

Análisis por imagen termográfica de equipos eléctricos en operación en una planta industrial

Analysis of electrical equipment in operation by thermographic image in an industrial plant

Miguel Angel Vázquez⁽¹⁾, Juan Fatecha Roa⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN), UNA

Email: mvazquez@rieder.net.py

Recibido: 22.09.2016

Aceptado: 04.11.2016

Resumen: El estudio fue realizado con el objetivo de diagnosticar componentes defectuosos de dispositivos eléctricos de usos en la industria. Para el análisis se aplicó el método de termografía sin contacto, mediante el uso de la cámara termográfica. La aplicación de la termografía fue realizada en diferentes dispositivos eléctricos de distribución de energía de bajo y alto voltaje. Los resultados del estudio señalan que todos los dispositivos que operan a bajo voltaje, presentaron variaciones de temperaturas, que en varios casos superaron los 30 °C; los dispositivos que operan a alto voltaje no presentaron variaciones significativas de temperaturas. Se concluye que usando la cámara termográfica es posible minimizar riesgos y sus consecuencias por fallas en los equipos eléctricos que operan especialmente a bajo voltaje, y ha demostrado ser una herramienta muy útil para el control de calidad de los dispositivos eléctricos en operación.

Palabras claves: imagen termográfica, cámara termográfica, , dispositivo eléctrico

Abstract: The study was conducted in order to diagnose faulty components of electrical devices of uses in industry. For the análisis, the applied method is contactless thermography, using the thermographic camera. The application of thermography was performed on different electrical power distribution devices under low and high voltage. The study results show that all devices operating at low voltage present temperature variations that in them, many exceeded 30 ° C. Devices operating at high voltage do not present significant temperature variations. It is concluded that using the thermal image it is possible to minimize risks and consequences due to faulty electrical equipment especially those operating at low voltage, and its use has proved to be a useful tool for quality control of electrical devices in operation.

Keywords: thermographic image, thermographic camera, electrical device.

1. Introducción

La termografía es una técnica que permite, a distancia y sin contacto, medir la distribución de temperatura en la superficie de un cuerpo. Para ello se hace uso de la cámara termográfica que puede medir en forma rápida y segura, superficies calientes, peligrosas o dañar objetos [1].

La aplicación más común de la termografía involucra la inspección a sistemas eléctricos de usos en las industrias. El principio fundamental sobre el cual se basa esta aplicación es que cualquier dispositivo que conduzca una corriente produce calor, a consecuencia de las pérdidas de energía producidas en él por su resistencia. Si se localiza una región de alta resistencia, formada por corrosión o una conexión deficiente, esta producirá un punto caliente, el cual puede ser detectado por la cámara termográfica, y a través de mediciones y análisis se puede cuantificar el grado de severidad de este problema.

La base para la tecnología de imágenes infrarrojas es que cualquier cuerpo cuya temperatura esté por encima de los 0 K radia energía infrarroja. La cantidad de energía radiada es una función de la temperatura del cuerpo y de su eficiencia relativa de radiación, propiedad conocida como emitancia [2].

La cámara termográfica captura la energía infrarroja emitida desde el objeto, que pasa a través del sistema óptico y se convierte en una señal eléctrica, ésta señal se muestra como lectura de la temperatura o imagen térmica en la pantalla de cristal líquido.

La región infrarroja esta localizada entre la región visible y de microondas del espectro electromagnético y abarca la región entre 0,7 y 14 μm [3]. La región infrarroja se divide en banda infrarroja de longitudes de ondas. El infrarrojo próximo que abarca longitudes de onda en el rango de 0,7 a 1,3 μm , es denominado también infrarrojo reflejado y fotográfico, puesto que puede detectarse a partir de films dotados de emulsiones especiales. El infrarrojo medio que cubre el rango de 1,3 a 8 μm , y el infrarrojo térmico que cubre la región entre 8 a 14 μm , que incluye la porción emisiva del espectro terrestre (p.50).

El equipo de infrarrojo se diseña para operar ya sea en la banda de longitudes de ondas largas o bien en la banda de longitudes de ondas medias. La banda de longitudes de ondas largas incluye un espectro más amplio de temperaturas bajas, mientras que la banda de longitudes medias incluye un rango de temperaturas mayores.

La inspección termográfica en sistemas eléctricos se basa en la detección de problemas en forma rápida y sin interrumpir el funcionamiento del equipo, mediante el monitoreo de cambios de temperaturas con la cámara termográfica y su posterior análisis en el ordenador para la elaboración de un informe de los equipos, dispositivos o muestras examinadas [4].

