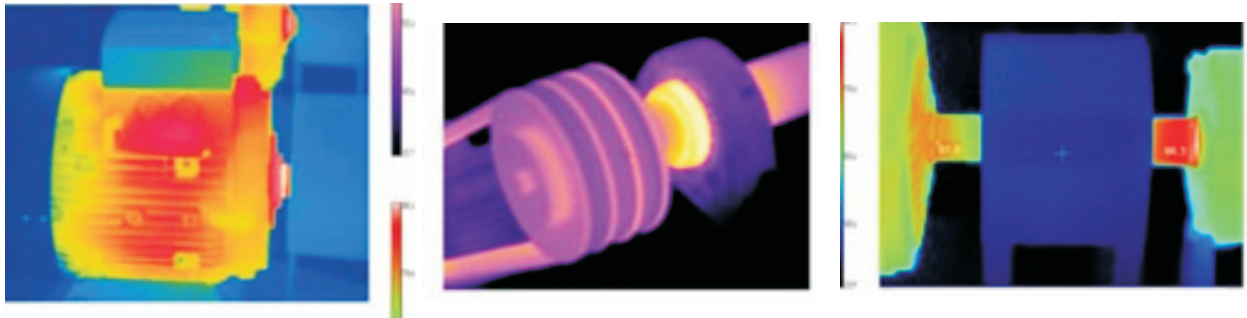


Figura 3 – Inspeção termográfica em equipamentos mecânicos

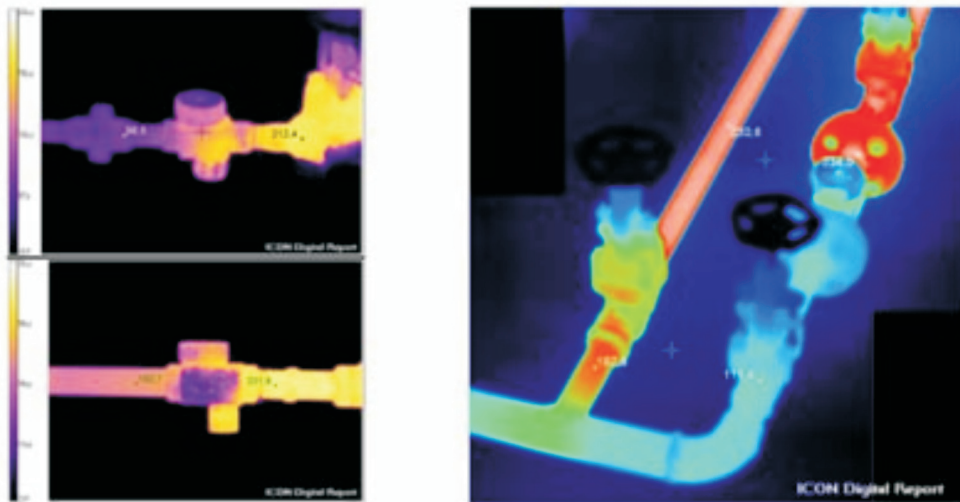


Figura 4 – Inspeção termográfica em sistemas a vapor

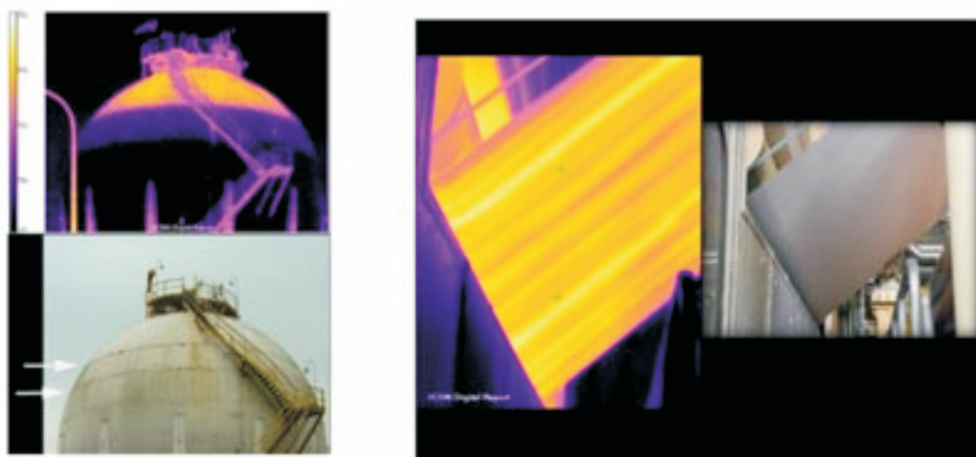


Figura 5 – Inspeção termográfica em equipamentos de processos

Atualmente as empresas, para continuarem competitivas no mercado de trabalho, precisam fazer com que suas máquinas e seus processos produtivos fiquem com eficiência e confiabilidade satisfatória, aumentando sua produção, garantindo a qualidade e o custo do produto. Por essa razão, é de suma importância para elas desenvolverem métodos de produção e manutenção de equipamentos buscando a melhoria contínua. Os métodos de inspeções preditivos como análise de vibração, inspeção termográfica, ultrassom, análises químicas, etc. tornam-se ferramentas essenciais para a atuação da manutenção e aumento na confiabilidade de processos produtivos.

Itens elétricos/eletrônicos para inspeção termográfica

Barramentos, muflas, transformadores: primário e secundário, disjuntores, TC's, TP's, cadeias de isoladores, isoladores de pedestal, cruzetas, chaves fusíveis, chave a óleo, autotransformadores, cabos isolados, conexões e conectores prensados e de impactos, cubículos de medições e proteção, para-raios, seccionadoras, bases e fusíveis, chapas separadoras entre cubículos, entradas, chaves seccionadoras, régua de bornes, caixa de ligação de motores, carcaças de motores, tiristores e pontes.

Vantagens

A análise termográfica é uma ferramenta efetiva de manutenção preditiva para uso em conjunto com outros processos de monitoramento de condições. Vejamos algumas vantagens:

Custo-benefício da termografia

Os custos em relação aos benefícios que a termografia traz aos estabelecimentos que adotam e controlam essas análises são incontestáveis, pois com a correta utilização e controle dessa poderosa ferramenta, é possível se antecipar às falhas, reduzindo bruscamente os custos com dispositivos, equipamentos, perdas de matéria-prima e mão de obra.

Interferência no processo produtivo

A inspeção para alcançar melhores resultados pode e deve ser realizada com o processo em plena carga, com isso, em uma inspeção termográfica não há a interferência na produção ou processo, dispensando qualquer alteração na rotina de trabalho.

