Termografía básica

Aprendé a leer una imagen térmica y a distinguir una diferencia real de temperatura de un reflejo.

Cómo comparar dos termografías de una fachada

Si entra parte del cielo en la imagen, la escala automática puede dedicar gran parte de la paleta a esa zona fría. Para comparar dos sectores de la pared, usá la misma escala y anotá sus límites. Leé la temperatura en puntos equivalentes de ambas imágenes.

Fundamentos técnicos

La termografía es un método de medición pasivo, sin contacto, en el que la distribución de la temperatura en las superficies se mide con el uso de una cámara termográfica. La cámara termográfica mide la radiación infrarroja de onda larga en el campo de visión y utiliza los resultados para calcular la temperatura del objeto medido.

Estos resultados se plasman en una imagen virtual coloreada (imagen térmica). Así se hace visible la distribución de la temperatura en la superficie del objeto.

Cada píxel de una imagen térmica representa un punto de temperatura en la superficie del objeto medido.El procesamiento de la imagen virtual coloreada considera la emisividad (e) de la superficie del objeto medido y la temperatura reflejada.Ambas variables se pueden ajustar manualmente en la cámara termográfica.

La termografía es una tecnología de medición de última generación por lo que respecta a la producción de imágenes.

Resolución

Resolución es la palabra usada para definir la habilidad del sensor de reproducir ciertos detalles de imagen muy pequeños.

La resolución se indica como el número total de píxels o el número de filas y columnas del FPA.

Las pantallas de los testo 875 y 881 tienen 160 x 120 píxeles, para un total de 19,200 píxeles.

Exactitud

La exactitud indica la cercanía del resultado de la medición al valor verdadero del parámetro.

La exactitud de los testo 875 y 881 es de ±2 °C o ±2 % de la lectura, lo que sea mayor.

Por tanto, si medimos una superficie con una temperatura real de 100 ºC con los testo 875 ó 881, los resultados de medición obtenidos no diferiran en más de 2 °C.

NETD - Sensibilidad térmica

La NETD (noise equivalent temperature difference - diferencia de temperatura equivalente a ruido) describe la menor diferencia en temperatura entre dos píxeles que la cámara puede medir. La NETD también se conoce como sensibilidad térmica.

A menor NETD, mayor exactitud en las termografías.

La sensibilidad térmica del testo 881 es inferior a 50 mK a una temperatura ambiente de 30 °C.

Para obtener una lectura correcta y determinar la distancia de medición apropiada (z), se deben tener en cuenta varios parámetros.

IFOVmeas - objeto medible más pequeño - basado en los datos de un teleobjetivo.

El IFOVmeas (measured instantaneous field of view) es la designación del objeto más pequeño cuya temperatura se puede medir de forma precisa con una cámara termográfica. Al IFOVmeas también se le llama marca de medición.

Ejemplo de objeto de mediciónLa cabeza de 1.3 mm de un alfiler se mide (círculo rojo = objeto visible más pequeño) contra un muro, a una distancia de 1 m.

Caso realLa cabeza del alfiler solo llena parte del píxel / bolómetro del detector. Consecuentemente, la temperatura medida por el bolómetro no corresponde ni con la temperatura del alfiler ni con la de la pared.El bolómetro solo hace un cálculo del promedio de los dos valores.

Caso idealEl objeto medido cubre caso por completo un píxel entero del detector. La temperatura medida por el bolómetro está muy cercana a la temperatura verdadera de la cabeza del alfiler.

Regla general: IFOVmeas = 3 x IFOVSólo si un objeto es tres veces mayor que el tamaño del objeto visible más pequeño un píxel del detector queda cubierto por completo. En este píxel se detecta la temperatura verdadera del objeto medido.

IFOV (instantaneous field of view) – objeto detectable más pequeño

El IFOV (instantaneous field of view), también conocido como IFOVgeo (resolución geométrica), es la medida de la habilidad del detector de resolver detalles en conjunción con el objetivo.

La resolución geométrica se representa en mrad y define el objeto más pequeño que se puede representar en la imagen del visualizador, según la distancia de medición. En la termografía, el tamaño de este objeto corresponde a un pixel.El valor representado en mrad corresponde al tamaño del punto visible [mm] de un píxel a una distancia de 1m.

