

BAÑOS DE CALIBRACION AUTOMÁTICA DE TEMPERATURA UTILIZANDO UN DISPOSITIVO DE ADQUISICION DE IMÁGENES DE BAJO COSTO

David J. Southworth

Isothermal Technology Ltd
d2@isotech.co.uk

Traducción libre de
OTTON C. BRENES MATA
Presidente
Representaciones Corelsa S.A.
COSTA RICA.

RESUMEN

Se utiliza una cámara de video, de bajo precio, tipo "Web Cam" para lograr un sistema automático de calibración de termómetros digitales portátiles utilizando un baño de calibración y una PC. Normalmente estos termómetros digitales no tienen salida RS232 para conectarse a una PC

INTRODUCCION

La calibración de termómetros, utilizando cámaras de video no es nueva. Varios Laboratorios Nacionales han utilizado cámaras analógicas y digitales para calibrar termómetros de líquido en vidrio (LEV) con el beneficio de que la información queda registrada y ayudando a leer la columna de líquido dentro de la graduación del termómetro (1) El propósito de este trabajo es describir el uso de cámaras digitales de bajo precio y uso normal para calibrar termómetros digitales con pantalla cuyas lecturas solamente pueden ser almacenadas en forma manual..



METODO

Un termómetro digital portátil se calibra comparándolo contra un sensor de referencia en una serie de valores de temperatura. . Un baño de calibración se utiliza para generar automáticamente los diferentes valores de temperatura mediante un control de computadora. Cuando el sistema está estable, la temperatura de la referencia o termómetro estándar se almacena en un archivo; A pesar de que el operador anota el valor de la temperatura mostrada en la pantalla del termómetro bajo prueba, una cámara digital lo filma. Esto permite una operación sin asistencia y de bajo costo.

El software tiene capacidad para fijar el siguiente valor de temperatura en el baño de calibración y repetir el proceso. Al final de una corrida de calibración, vamos a tener un registro de imágenes mostrándonos la fecha y

hora en que la imagen fue creada con la temperatura del sensor estándar.

EQUIPAMIENTO

1. Una fuente de calor. (Isocal 6 Calibrador de temperatura)
2. Un termómetro de referencia
3. Una PC con el software apropiado
4. Una cámara digital
5. Para calibrar hasta 16 RTDs termocuplas, se pueden utilizar multiplexores

La fuente de calor es un baño Calisto ISOCAL-6 de Isotech. El Calisto puede utilizarse de diversos modos. Aquí lo utilizaremos como un calibrador de bloque seco. El termómetro bajo prueba y el termómetro de referencia son colocados en perforaciones apropiadas hechas en un inserto colocado en el volumen de calibración del Calisto. Si se necesitan mayores requerimientos de precisión, también es posible utilizar el Calisto como un baño líquido de agitación, ya que este baño es muy versátil, pudiéndose utilizar como bloque seco, baño líquido, fuente de cuerpo negro y aún para calibración de puntos fijos de la ITS 90. Todos los módulos de los modelos Isocal-6 incluyen una salida serial para interfazar con una PC y de esta manera poder ser monitoreados y controlados por la PC.

El termómetro estándar es un termómetro de resistencia de platino (RTD) calibrado con un indicador de temperatura TTI6 de Isotech. El TTI6 es un termómetro portátil de alta precisión. Es particularmente útil para ser usado como estándar de referencia para baños de calibración de temperatura. Basado en una conversión analógica a digital de alta resolución . todas las mediciones computarizados son hechas digitalmente sin desvío. La pantalla de 5 dígitos muestra una lectura de $0,01^{\circ}\text{C}$ La incertidumbre del sistema con el termómetro de referencia sobre todo el rango

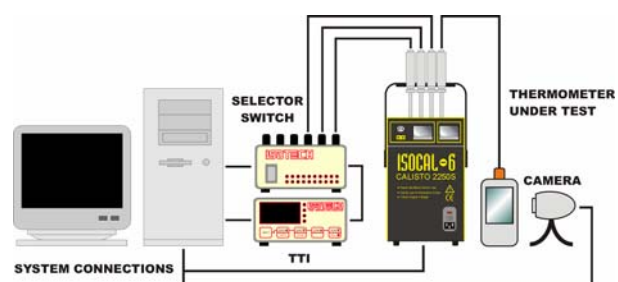
del Calisto es de $0,025^{\circ}\text{C}$ El indicador se conecta a la PC mediante una interfase serial.

