



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS”

AUTORIA JOSE ANTONIO CANO CORTÉS
TEMÁTICA APLICACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS
ETAPA CICLO FORMATIVO DE GRADO MEDIO Y SUPERIOR

Resumen

En el ámbito del mantenimiento predictivo, es necesario que el alumno conozca y se familiarice con nuevas técnicas utilizadas por empresas. La Termografía Infrarroja es una técnica no destructiva, muy versátil, que, entre otras aplicaciones tiene la característica de ser capaz de suministrar información en torno al análisis de instalaciones térmicas y fluidos. Análisis de temperaturas y sus variaciones que en cualquier instalación vienen a predecirnos futuras averías. Por ello es importante que el alumno la conozca y realice sus pertinentes prácticas.

Palabras clave

- Rayos Infrarrojos
- Termografía
- Análisis de Datos Termográficos
- Aplicaciones Termográficas en el Mantenimiento Predictivo
- Instalaciones Térmicas y de Fluidos.
- Hoja de protocolos termográficos

1. ANÁLISIS TERMOGRÁFICO DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS

1.1. Introducción

Una de las funciones básicas a desarrollar en nuestras aulas y talleres, es la del montaje y puesta en marcha de una instalación frigorífica, ya sea de frío industrial, aire acondicionado, climatización ó similar, y junto a ello, el mantenimiento de todas esas instalaciones.

Atendiendo a los tipos de mantenimiento existentes, podríamos resumirlas esquemáticamente en tres tipos:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

Mantenimiento correctivo: Es aquel en el cual el mantenimiento se produce una vez se ha producido un fallo o rotura de cualquier parte o componente del sistema. Ha quedado numerosas veces demostrado que es el menos económicamente rentable y se limita en la práctica a reparar el fallo producido, (sustitución del componente averiado, etc) y su posterior puesta en marcha nuevamente hasta que vuelva a ser detectado otro fallo o avería. En este tipo de mantenimiento no se prevén costes, tiempos útiles de servicio, estudios de rentabilidad, y lo que es aún peor, no se tiene conocimiento de diseños erróneos de fabricación, instalación y mantenimiento, al no llevarse un estudio sistemático de averías, y del que el alumno sí deberá integrar en sus conocimientos procedimentales.

Mantenimiento preventivo: Es el siguiente escalón en la mejora del mantenimiento. En ésta ocasión se efectúan las labores de mantenimiento, antes de que se produzca cualquier tipo de avería. Esto nos está indicando que ya existe una “previsión” de uso, lo que va a permitir elaborar informes de cuentas en gastos de mantenimiento, haciendo la empresa más rentable y moviéndose con menos incertidumbre. Normalmente vienen establecidas las secuencias de mantenimiento mediante una planificación y estudio y generalmente se realiza a través de revisiones periódicas programadas y/o rutinarias. Permite además controlar fallos de diseño, uso ó mantenimiento, al ser estudiadas las averías sistemáticamente.

Mantenimiento predictivo: La tendencia en el sistema de trabajo actual, debido a exigencias económicas, de producción ó medioambientales a las que están sometidas las empresas, es maximizar el uso de las instalaciones, y para ello se hace imprescindible un tercer tipo de mantenimiento complementario a los dos anteriores que nos permita “predecir” y localizar mediante estudios el momento oportuno y más rentable para efectuar cualquier trabajo de mantenimiento, sustituciones, paradas, etc. consiguiendo así de cualquier elemento que participe en un sistema, su máximo rendimiento, sin que afectase negativamente a otros componentes o partes del sistema debido a una sobreexplotación, pudiendo llegar a la rotura.

Es en éste ámbito del mantenimiento predictivo, cuando se hace necesario que el trabajador conozca y se familiarice con las técnicas utilizadas por la mayoría de las empresas, y es además en éste mismo ámbito, donde el empresario no puede perder comba ante empresas competidoras.

Una de éstas novedosas técnicas integradas en el mantenimiento predictivo y que entran en juego en el análisis de innumerables instalaciones, dotándola de aún mas productividad, por su rapidez, comodidad, eficacia y prestaciones, es el “Análisis Termográfico”.