IFOV - ilustrado según el teleobjetivo del testo 875-881

FOV – field of view (campo de visión)

El campo de visión de la cámara termográfica describe el área representada y localizada por el detector.

La cantidad se expresa en ángulos, independientemente de la distancia. El campo de visión depende del objetivo usado.

En la práctica, un ángulo amplio – o sea, usando un objetivo gran angular – es importante si se quiere obtener un campo de visión amplio.

Por el contrario, un teleobjetivo dispone de un ángulo más estrecho y visualiza un área mucho más reducida, por lo que el FOV es más pequeño.

Escala

Las temperaturas medidas en una termografía se emparejan con los colores de la escala. La función de auto escalado de las cámaras termográficas Testo posibilita la adecuación automática de la escala a los valores actuales.

El valor de temperatura medido más bajo y alto se ajustan como los valores límite de la escala, que se actualiza constantemente. De este modo, la imagen que se obtiene en tiempo real está en constante modificación para mostrar siempre la imagen virtual coloreada más óptima. No obstante, en determinadas aplicaciones es necesario ajustar la escala manualmente, opción también disponible en las cámaras termográficas Testo. El usuario puede ajustar tanto el límite inferior como el límite superior de la escala de forma que solo se muestren en el visualizador las temperaturas entre ambos límites y se vean mucho mejor los detalles de los objetos medidos. En cierto modo, es un método para obviar zonas u objetos irrelevantes para la medición. En las ilustraciones del ejemplo de debajo la escala se ha ajustado manualmente.

En la secuencia de termografías de arriba a abajo el valor límite inferior se ha incrementado gradualmente, por lo que la taza fría no se ve en la termografía inferior. En cambio, la distribución de temperaturas de la superficie de la taza caliente se ve mucho más claramente.

Cuando se realiza una termografía, básicamente siempre se debe medir en un punto del que conozcamos

su emisividad.

Prácticamente la totalidad de las sustancias orgánicas, pinturas, recubrimientos, papeles, plásticos, minerales, etc. se pueden medir sin dificultades con una cámara termográfica. La emisividad de todos estos materiales es más o menos del 0.95 y además no depende de la temperatura.

Por el contrario, los metales con superficies pulidas y brillantes o con estructuras cambiantes son más difíciles de medir.

Normalmente, su emisividad es baja y se ve alterada si la temperatura de los objetos medidos también cambia.

Para poder medir correctamente, es necesario aplicar algún tipo de recubrimiento, como pintura o cinta adhesiva de emisividad.

El color del material no influye notablemente en la radiación infrarroja emitida por el objeto medido. Esta depende solo de la temperatura y no del color de la superficie del objeto.

Consecuentemente, un radiador pintado de blanco emite exactamente la misma cantidad de radiación infrarroja de onda larga que un radiador pintado de negro.

La emisividad describe la capacidad de una superficie para emitir radiación infrarroja. Si ésta no se conoce, no se puede medir correctamente con una cámara termográfica. Para determinar la emisividad de la superficie del objeto medido hay varias formas; a continuación, exponemos tres de las más habituales.

Basarse en una tabla de emisividad, pero se debe tener en cuenta que estos valores tan solo sirven como orientación.

Medición comparativa con un termómetro de contacto. De esta forma, la temperatura de la superficie del objeto se mide primero con un termómetro de contacto y posteriormente con una cámara termográfica con la emisividad ajustada a uno. La diferencia en temperatura que se obtiene se debe a que el valor de emisividad ajustado en la cámara es demasiado alto (e=1). Por tanto, la emisividad se debe ajustar gradualmente hasta que la temperatura detectada por la cámara corresponda con la del termómetro de contacto.

Medición comparativa con la cámara misma. Primero se debe adherir un trozo de cinta adhesiva de emisividad (e=0.95) al objeto a medir. Ya que conocemos la emisividad de la cinta adhesiva, tras un breve periodo de adaptación podemos medir la temperatura del objeto apuntando a la cinta. Este valor sirve como temperatura de referencia. Entonces debemos ajustar la emisividad hasta que la cámara muestre la misma temperatura en una zona sin cinta que en una zona con la cinta adhesiva.