Aunque la mayoría de las cámaras disponibles en las tiendas pueden ser utilizadas, hemos encontrado que la “Intel PC Camera Pro” es de las más apropiadas. Tiene muy buena imagen y pueden enfocar por debajo de 25 mm. Tienen una salida estándar USB. Buenos resultados se han obtenido utilizando otras cámara de Logitech y Phillips. Todas tienen la ventaja de ser de consumo masivo y precios que oscilan alrededor de 600 “rands” La cámara simplemente se conecta a una salida USB y no necesita hardware adicional o configuraciones complejas.

El software esta capacitado para calibrar termómetros de resistencia de platino y un máximo de 16 sensores pueden ser conectados a un multiplexor (“external selector switch “) Isotech modelo 954

Si se utiliza un indicador de temperatura que pueda leer tanto RTDs como termocuplas se aumenta el tipo de sensores que pueden ser calibrados y existe un multiplexor para termocuplas modelo Isotech 958.

Se pueden utilizar otros modelos de baños de calibración, de donde el rango de medición del sistema propuesto puede abarcar desde -75°C hasta 1300°C



SOFTWARE

El software I-cal fija el primer valor de temperatura del baño y monitorea el controlador.

Cuando la temperatura prefijada y la temperatura indicada están dentro de una

banda de valores definida por el usuario en un periodo dado de tiempo, el software monitorea al estándar. El usuario puede especificar el número de muestras y la variación. Cuando el estándar ha alcanzado ese criterio, el dato es almacenado y una imagen se graba desde la cámara. La imagen esta subtitulada con la temperatura real según la medición hecha por el termómetro de referencia y la imagen es salvada en la PC con un archivo que lleva por nombre la fecha y hora de captura.

<i>Fijación de la temperatura</i>
<i>Estabilidad del baño</i>
<i>Estabilidad del estándar</i>
<i>Imagen del valor de referencia y temp. Del bloque</i>

La capacidad del usuario de poder especificar el criterio de estabilidad permite el uso de diferentes baños de calibración y diferentes rangos de temperatura. Por ejemplo, el criterio para el caso de un baño líquido debe ser menor que el criterio para el caso de un horno de alta temperatura para calibración de termocuplas.

Las imágenes documentadas por el usuario pueden ser verificadas contra el archivo de la PC que tambien contiene el valor leído por el TTI6 con su hora y fecha



El software I-cal permite recibir instrucciones para que la cámara haga un número determinado de imágenes de cada punto de calibración. El análisis de estas imágenes permite determinar si la pantalla estuvo estable durante la calibración desatendida.

I-cal tambien permite cargar imágenes a un servidor local o remoto lo cual permite que el sistema sea monitoreado desde una red o desde el Internet. Se ha probado que esto es útil para monitorear equipo lejos del laboratorio y abre la posibilidad de calibraciones remotas.

DETERMINACION DE LA INCERTIDUMBRE

El conjunto de TTI6 y el termómetro de resistencia tienen un certificado acreditado por UKAS (UNITED KINGDOM ACCREDITATION SYSTEM) y su incertidumbre puede ser tomada de ese documento.

El termómetro bajo prueba es comparado con el TTI6 y la ley Zeroth de la Termodinámica nos permite asumir que el termómetro bajo prueba y el termómetro estándar están a la misma temperatura.

La ley Zeroth establece que: Si dos sistemas están en equilibrio térmico, cada uno teniendo la misma temperatura que un tercer sistema, los dos sistemas están a la misma temperatura uno del otro.

Para calibrar un termómetro en un bloque seco, la ley podría escribirse así: Si dos termómetros están en equilibrio térmico, los dos teniendo la misma temperatura del bloque seco, los dos termómetros están a la misma temperatura uno del otro.

Cada baño de calibración tiene sus propias características de distribución de calor en el Bloque del calibrador. Si el bloque de calibración tiene un certificado de calibración

que especifica una incertidumbre incluyendo la distribución de calor en el área de calibración, entonces este valor puede ser utilizado como incertidumbre del baño.