La identificación y localización de este tipo de problemas es de mucha importancia para la prevención, puesto que la presencia de regiones de estas características en sistemas eléctricos produce calor; este calor eleva la resistencia y más resistencia produce aún más calor. Este ciclo de causa-efecto resulta eventualmente en una condición crítica y en el peor de los casos en una falla del sistema eléctrico. La evaluación y reparación de este problema a tiempo permite que el sistema sea confiable y se mantenga dentro de los límites establecidos de productividad. Los beneficios directos se derivan de la reducción del costo en reparaciones, de la reducción del tiempo de inactividad del sistema y del incremento de la eficiencia y seguridad del sistema.

El presente trabajo fue realizado con el objeto de analizar imágenes termográficas de los dispositivos eléctricos en general de usos frecuentes en las industrias para tomar acciones correctivas necesarias, antes de que se presente un siniestro de consecuencias impredecibles. Este informe es una contribución de los autores para difundir los conocimientos adquiridos, y es parte del estudio realizado en el marco del trabajo de grado, presentado y defendido para optar el título de licenciatura en ciencias, mención física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción [5].

2. Metodología

Materiales

En el estudio se utilizaron los siguientes equipos: Cámara termográfica Fluke Ti20 Thermal Imager; termómetro digital Fluke 52; cámara digital JVC MX-4000; una computadora personal con el software inside IR y una cinta métrica. Algunas especificaciones térmicas, ópticas, controles y operativas de la cámara termográfica pueden verse en forma resumida en el cuadro N° 1.

Muestras y dispositivos electricos analizados

Para el estudio se consideraron 10 muestras de diferentes dispositivos eléctricos, 6 de ellos fueron equipos eléctricos de operación de voltajes, menor a 380 voltios y cuatro dispositivos eléctricos que operan con altos voltajes, mayor a 3800 voltios.

Los dispositivos eléctricos muestreados fueron tableros eléctricos, sección fusibles, llave principal, seccionador de media tensión y transformadores, pertenecientes a diferentes plantas industriales. La inspección de los dispositivos eléctricos fue realizada en diferentes plantas industriales durante el segundo semestre de 2007. Por razones de compromisos y política de la empresa proveedora del equipo utilizado en el estudio no se puede mencionar y detallar los nombres de los establecimientos. El detalle de los equipos monitoreados puede verse en el Cuadro N° 2

Cuadro N° 1: Especificaciones técnicas de la cámara Fluke Ti20

Magnitudes	Características
Rango de temperaturas:	-10 a 350 °C
Tipo de detector	Matriz de plano focal (FPA) de elemento termico de 128 x 96 microbolómetros o refrigerado
Campo de vision (FOV)	20° horizontal x 15° vertical
Resolución óptica	75:1
Enfoque:	Ajustable, 15 cm al infinito
Presición	±2 % o ±2 °C
Rango espectral	7,5 a 14 μm
Emisividad ajustable	0,1 a 1,00 por 0,01
Resolución para la indicación de temperatura:	≤ 0,1 °C

Fuente: Adaptación de [5] y [6]

Cuadro N° 2: Dispositivos eléctricos y puntos de inspección

Muestras	Dispositivos Eléctricos analizados	
	Puntos de inspección	Tensión de operación
1	Tablero de bombas vaciadoras	380 voltios
2	Sección fusible-barra alimentadora	380 voltios
3	Tablero general de transformador, T 5	380 voltios
4	Llave principal descorticadora	380 voltios
5	Tablero general de transformador, T 3	380 voltios
6	Tablero laminadora	380 voltios
7	Transformador, T 3	380/23000 voltios
8	Seccionador de media tensión	23000 voltios
9	Transformador, T 4	380/23000 voltios
10	Transformador, T 8	23000 voltios

Fuente: Adaptación de [5]

Procedimientos

Para realizar la inspección termográfica se pone en funcionamiento la cámara y para cada muestra de dispositivos eléctricos monitoreados fueron medidos los siguientes parámetros físicos: a) Temperatura de ambiente, que es medido con el termómetro digital Fluke 52; b) La distancia del dispositivos eléctricos y la cámara, medida con una cinta métrica para las muestras que se encuentran en lugares accesibles, caso contrario se estima el valor aproximado de la distancia; y c) La emisividad que para todos los casos fue graduada a 1 (uno), debido a que no se conocen los valores de emisividad de los componentes de cada muestra.

Una vez especificados los valores de los tres parámetros físicos, temperatura ambiente, emisividad y la distancia, se inician la operación para captar la imagen digital de la muestra considerada. La operación de la inspección se realiza apuntando la cámara a la muestra en estudio, haciendo que la imagen de la muestra aparezca nítida en la pantalla de la cámara termográfica; momento en que es capturada la imagen de muestra. Si la imagen es satisfactoria, se almacena la imagen obtenida.

Durante el trabajo de estudio, se almacenaron en la cámara siete imágenes de muestras de equipos que operan a bajo voltaje, menor a 440 voltios y tres dispositivos que operan a alto voltaje, mayor a 440 voltios. Las imágenes obtenidas luego fueron descargadas en la computadora para ser analizado con el programa Inside Ti20.