1.2 Fundamentos de los rayos infrarrojos

Los rayos infrarrojos fueron descubiertos en el año 1800 por Sir Frederick William Herschel, alemán de nacimiento (Hannover, 1738), emigrado a los 19 años a Inglaterra. Herschel se interesó por los cambios de temperaturas provocados por la luz del sol, cuando se les hacia pasar a través de filtros de colores. Notó, que en función del filtro utilizado, el nivel de temperatura obtenido era distinto. Fue formando así un espectro de colores, conformado en un primer momento por el espectro visible al ojo



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

humano que se corresponde con los colores del arco iris que se obtiene al hacer pasar un haz de luz a través de un prisma.

Verificó también que más allá del color rojo, existía un espectro invisible al ojo humano y que como propiedad adicional, tenían niveles de temperaturas más altos, comprobando además que todas estas radiaciones electromagnéticas, visibles o no al ojo humano, se comportan de la misma forma en función de su reflexión, refracción, absorción y transmisión.

Era la primera vez que alguien descubría radiación fuera del espectro visible, y dado que el espectro se encontraba en nivel inferiores al color rojo, finalmente fueron denominados “Rayos Infrarrojos”.

Por definición, la radiación infrarroja es aquella radiación electromagnética que tiene una longitud de onda entre 0,78 micras (0,78 partes del millón del metro) y se pueden dividir en tres grupos en función de lo cercano que se encuentren del espectro visible al ojo humano, y que son los: Cercanos, Medios y Lejanos. La Termografía actual, se ocupa de toda la banda de espectro Medio.

1.3 Termografía Infrarroja (TI)

Centrados en el cero absoluto ó temperatura de la que no es posible bajar, (273°C negativos), cualquier material sometido a esa temperatura, no desprenderá ningún tipo de radiación infrarroja. A partir de ahí y a medida que el cuerpo adquiera una temperatura superior, emitirá siempre un nivel de rayos infrarrojos. La intensidad de los rayos infrarrojos emitidos por cualquier materia va a depender principalmente de a la temperatura a la que se encuentre el objeto, aunque también influirá en menor medida otras características tales como el material, el color y otras características superficiales del objeto.

Para la práctica en Termografía, es necesario conocer que cualquier objeto que absorba la totalidad de la radiación infrarroja, va ser considerado como un Cuerpo Negro, es decir, estos cuerpos no van a reflejar ninguna parte de esa radiación infrarroja. Estos cuerpos negros son los únicos que cualquier radiación que ellos emitan va a depender únicamente de su temperatura.

Definimos la “Emisividad” de un objeto a una temperatura dada, como el cociente entre la energía infrarroja emitida por ese cuerpo, entre la emitida por un cuerpo negro. Se intenta que las Cámaras Termográficas tengan un valor de emisividad cercano a la unidad.

En otras palabras, las Cámaras Termográficas hacen que los distintos valores de emisividad de posee un objeto no queden traducidos en variaciones de temperatura y que la imagen resultante después de su proceso, sean puramente relativos a su temperatura.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

La física nos permite medir la cantidad de radiación electromagnética emitida en cualquier ancho del espectro. Es la Termografía la que se encarga de estudiar la radiación electromagnética, concentrándose solo en el ancho del espectro en su franja denominada Infrarroja.

Este estudio va a consistir, en la medición mediante sensores de la radiación infrarroja emitida por la “*superficie*” de un objeto. Éstos diferentes niveles de radiación percibida, nos indica distintos niveles de temperatura en la “*superficie* de ese objeto. Si procesamos y traducimos éstas temperaturas como una imagen formada por un espectro de colores, y a cada color se le adjudica un nivel de temperatura, habremos proporcionado una distribución térmica del objeto en función del mapa de colores obtenido.

La Termografía Infrarroja (TI), es por tanto una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto físico con el objeto, medir y visualizar mediante una imagen, las temperaturas de ese objeto en dicho momento ó con el paso del tiempo. Nos permite por tanto no solo determinar la temperatura de un objeto en un momento determinado, sino cualquier variación termal, cualquier enfriamiento o calentamiento, cualquier intercambio térmico, a que niveles se producen, con que intensidad ó velocidad y todo ello en tiempo real.