Segurança

A realização de inspeção é muito segura, pois não há a necessidade de contato físico com o equipamento a ser visualizado, pois ela é feita a distância com uso de termovisores.

Rendimento

As medições são realizadas com equipamentos de alta tecnologia e portáteis, dando uma grande mobilidade para o termógrafo e um alto rendimento na coletas de informação.

A termografia está fundamentada para a manutenção preventiva e preditiva em diversos segmentos, tais como: indústrias metalúrgicas, químicas, siderúrgicas, entre outras. Com o desenvolvimento tecnológico, cada vez mais as técnicas preditivas serão utilizadas na manutenção dos equipamentos e processos produtivos industriais como um dos fatores de aumento da produtividade.

Exemplo de projeto realizado nessa área

O trabalho faz parte de um projeto cooperativo entre o Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAMEF) e a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) e visa o desenvolvimento de sistemas mais confiáveis de calibração e padronização dos processos de manutenção preditiva através da técnica termográfica utilizados na inspeção de componentes elétricos. Para tal, foram selecionadas e analisadas amostras de conectores de derivação em cunha. Foram realizadas medidas da resistência de contato e monitoradas as temperaturas durante a aplicação de ciclos de corrente alternada em diferentes intensidades.

Materiais e métodos

O trabalho consistiu na análise da variação térmica de conectores de derivação elétrica de do tipo cunha. Esses conectores são fabricados em ligas de alumínio similar a liga SAE 444.0 de emissividade 0,64, e apresentam geometria compatível com os cabos de alumínio para linhas aéreas de 65 mm de seção. Para a medição das temperaturas foram utilizados um registrador de temperaturas Modelo 4100G da ECIL com dois termopares tipo J acoplados posicionados segundo a visualização do posicionamento dos termopares para a medição das temperaturas. Foi utilizada uma termocâmera modelo PV320 da Elettrophysics, a qual trabalha na faixa espectral de 7 a 14 m. A resistência de contato foi medida utilizando-se um ohmímetro digital modelo ODI 600 da NANSEN.