Mediante el análisis en la computadora de la imagen de las distintas muestras se obtuvieron los valores de temperatura de referencia, temperatura del punto caliente, temperatura máxima del entorno del punto caliente, temperatura mínima del entorno del punto caliente y temperatura promedio del entorno del punto caliente. El análisis se basa en el espectro de colores generada en la imagen de cada muestra en el que cada color significa una temperatura distinta. El análisis de la imagen obtenida por el programa Incide Ti20, proporciona un informe de inspección termográfico.

Inspección termográfica

Para cada equipo monitoreado fue realizado un informe de inspección termográfica en base a criterios utilizados en [7], que constan de un reporte en el que se definen los siguientes términos y criterios:

- a) Temperatura del punto caliente en grados Celsius, se define como el punto detectado de mayor temperatura en el equipo analizado.

- b) Temperatura de referencia en grados Celsius, es la temperatura a la que se encuentra trabajando el resto del equipo y la que se considera como la temperatura normal de operación.
- c) Incremento de temperatura en grados Celsius (ΔT), es la diferencia entre el punto caliente y la temperatura de referencia. Este es un indicativo directo de la criticidad del punto caliente y del procedimiento recomendado para corregir la anomalía.
- d) Causa probable o descripción del problema, acorde a lo analizado con el ingeniero y/o técnico que acompañó la inspección, se establece la posible causa que genera el punto caliente.
- e) Procedimiento recomendado, con base a los análisis anteriores, se determina el procedimiento a seguir y se da un tiempo recomendado de ejecución.
- f) Los equipos que trabajan con voltajes superiores a 440 voltios, son considerados como de alto voltaje. Para los equipos que trabajan con voltajes inferiores a 440 voltios se considera como de bajo voltaje.

Parámetros de comparaciones

Para establecer la escala de prioridad de la situación de riesgo de los diferentes equipos eléctricos monitoreados, basada en la diferencia de temperatura entre el punto caliente y la temperatura de referencia, que es la temperatura normal de operación, fueron considerados los criterios establecidos en el manual de riesgo dado en [7], y que se citan en la inspección termografica (punto 2.4)

3. Resultados y discusión

Cada dispositivo eléctrico fue analizado a través de su imagen infrarroja, utilizando el software de imágenes Inside IR. Los resultados y el análisis correspondientes a cada dispositivo eléctrico estudiado se detallan a continuación:

La muestra N° 1, presentó un punto caliente con una temperatura igual a 129,2 °C, y un incremento de temperatura de 92,4°C respecto a la temperatura de referencia. Se observó una temperatura promedio de 62,3°C.

La muestra N° 2, presentó un punto caliente de 70,2 °C en la barra alimentadora fase S, con un incremento de temperatura igual a 22,2 °C con relación a la temperatura de referencia, y una temperatura promedio igual a 51,1°C.

El dispositivo eléctrico tomado como muestra N° 3, se caracterizó por una temperatura en el punto caliente que llegó a 61,7 °C, con un incremento de temperatura igual a 25 °C respecto a la temperatura de referencia y una temperatura promedio de 35,3 °C.

El aparato eléctrico de la muestra N° 4, presentó una temperatura en el punto caliente de 107 °C con una variación térmica de 49,3 °C y promedio de 63,2 °C.

La muestra N° 5, presentó un punto caliente de 233,3 °C con una variación de temperatura de 167,7 °C respecto a la temperatura de referencia, y una temperatura promedio de 95,7°C.

La muestra N° 6, experimentó un valor de 103,3 °C en el punto caliente con un incremento de temperatura de 30,2°C y un promedio de 67,5°C.

Por su parte el dispositivo eléctrico de la muestra N° 7, mostró en el punto caliente un valor de 93,4 °C con un incremento de temperatura de 50,1 °C y un promedio de 51,6 °C.

Los dispositivos eléctricos de las muestras N° 8, 9 y 10 presentaron incrementos de temperaturas muy pequeños en relación a la temperatura de referencia, debido a que el valor de la temperatura del punto caliente fue insignificante.

Puede notarse que tres de los dispositivos eléctricos analizados presentaron incrementos de temperaturas entre 20 y 30 °C (muestras N° 2, N° 3 y N° 6), calificados como de condición moderada y deben ser corregidos las piezas en un plazo no mayor a 30 días, según el manual de riesgos utilizados [7].

En cambio las muestras N° 1, N° 4, N° 5 y N° 7, presentaron incremento de temperatura mayor a 30 °C, obteniendo valores de 92,4 °C; 49,3 °C; 167,7 °C y 50,1 °C respectivamente, calificados de condición crítica y deben ser corregidos las piezas analizadas en un plazo no mayor a 8 días, de acuerdo al manual de riesgos utilizados [7].