Determinación de la temperatura de la radiación reflejada

Imaginemos que medimos la temperatura de las paredes de una estancia con una cámara termográfica. En la estancia también hay una chimenea con el fuego encendido. El fuego emite calor radiante en todas direcciones, también hacia la pared que medimos; esta pared refleja el calor radiante, que también llega hasta la cámara.

Por lo tanto, la cámara también detecta no solo el calor radiante que emite la pared, sino también parte de la temperatura del fuego que refleja la pared.

Consecuentemente, esta temperatura reflejada influye en el resultado de la medición. Tal y como ocurre con la emisividad, se debe determinar y ajustar dicha temperatura en la cámara.

La temperatura reflejada tiene una influencia considerable en la medición, sobre todo cuando se miden objetos con una emisividad muy baja.

En muchos casos, la temperatura reflejada es idéntica a la temperatura ambiente. Sin embargo, si hay factores como la chimenea o la radiación celestial fría que interfieren en el lugar de la medición, la temperatura de la radiación reflejada se debe determinar mediante un radiador Lambert.

Radiador Lambert

Un radiador Lambert es un objeto que refleja la radiación incidente con la difusión óptima, es decir, con la misma intensidad en todas direcciones. La temperatura reflejada se puede calcular manualmente por aproximación con la ayuda de un radiador Lambert improvisado, p.ej. una lámina de aluminio arrugada y alisada de nuevo. Esta lámina se situa cerca o idealmente sobre el objeto a medir; a continuación, se mide la temperatura de la lámina con la emisividad ajustada a 1 en la cámara. La temperatura medida estará bastante cerca de la temperatura real reflejada por lo que el valor emitido se debe ajustar en la cámara para poder obtener valores de medición correctos

Condiciones ambientales

Para efectuar correctamente una medición con la cámara termográfica se deben tener en cuenta las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura ambiente: Como ya se ha comentado, la temperatura ambiente influye en la temperatura reflejada. En muchos casos tan solo hay unos pocos grados Celsius entre la temperatura ambiente y la temperatura reflejada.

"Radiación celestial fría difusa" / sol: La radiación infrarroja que llega del cielo raso se conoce coloquialmente como "radiación celestial fría".En días despejados, el objeto a medir normalmente refleja la "radiación celestial fría" y la radiación solar cálida. Teniendo en cuenta el área, el cielo abarca mucho más que el sol, por lo que la temperatura reflejada puede situarse bajo 0 °C.Por lo tanto, un cielo nuboso presenta las condiciones ideales para medir en exteriores, ya que de esta forma no llega la radiación celestial fría.

Humedad: La humedad relativa debe ser baja para prevenir la condensación en el objeto a medir, en el filtro protector de la lente o en la lente misma.

Corrientes de aire: Una corriente de aire puede afectar el objeto medido puesto que la convección arrastra el calor de un objeto cálido y la transfiere a un objeto frío hasta que las temperaturas del aire y del objeto se han igualado.

Polución ambiente: Algunas materias suspendidas, como el humo, el hollín o el polvo muestran gran emisividad y apenas permiten el paso o la transmisión de la radiación infrarroja. Las partículas mismas de la contaminación emiten rayos caloríficos, también detectados por la cámara. Consecuentemente, la radiación infrarroja del objeto medido solo llega a la cámara parcialmente, ya que se la materia suspendida la absorbe o la dispersa. Esta interferencia puede llegar a ser tan relevante hasta el punto de no permitir efectuar la medición mediante termografía de forma correcta.

Luz: La luz no tiene un impacto significativo en la medición con una cámara termográfica. En principio, también se podrían efectuar mediciones en la oscuridad. No obstante, algunas fuentes de luz emiten radiación infrarroja y por tanto afectan a la temperatura de los objetos. Por tanto, no se deberían efectuar mediciones cerca de una bombilla incandescente. Los LEDs o las luces de neón, por el contrario, no presentan este tipo de problema porque emiten la mayor parte de la energía recibida en forma de luz visible y no como calor radiante.