Depois da análise, foi montado um sistema de injeção de corrente composto de um transformador de corrente alternada, um varistor e um medidor de corrente modelo ET 3850 da Minipa. O sistema foi montado com base na norma NBR 9326 1986. As correntes foram variadas até o valor limite de 675 A, correspondente a 125% da carga máxima a ser suportada pelo cabo segundo designação do fabricante (PELIZZARI *et al.*, 2006, p.55).

Manutenção Preditiva

Monitoramento

O monitoramento envolve diversas ferramentas que permitem um diagnóstico interno e um prognóstico do futuro da máquina. Principais técnicas de monitoramento: Análises de vibrações; análises de óleo (ferrografia) e termografia.

Análises de vibração

➤ Vibração mecânica é um tipo de movimento, no qual se considera uma massa reduzida a um ponto ou partícula submetida a uma força. A ação de uma força sobre o ponto obriga-o a executar um movimento vibratório.

➤ Deslocamento - medida do grau de distanciamento instantâneo.

➤ Frequência - é a quantidade de vezes, por unidade de tempo, em que um fenômeno se repete.

➤ Aceleração - como a velocidade varia no decorrer do tempo, fica definida uma certa aceleração.

Possibilidades da análise de vibrações

Por meio da medição e análise das vibrações, é possível detectar com antecipação a presença de falhas que podem comprometer a continuidade do serviço, ou mesmo colocar em risco sua integridade física ou segurança do pessoal da área; é possível ainda detectar e acompanhar o desenvolvimento de falhas nos componentes das máquinas. A análise de vibrações também permite, por meio de comparação, identificar o aparecimento de esforços dinâmicos novos, consecutivos a uma degradação em processo de desenvolvimento.

Pela análise de vibrações constata-se as seguintes falhas:

Rolamentos deteriorados, engrenagens defeituosas, acoplamentos desalinhados, rotores desbalanceados, vínculos desajustados, eixos deformados, folgas excessivas em buchas, falta de rigidez, cavitação, desbalanceamento de rotores de motores elétricos.

O registro das vibrações das estruturas é efetuado

por meio de sensores ou captadores colocados em pontos estratégicos das máquinas. Sensores transformam energia mecânica de vibração em sinais elétricos. Sinais elétricos são encaminhados para aparelhos registradores de vibrações ou para aparelhos analisadores de vibrações. Os dados são armazenados e desse modo obtém-se uma verdadeira radiografia dos componentes de uma máquina, seja ela nova ou velha.

➤ Sensores ou captadores: detectam vibrações, de acordo com a frequência: sensores eletrodinâmicos, sensores piezelétricos e sensores indutivos (sem contato ou proximidade).

➤ Registradores: Medem a amplitude das vibrações, frequência, possibilitando identificar a fonte causadora das vibrações.

➤ Analisadores: Os analisadores de espectros e os *softwares* associados a ele, com a presença de um computador, permitem: o zoom (função que possibilita a ampliação de bandas de frequência), diferenciação e integração de dados, comparação de espectros e comparação de espectros com correção da velocidade de rotação.

Análise de Lubrificante (Técnica Ferrográfica)

A ferrografia é uma técnica de avaliação das condições de desgaste dos componentes de uma máquina por meio da quantificação e observação das partículas em suspensão no lubrificante. Essa técnica satisfaz todos os requisitos exigidos pela manutenção preditiva e também pode ser empregada na análise de falhas e na avaliação rápida do desempenho de lubrificantes.

O método consiste na contagem das partículas depositadas em papel de filtro e observadas em microscópio. Porém, não proporciona condições adequadas para a classificação dimensional, que é de grande importância para a avaliação da intensidade do desgaste de máquinas. Orientando-se pela predominância de ligas ferrosas nas máquinas e seus elementos, Westcott inventou um aparelho para separar as partículas de acordo com o seu tamanho. O aparelho chama-se ferrógrafo.

➤ Ferrografia quantitativa: permite quantificar as partículas grandes e pequenas de modo rápido e objetivo.

➤ Ferrografia analítica: classificação das partículas de desgaste.

Ferrografia, espectrometria e análise de vibrações são as principais técnicas de diagnóstico das condições dos componentes mecânicos das máquinas. As duas primeiras avaliam o mesmo tipo de problema: o desgaste através da análise nas partículas suspensas no lubrificante, mas com parâmetros diferentes. A ferrografia tem por parâmetros a concentração, o tamanho, a morfologia e a cor das partículas. A espectrometria

considera concentração dos elementos químicos que a compõem. A análise de vibrações, o comportamento dinâmico das máquinas. Em resumo, a ferrografia, a espectrometria e a análise de vibrações se complementam, pois, de forma isolada, essas técnicas apresentam limitações.