1.4 La Cámara Termográfica

La cámara termográfica es elemento que nos va a permitir capturas imágenes térmicas, en donde cada pixel de la imagen obtenida, va a indicar que nivel de temperatura posee el objeto, en función de que colores se hayan obtenido.

Los colores generalmente variarán desde el color Negro al Blanco. La gama de colores que van desde el Negro-Azul se le adjudican a los niveles fríos y la gama de Rojos-Amarillos-Blanco, los niveles más cálidos, siendo éste último el de mayor nivel de temperatura.

Para la correcta interpretación de a que temperatura se encuentra el objeto, se procederá a la comparación de los niveles de colores obtenidos con una paleta de colores. Este Termograma de referencia estará compuesto por las distintas posibles variaciones de color.

Una cámara termográfica, en todos los modelos existentes, de base se compone de los siguientes elementos principales: lentes, filtros, sensor, procesadora de Imagen, pantalla y software.

El sensor, el elemento más característico y principal, y merecedor de un comentario adicional.

El sensor es un microbolómetro, es decir, una matriz de pixeles normalmente construidos en silicio, con circuitos integrado y contactos eléctricos, todos ellos a “escalas micro”. Los tamaños estandar de esta matriz serán dos en función de su resolución, uno de baja resolución a 160 x 120 pixeles y uno de mayor resolución a 320 x 240 pixeles.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

Con la incidencia de las ondas electromagnéticas en forma de radiación infrarroja sobre cada pixel que constituye la matriz, ésta tiene la facultad esencial de transformar esa recepción en cambios propios de temperatura y convertirlas en señales eléctricas al haber cambiado la resistencia eléctrica del sensor. Queda finalmente traducir esas señales eléctricas del pixel en color. Por tanto, a mayor número de pixeles, mayor resolución y de igual forma a menor tamaño del pixel (25 micras) mayor resolución.

1.5 Ventajas e inconvenientes de la Termografía

Ventajas:

Son ensayos no destructivos

Las inspecciones pueden realizarse con las instalaciones en funcionamiento, con la consiguiente reducción de pérdidas económicas debidas a las paradas por inspección ó por averías producidas, aumentando la vida útil de los equipos.

Determinación exacta del punto deficiente, reduciendo con ello los tiempos de reparación.

Se realizan sin contacto físico directo y a distancia entre el operador y la máquina, reduciendo accidentes.

Permite visualizar in situ y en tiempo real los posibles defectos, facilitando acortar los tiempos de decisión.

Inconvenientes:

Solo se toman lecturas sobre superficie, pasando por alto cualquier defecto interno que no provoque cambio de temperatura en la superficie.

Relativamente caro en la actualidad.

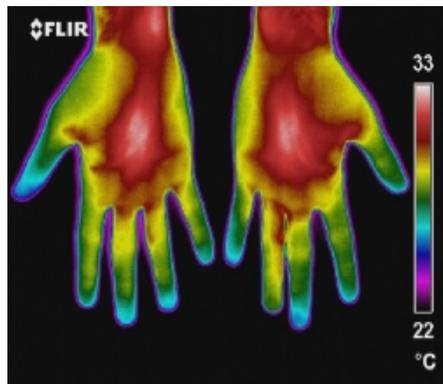
Requiere personal cualificado y formado en la interpretación de los resultados obtenidos.

1.6 Técnicas Termográficas

Existen como práctica usual, dos métodos ó técnicas para la ejecución de la termografía, en función de los elementos a estudiar:

Termografía Pasiva:

En éste caso, la termografía se realiza directamente sobre el cuerpo de estudio. Será el calor del propio cuerpo el que transmita los rayos infrarrojos hacia la cámara, realizándose de ésta manera el termograma. Es evidente suponer que ésta es la técnica más usual empleándose en todas las situaciones en las que de por sí existan temperaturas distintas entre componentes ó intercambio de calor entre ellos. Alguna de las aplicaciones típicas de la Termografía pasiva son las inspecciones de fugas en cámaras frigoríficas, comprobación de funcionamiento de dispositivos de expansión, funcionamiento de rodamientos en compresores, posibles defectos eléctricos en caja de bornas, etc.