Fuentes de error

Reflexión especular

En termografía es habitual encontrar casos de reflexión especular. Al medir cobre pulido (ε = 0.03), p.ej., la reflexión especular visible es un indicador de la altamente reflectante superficie del material, o lo que es lo mismo, de una superficie con baja emisividad.

La reflexión especular también ocurre cuando se mide vidrio (ε = 0.94). Cuando una cámara termográfica apunta, p.ej. a un panel de cristal es habitual percibir su propio contorno.

Esto destaca el hecho que altamente especular no siempre significa altamente reflectante, porque la termografía de una pared de arenisca (ε = 0.67) no muestra contorno alguno de los objetos reflejados cuando la arenisca tiene una relativamente baja emisividad.

Por tanto, podemos considerar que si la radiación ambiente se refleja especularmente en trazos diáfanos no

depende de la emisividad sino de la estructura de la superficie.

Reflexión de diversas superficies

La radiación siempre se refleja en el mismo ángulo con el que incide en la superficie.

(Ángulo de incidencia = ángulo de reflexión). Si la radiación infrarroja se refleja equitativamente, p.ej. en un cristal, entonces de produce la reflexión especular.

Por el contrario, si los rayos infrarrojos inciden en superficies irregulares (o lo que es lo mismo, zonas de la superficie que forman diferentes ángulos), se reflejan en varias direcciones.

Esta reflexión difusa provoca que no se pueda crear ninguna reflexión especular.

Aplicaciones

La termografía es una forma de medición de temperatura sin contacto mediante una técnica de producción de imágenes extremadamente rápida.

Gracias a estas propiedades, resulta adecuada para un gran número de áreas.

Durante los últimos años, se ha estandarizado el uso comercial de las cámaras termográficas.

Hoy en día existen muchas y variadas aplicaciones en las que una cámara termográfica resulta un instrumento especialmente adecuado porque cumple con los requisitos de la medición.

Las principales áreas de aplicación en la vida civil son:

Las aplicaciones más habituales en el campo de la termografía de la construcción son:

Investigación de la eficiencia energética de los cerramientos

Comprobaciones previas y posteriores a la rehabilitación de un edificio

Localización de puentes térmicos

Comprobación de aislamientos

Detección de fugas en tuberías de calefacción

Localización del entramado de tuberías p.ej. en paredes / suelos radiantes

Establecimiento de los daños por humedad

Valoración del riesgo de condensación

Monitorización del secado de los materiales de construcción

Localización de zonas por donde penetra la humedad

Las aplicaciones más habituales en el campo de la electrotermografía son:

Comprobación de sistemas de extra bajo voltaje, p.ej. transformadores, relés, terminales y alimentadores

Comprobación en sistemas de bajo voltaje, p.ej. resistencias, fusibles o motores eléctricos

Comprobación en sistemas de alto voltaje, p.ej. cajas de cables, diferenciales, convertidores o aisladores

Cuidados y mantenimiento de cuadros eléctricos

Identificación de componentes y conexiones defectuosas

Cuidados y mantenimiento de líneas y torres de alta tensión o subestaciones

Monitorización del calor generado en componentes eléctricos, fusibles o circuitos impresos

Las aplicaciones más habituales de la termografía industrial son:

Mantenimiento preventivo de plantas y máquinas mientras están en funcionamiento

Comprobación en motores, cojinetes, bombas y ejes

Monitorización de aislamientos técnicos, p.ej. en tuberías de vapor caliente o hornos

Comprobación de la temperatura en motores y rodamientos

Monitorización del nivel en tanques, depósitos, etc.

Comprobaciones en la producción de moldes por inyección de plástico

Monitorización de procesos, p.ej. en la industria siderúrgica

Emisión, reflexión y transmisión

La radiación infrarroja detectada por una cámara termográfica la emiten los objetos presentes en el ángulo de visión de la misma. Cada objeto tiene unas características específicas que pueden influenciar en varios grados la medición de la temperatura por infrarrojos.

Entre los factores que ejercen la mayor influencia se incluyen la emisión, la reflexión y la transmisión.