A importância da infraestrutura das empresas e a termografia. Antigamente a área de infraestrutura nas empresas era relegada a um segundo plano, tanto no que se refere ao planejamento e ao provisionamento, o que trazia como consequência, uma manutenção deficiente, não estruturada, gerando ações basicamente corretivas, não programadas e sem qualquer preocupação com custo.

Atualmente a estrutura empresarial vem se alterando de forma a sistematizar e racionalizar as suas atividades com enfoque na disponibilidade dos serviços, qualidade e, enfaticamente, na redução de custos, para adequá-la ao novo cenário. Com isso tem ocorrido uma ampla modernização das empresas e, dentro desse contexto, o segmento de supervisão e gerência da infraestrutura passou a ter um papel de destaque.

Como resultado dessa transformação e com a supervisão “enxergando” em tempo real toda a planta, a infraestrutura teve a sua vulnerabilidade exposta em diversas ocasiões, despertando como consequência, uma premente necessidade de mudança estrutural que foi inicialmente direcionada para a área de manutenção de energia, climatização e proteção elétrica em estações localizadas em áreas abertas.

Com a reestruturação do segmento de manutenção de infraestrutura, verificou-se uma transformação profunda na área, onde os conceitos de manutenção se alteraram amplamente, através da busca e introdução de uma nova sistemática de gestão da planta em operação, com o estabelecimento de uma missão voltada para a busca da disponibilidade dos serviços, qualidade e a adequação de custos. Para possibilitar o alinhamento a essa missão foram estabelecidas diretrizes cujos desdobramentos culminaram na busca de novos métodos de manutenção e, por fim, em uma decisiva mudança conceitual, de:

“Deixar quebrar para consertar” para: “Trabalhar para se evitar a falha”.

Assim, diante dessa nova realidade, se tem buscado um constante ajuste de percentual de manutenção corretiva não programada e, sobretudo, a introdução de modernas técnicas e métodos de manutenção como a manutenção preditiva sistematizada.

Como resultado, esse segmento já tem alcançado um maior grau de confiabilidade, o que tem gerado como consequências uma maior disponibilidade da planta de energia e climatização e a tão buscada redução de custos.

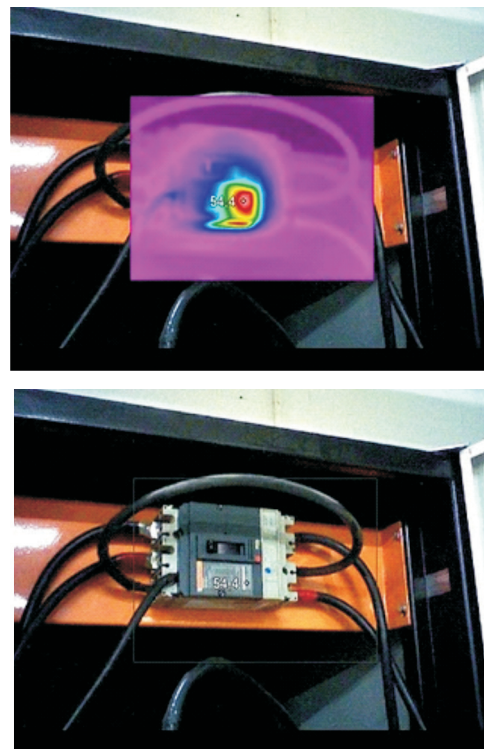


Figura 6 – (a) Disjuntor a olho nu, (b) o mesmo equipamento com a imagem térmica

Vimos na figura 6 que o disjuntor está com um aquecimento pontual interno, o que identifica um problema de aquecimento por mau contato. Apesar da temperatura ainda estar dentro de uma faixa segura, deve-se providenciar a troca do equipamento, pois o problema deve se agravar até que o equipamento entre em defeito, ocasionando sérios transtornos a empresa com paradas não programadas e perdas de produção.

Conclusão

A mudança da estrutura organizacional trouxe a criação de uma divisão de manutenção de infraestrutura alinhada com o novo conceito de uma moderna manutenção focada em resultados. Através de desdobramentos de metas, oriundas da missão proposta para a nova manutenção, várias ações foram conduzidas para se alcançar a disponibilidade de 24 horas por dia para as estações estratégicas da empresa.