Termografía Activa:

En el caso de realizar un termograma a un cuerpo que presente sobre su superficie una temperatura constante, la imagen resultante sería una imagen monocolor y sin gradientes, de la cual en principio sería difícil obtener algún tipo de conclusión, salvo su temperatura. Es necesario entonces proceder a “inducir” un flujo de calor al material. Debido a la diferencia del coeficiente K de transmisión de calor en distintos materiales, si realizamos un termograma en estas condiciones, se podría comprobar por ejemplo la pureza o impurezas en un material, comprobar la homogeneidad y solidez en soldaduras, sus grietas, corrosión, etc.

Las aplicaciones generales son innumerables, en cualquier entorno donde el campo de medición de temperaturas, sea un factor utilizable, se tendrá una eficaz herramienta.

1.7 La termografía en el Mantenimiento Industrial Preventivo

El análisis termográfico en el mantenimiento industrial es especialmente efectivo, entre otros:

Líneas eléctricas, baja y alta tensión.

Cuadros eléctricos: sus apartamentos, conexiones, bornes, fusibles, etc

Motores eléctricos. Alternadores, dinamos y bobinados en general.

Rodamientos, cojinetes, acoplamientos mecánicos.

Calderas, Hornos.

Instalaciones térmicas de frio industrial y climatización, etc.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 23 – OCTUBRE DE 2009

La termografía en la construcción

Fugas energéticas

Estudios de ahorros energéticos. Eficiencia y confort.
Detección de empujones y humedades
Fugas en tuberías y canalizaciones
Aire acondicionado, calefacción, ventilación
Sistemas de detección de incendios
Construcción o modificaciones defectuosas
Estudio de ampliaciones ó reformas
Fisuras y grietas en cubiertas, etc.

La termografía para la Eficiencia Energética

En la actualidad, se ha impulsado una mentalidad ecológica en la que se hace incapié en actuaciones medioambientales y entre ellos el ahorro energético. Se debe aplicar en dos vertientes, tanto en nuevas construcciones e instalaciones, tanto como una mejora energética en las instalaciones ya realizadas, y en las que el mantenimiento sea un valor añadido para una reducción considerable en el consumo energético.

La termografía en Ventilación

Aislamiento de refractarios
Tanques y depósitos
Tuberías y válvulas
Calentadores/Hornos
Manufactura de equipo
Industria del plástico
Fundición

La termografía en Instalaciones térmicas y de fluidos

Cámaras frigoríficas: son especialmente adecuadas para comprobar mediante su visualización, las posibles fugas que posea la cámara, principalmente por las zonas de uniones, tornillería, marcos de puertas, taladros efectuados para el paso de tuberías y canalizaciones, etc. Con ésta detección se gana en eficiencia energética, ahorro de costes, etc.

Visualizar cualquier rotura de aislamiento en cualquier conducción, sea fría o caliente.

Intercambiadores de calor: comprobar el correcto funcionamiento en función de los gradientes de temperaturas obtenidos.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

Detección de fallos en equipos totalmente ocultos a la vista como por ejemplo suelos radiantes, conductos de calefacción o refrigeración.

Comprobación de los saltos térmicos en la instalación: en evaporadores, condensadores, dispositivos de expansión, etc.

En compresores, funcionamiento de rodamientos, cojinetes, pistones, bobinado, caja de bornas, etc.

Estudio de rendimientos en calderas y hornos.

2. ACTIVIDADES DE CLASE

Objetivos

Con las siguientes actividades que se plantean, se intenta comprobar que los alumnos han comprendido los conceptos que se han pretendido dar así como ejecutar mediante protocolos de trabajos las actividades de forma eficaz y segura.