La emisividad (e) es la medida de la capacidad de un material de emitir radiación infrarroja. Depende de las propiedades de la superficie, el material y en el caso de ciertos objetos, de la temperatura de estos.

La reflexión (p) es la medida de la capacidad de un material de reflejar la radiación infrarroja. Depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo del material. En general las superficies lisas y brillantes reflejan de forma más intensa que las rugosas y mate del mismo material.

La transmitancia (t) es la medida de la capacidad de un material de transmitir (ser permeable a) la radiación infrarroja. Depende del tipo y grosor del material.

Muchos materiales no son transmisivos, es decir, permeables a la radiación infrarroja de onda larga.

Ley de radiación de Kirchhoff

Todo cuerpo con una temperatura por encima del cero absoluto (-273.15 °C) emite calor radiante (radiación infrarroja).

La ley de radiación de Kirchhoff postula que la radiación recibida (absorbida) y la repelida (emitida) por un cuerpo real están en equilibrio térmico, o dicho de otro modo, un cuerpo siempre emite exactamente la misma cantidad de calor que la que recibe. A partir de esta teoría podemos deducir que:

$\varepsilon = \alpha$

Por lo que teóricamente un cuerpo puede absorber y repeler el 100 % de la radiación a la que está expuesto. Este hipotético cuerpo ideal fue descrito por Kirchhoff comoEn este caso:

$\alpha = \varepsilon = 1$

Al contrario que con el cuerpo negro ideal, para los siempre es e < 1, porque cuando se trata de cuerpos reales hay que tener en cuenta otras características: la reflexión y la transmisión. Por lo tanto, en estos casos se aplica lo siguiente

$\varepsilon + \rho + \tau = 1$

Cuerpo negro:

Cuerpos reales:

Significado de ε, ρ & τ en la termografía

Significado de ε, ρ & τ en la termografía. Tal y como explicamos en el capítulo anterior, la radiación infrarroja detectada por una cámara termográfica se describe mediante la fórmula $\varepsilon + \rho + \tau = 1$.No obstante, tan solo unos pocos materiales son permeables (capaces de transmitir) radiación infrarroja de onda larga, por lo que la fórmula se puede simplificar a $\varepsilon + \rho = 1$.

En termografía, esto significa:

En objetos con una elevada emisividad (e = 0.8):

La temperatura es fácilmente medible con una cámara termográfica.

En objetos con una emisividad media (0.8 > e > 0.6):

La temperatura es fácilmente medible con una cámara termográfica.

En objetos con una emisividad baja (e = 0.6):

Se puede medir la temperatura con una cámara termográfica, pero los resultados se deben examinar detenidamente.

Es fundamental establecer la temperatura reflejada en la cámara de forma correcta porque este factor influye considerablemente en el cálculo de la temperatura.

Características de la radiación de los cuerpos

En la realidad no existe nada similar a la definición de "cuerpo negro" postulada en la ley de radiación de Kirchhoff.

No obstante, con la ayuda de tecnología avanzada se pueden recrear fuentes de radiación muy parecidas a las propiedades ideales de un "cuerpo negro". Estas fuentes de radiación se usan, p.ej. para el ajuste de sensores infrarrojos.

Lo opuesto a un "cuerpo negro" sería un "cuerpo blanco", concepto teórico de igual manera, puesto que un "cuerpo blanco" reflejaría cualquier radiación que le afectara.

El comportamiento de todos los cuerpos reales se posiciona entre estos dos conceptos teóricos extremos.

Muchos de los objetos (cuerpos) que nos rodean son "cuerpos grises". Su superficie solo absorbe o emite parte de la radiación que les llega. Además, una parte de la radiación se refleja, y en casos aislados esta radiación también se transmite.

De forma adicional, ciertos materiales reaccionan de maneras diferentes según su temperatura. A estos cuerpos se les llama cuerpos coloreados".

Ventanas atmosféricas

La atmósfera está compuesta de una mezcla de gases que absorbe y dispersa una gran proporción de la radiación del total del espectro electromagnético.

Por ejemplo, la capa de ozono absorbe la radiación de onda corta y muy rica en energía UV casi por completo, protegiéndonos, p.ej. contra las quemaduras del sol y el cáncer de piel.