Para visualizar el contraste de la imagen digital y la termográfica, se muestran para los dispositivos eléctricos de las muestras N° 4 y N° 5, dispositivos que presentaron los valores más altos de incrementos de temperaturas, según pueden verse en las figuras N° 1, y N° 2.

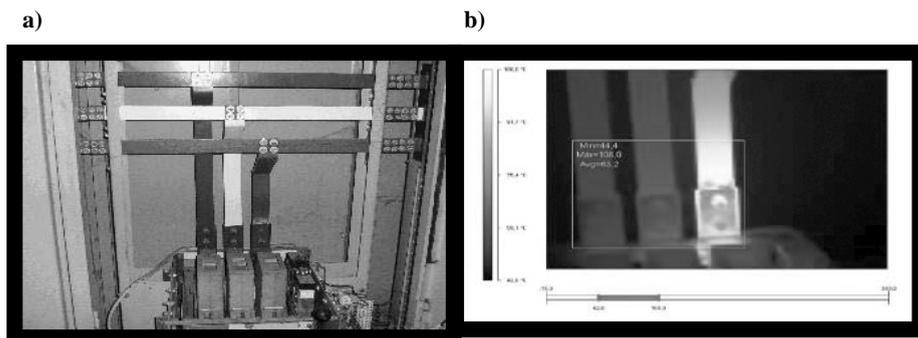


Figura N° 1: Imágenes de la muestra N° 4: a) Digital y b) Termográfica
Fuente: Adaptación de [5]

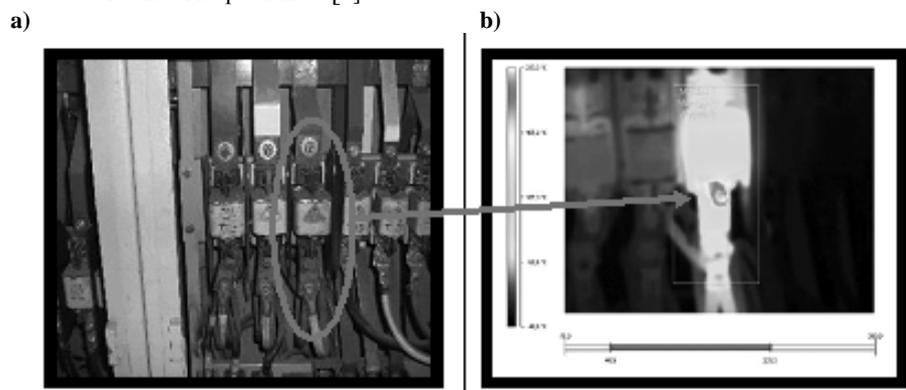


Figura N° 2: Imágenes de la muestra N° 5: a) Digital y b) Termográfica
Fuente: Adaptación de [5]

4. Conclusión

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, y basadas en los parámetros estándares sobre la escala de prioridad de la situación de riesgo, basada en el incremento de temperatura, se destacan algunas conclusiones que se citan a continuación:

- a) La mayoría de los equipos monitoreados presentaron incremento de temperatura próximo a 30 ° C y otros equipos por encima de 30 °C, calificados como de situación grave y crítica con un alto riesgo de producir eventos de incendios.
- b) La técnica utilizada permitió diagnosticar con objetividad el estado de funcionamiento de los dispositivos eléctricos, para realizar los mantenimientos correctivos necesarios y evitar siniestros de consecuencias impredecibles.

Referencias bibliográficas

1. Torres, C. Análisis de imágenes infrarrojas: Inspección de cableado eléctrico. Tesis (M. Sc.). Tonantzintla Puebla, México. Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica. 1998
2. Faires, V.; Simmang, C. Radiación Térmica. En Termodinámica. 6a edición. México: UTEHA. p. 552-559. 1990.
3. Emilio Chuvieco. Fundamentos de Teledetección Espacial. Segunda edición. Madrid, Ediciones Rialp, S. A. 1990
4. Cuenca, R. Mantenimiento predictivo. Para la gente de mantenimiento. (ARG). 12 (29): 89-97. 1993.
5. Fatecha R. Juan. Análisis de imágenes infrarrojas de equipos eléctricos de una planta industrial: Estudio de casos. Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción como requisito para la obtención del Grado de Licenciatura en Física. 2008
6. Fluke Corporation.. Manual de uso Fluke Ti20 Thermal Imager.[Internet] Spanish. 68p.;206 citado 2008 [http:// www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti20](http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti20) acces 2008 [http:// www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti20](http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti20) acces 2008.
7. ACE Risk Management Services Latin América. Informe de Inspección Termográfica. Buenos Aires. 30p. 2001.