Actividad nº 1

Los alumnos de forma individual y durante 20 minutos realizarán una lectura comprensiva del artículo anterior el cual lo tendrán en soporte papel sobre sus mesas. Realizando a su vez esquemas conceptuales, subrayados y anotando las ideas y conceptos fundamentales.

Posteriormente el profesor durante unos 20 dará algunas indicaciones o aclaraciones al respecto.

Seguidamente y sin el artículo por delante, dispondrán de 20 minutos para responder por escrito a las siguientes cuestiones:

- 1º.- Enumera los diferentes tipos de mantenimiento que existen.
- 2º.- En que tipo de mantenimiento se encuadra los Estudios Termográficos? ¿Porqué?
- 3º.- Unos de los elementos existentes en una cámara termográfica es el Sensor. Describe sus características principales y su función.
- 4º.- Diferencias entre Termografía Activa y Pasiva
- 5º.- Algunos ejemplos de aplicación del análisis termográfico en el mantenimiento industrial.

Actividad 2

Conocimiento y uso de la Cámara Termográfica (1 hora)

Para ello, junto con la exposición del profesor, se comenzará con el estudio y comprensión del Manual de Instrucciones de la cámara. Se atenderá a las partes fundamentales de la misma y el procedimiento de uso. Se ejecutarán por parte del profesor y como modelo, distintas lecturas térmicas de diferentes



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

piezas existentes en el taller y equipos, dispuestas específicamente para ello. Y en la que se incluirá al menos, piezas donde aplicar la Termografía Activa y Pasiva, con resultados previstos esclarecedores, que ayuden a interiorizar la teoría, así como ejecutar fallos y averías provocadas en distintas partes de la instalación que de igual forma sean ejemplificadoras.

Cada alumno realizará un Mapa de Color, en función de la pieza sometida al test y su color resultante.

Actividad 3

Los alumnos realizarán los mapas de color de cada instalación de Frío Industrial, Climatización o Ventilación que sea ejecutado por él, atendiendo a los componentes principales, y ajustado al siguiente guión orientativo:

- Mapa de color de los distintos componentes a “instalación parada”.
- Mapa de color de los distintos componentes a “instalación en marcha”
- Identificación de fugas en el circuito
- Identificación de obstrucciones
- Cuantificar la pérdida de calor en distintos equipos (Cámara frigorífica, Evaporador, Filtro deshidratador, Válvula de expansión Termostática, etc)

Actividad 4

El alumno realizará una memoria descriptiva técnica de todo lo estudiado y ejecutado (Conceptual y procedimental), en los que se incluirá al menos los siguientes puntos:

- Título y descripción de la práctica
- Objetivos de la práctica
- Materiales, herramientas y equipos empleados
- Procedimiento de su realización
- Pruebas, lecturas y ensayos.
- Conclusiones

3 EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES

Se espera que el alumno sepa identificar los elementos empleados (sus características y su uso) comprendiendo para ello las especificaciones propias del fabricante. Realizaran una prueba escrita sobre la teoría y prácticas realizadas y presentará un cuaderno con informe-memoria de actividades. El tiempo de ejecución, limpieza, orden y seguridad serán acordes a su formación. Cuestiones y preguntas

4 BIBLIOGRAFIA



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 – OCTUBRE DE 2009

Alonso, G., Cano, J.M., Fernandez, M., Garcia, M. y Solares, J. (1998) *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*.

Madrid: Marcombo.

Girón, M.A y Rahona, R. (2006). *Termografía infrarroja: Aplicación en los diversos ámbitos del campo industrial*. Santander: Universidad de Cantabria Escuela Técnica Superior de Náutica.

González, F.J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*.

Madrid: Fundación Confemetal.

González, G. y Lomer, M.M. (1999) *Estudio de un sistema de teledetección contra incendios con termografía*. Santander: Universidad de Cantabria Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.

Liddiard, C. (2004). *La activa microbolómetros: Un nuevo concepto de detección en infrarrojos*. Bellingham: Actas del SPIE.

Lomer, M.M. y Pérez, D. (1999). *Termografía infrarroja. Aplicación al mantenimiento de instalaciones eléctricas*. Santander: Universidad de Cantabria Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.

Septiembre de 2009