No obstante, la atmósfera es permeable a ciertas longitudes de onda, conocidas como "ventanas atmosféricas". Por ejemplo, alrededor del 50 % de la luz visible penetra la atmósfera. Sin esta ventana atmosférica, la vida en la tierra tal y como la conocemos no sería posible puesto que sin luz no se produciría la fotosíntesis.

Existen ventanas de este tipo en el rango de longitud de onda de la radiación IR.

El rango FIR (far infrared [infrarrojo lejano]) en particular, de 8 a 14 µm, se muestra ideal para mediciones técnicas puesto que en este rango hay una transmisividad atmosférica muy elevada y constante.

Así, las mediciones se pueden efectuar a razonablemente largas distancias, por lo que todas las cámaras termográficas trabajan en este rango.

Algunas cámaras operan en el rango MIR (middle infrared [infrarrojo medio]), de 3 a 5 µm. No obstante, si se mide a largas distancias, la atmósfera puede causar una debilitación considerable. En determinadas aplicaciones muy especiales, p.ej. la astronomía, también se usa el rango SIR (short infrared [infrarrojo corto]) de 0.8 a 2.2 µm.

Transferencia de calor

"Transferencia de calor" es la denominación genérica de muchos procesos. Este capítulo es una descripción simplificada de los flujos de energía térmica que ocurren en un cuerpo debido a las diferencias de temperatura.

Se distingue sobre todo entre tres tipos de transferencia de calor:

Conducción: La conducción transporta la energía térmica de un lugar a otro. Esto sucede tanto en líquidos como en sólidos. En este tipo de transferencia solo fluye la energía pura, nunca partículas. La energía se transfiere mediante el impacto aleatorio de las partículas mientras en esencia estas permanecen en sus lugares de origen.

Convexión: Igual que la conducción, la convexión también transporta calor. Pero al contrario que la conducción, donde no hay flujo de partículas, la transferencia de calor por convexión solo se produce si hay un flujo de materia. Una característica distintiva es que el flujo siempre se produce de una temperatura caliente a una fría. En realidad, la convexión solo ocurre en gases y líquidos.

Radiación: Ya sabemos algo acerca de los diversos tipos de radiación a través del espectro electromagnético.El calor radiante/la radiación infrarroja son particularmente importantes para la termografía.Al contrario que con la conducción y la convexión, para transportar calor mediante la radiación infrarroja no se necesitan partículas, por lo que se puede afirmar que toda forma de radiación electromagnética funciona en un vacío. El ejemplo más sencillo de radiación es el calor que llega a la superficie terrestre desde el sol.Tal y como sucede con la luz visible, el sol también emite todos los tipos de radiaciones del espectro electromagnético.

Los tres tipos de transferencia de calor descritos anteriormente tienen un significado considerable para la termografía.

La transferencia de calor en forma de radiación representa la base de todas las mediciones termográficas.

Mediante la conducción se pueden detectar, p.ej. bajo la superficie. El calor siempre "fluye" a través de un material hacia el punto más frío, por lo que siempre hay zonas con diferencias de temperatura en la superficie del objeto. Estas zonas se pueden detectar mediante termografías.

La conducción también influye en la capacidad térmica de las sustancias.

El agua tiene una relativamente alta capacidad térmica. lo que significa que las zonas húmedas, p.ej. en techos planos, se pueden detectar porque el agua retiene el calor por más tiempo que otras sustancias.

Por el contrario, la convexión significa que un muro se enfría o recalienta debido a la circulación de aire, por ejemplo. Otro ejemplo es la determinación de la temperatura de los aislantes en sistemas de alta tensión: el calor pasa al ambiente, usualmente más frío, por lo que la temperatura real del aislante no se puede determinar.

Puentes térmicos: Un puente térmico es lo que también se llama erróneamente puente frío. Describe las áreas de un inmueble en el que el calor se escapa al exterior más rápido que en otras zonas. Un puente térmico ocurre, p.ej., como resultado de un aislamiento defectuoso por el uso de materiales de construcción inadecuados.