A termografia como ferramenta preditiva é uma técnica de manutenção preditiva através de inspeção por instrumento, para se identificar pontos críticos e vulneráveis de circuitos elétricos (de telecomunicações) baseados na emissão de calor de seus componentes e partes como: disjuntores, chaves seccionadoras, fusíveis, contatores, conexões, barramentos, etc.

O instrumento utilizado é a câmara termográfica, constituída de sensores de radiação na faixa do espectro do infravermelho e que registra em tonalidades de cores diferenciadas em escala gradativa as emissões de calor dos “pontos quentes” em função da temperatura de cada um deles.

A inspeção termográfica pode ser realizada com os equipamentos em operação normal, não acarretando qualquer risco ao funcionamento ou a sua segurança ou da infraestrutura ou pessoal.

A motivação principal da aplicação dessa ferramenta preditiva é a identificação de pontos de possíveis falhas, para possibilitar ações, antes que elas ocorram e, sobretudo para direcionar a intervenção da manutenção corretiva de forma programada, ponderada ao grau de criticidade do “ponto quente”, na importância estratégica de cada circuito, bem como na disponibilidade requerida para cada circuito, considerando o impacto provocado pela sua paralisação, no contexto empresarial.

Levando em consideração técnicas operacionais:

➤ São considerados “pontos quentes” as partes dos circuitos que apresentam temperatura superior a Máxima Temperatura Admissível para o funcionamento em regime contínuo de cada componente ou “parte de circuito elétrico ou eletrônico” em inspeção. Assim, cada componente pode apresentar valores diferentes de MTA. Esses valores podem ser obtidos através de normalização disponível ou fornecidos pelos fabricantes.

➤ Os valores de MTA genericamente podem ser considerados de 60° para cabos isolados em subestações ou redes de distribuição de energia elétrica ou 70° para as demais aplicações e 90° para conexões. As medições finais são corrigidas em função da temperatura ambiente e para a condição de carga nominal.

Concluimos também inúmeras vantagens da utilização desse processo: estoques, consumo de energia, tempo, avaliação das cargas nos painéis, apoio à equipe de manutenção, planejamento, vida útil, investimento.

Diante dos fatores apresentados neste artigo, é visto que é necessário e é de grande importância hoje a utilização dessa técnica, tanto no aspecto social, educacional, financeiro e de produção das empresas no geral.

Referências

INSPEÇÃO termográfica de componentes ou equipamentos de processo. São Paulo: Dublin. Disponível em: <<http://www.eletrodublin.com.br/inspecao-termografica-de-componentes-ou-equipamentos-de-processo.html>>. Acesso em: dez. 2010.

MANUTENÇÃO de sistemas elétricos. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/manutencao-de-sistemas-eletricos-doc-a45163.html>>. Acesso em: dez. 2010.

PELLIZZARI, E. et al. Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos. In: CBECIMat, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-307-001.pdf>>. Acesso: dez. 2010.

PERES, L.D.P. Avaliação das propriedades mecânicas de peças pré-moldadas submetidas à cura térmica pelo método da maturidade: estudo de caso. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/39527631/termografia>>. Acesso em: dez. 2010.

TERMOGRAFIA. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/termografia>>. Acesso em: dez. 2010.

TERMOGRAFIA. Americana, SP: MHF Manutenção Preditiva. Disponível em: <www.mhfpreditiva.com.br>. Acesso em: dez. 2010.

TERMOGRAFIA. Londrina, PR: RV Tech Engenharia Elétrica, 2010. Disponível em: <http://www.rvtechengenharia.com.br/termografia_vantagens.html>. Acesso em: dez. 2010.

TERMOGRAFIA Brasil. Disponível em: <<http://termografiabrasil.blogspot.com/2010/04/importancia-da-infra-estrutura-das.html>>. Acesso em: dez. 2010.

A TERMOGRAFIA: qualidade total. São Paulo: OHMICROM. Disponível em: <www.ohmicrom.com.br/termografia.htm>. Acesso em: dez. 2010.

VANTAGENS DA INSPEÇÃO TERMOGRAFICA. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/vantagens-da-inspecao-termografica-ppt-a39455.html>>. Acesso em: dez. 2010.