La incertidumbre combinada del sistema puede ser establecida como una combinación de la incertidumbre del estándar y del bloque seco, utilizando el método RSS

$$U_{ct} = \sqrt{u_{std}^2 + u_{db}^2 + u_{cnt}^2} \quad (1)$$

Donde

U_{ct} = Incertidumbre combinada del sistema

u_{std} = Incertidumbre del estándar, del TTI6 y del sensor

u_{db} = Incertidumbre del bloque seco

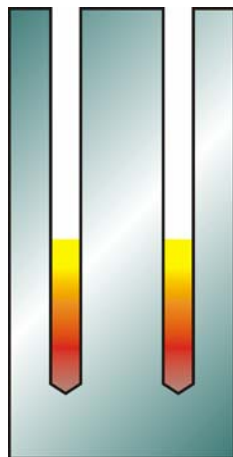
u_{cnt} = Incertidumbre de las conexiones

La incertidumbre asociada con la calibración es controversial. De forma simple, en el Reino Unido, un laboratorio acreditado por UKAS debería incluir la incertidumbre del termómetro bajo prueba con la incertidumbre de la calibración y dejarlo constar así en el certificado de calibración. Otros laboratorios pueden omitir la incertidumbre del elemento bajo prueba e incluir solamente su habilidad para crear una condición isotérmica conocida.

CÓMO CALCULAR LA INCERTIDUMBRE DEL BAÑO SECO

Si la incertidumbre del baño seco no es conocida, se debe calcular. La Cooperación Europea para la Acreditación (EA) ha publicado sus lineamientos para la calibración de bloques para la calibración de temperatura (2)

En términos generales, la mayor incertidumbre la aporta la distribución vertical de la temperatura u "Homogeneidad axial de la temperatura a lo largo de la perforación en la zona de medida" La figura 1 ilustra este parámetro



Tendrá un mayor significado cuando el estándar y la unidad bajo prueba tengan características diferentes.

La figura 2 muestra una termocupla con elemento sensor muy corto que está siendo comparada con un termómetro de resistencia que tiene un elemento sensor interno de 15 mm. La termocupla es sensible a los cambios de temperatura desde su unión, mientras que el termómetro de resistencia lo es a una larga extensión a lo largo de toda su longitud.

La zona de medición debe ser especificada por el fabricante y no debería ser menor de 40 mm

Podemos afirmar que la Homogeneidad axial de la temperatura a lo largo de la perforación en la zona de medida. es la mayor fuente de incertidumbre

Diferencias de temperatura entre las perforaciones.

Para la mayoría de los baños, de una u otra marca, este valor es menor que la homogeneidad axial. (ver figura 3) De todas maneras, este valor es fácilmente medible.



Figura 2

Un buen método es usar dos sensores que se intercambian de perforación, calculando así la diferencia.

$$Dt = \frac{1}{2} [(TA1 - TA2) + (TB1 - TB2)] \quad (2)$$

TA1 es el termómetro A en la perforación 1

TA2 es el termómetro A en la perforación 2
TB1 es el termómetro B en la perforación 1
TB2 es el termómetro B en la perforación 2

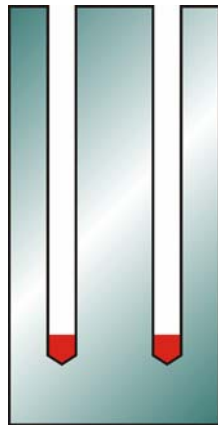


Figura 3

Influencia de la carga en la temperatura de la zona de medición

Este valor se determina tomando mediciones con diferentes cargas de bloque. Utilizando un termómetro de referencia externo (no el sensor interno del controlador) el efecto se reduce.

Estabilidad en el tiempo.

La variación en el tiempo introduce un valor de incertidumbre adicional. El efecto es mas significativo cuando el estándar y el termómetro bajo prueba tienen diferentes constantes de tiempo. Estabilidades de $\pm 0,02$ °C en 30 minutos son fácilmente alcanzables con las técnicas modernas de control

Desviaciones de temperatura debidas a la conducción del calor

Siempre habrá un flujo de calor a lo largo del vástago del termómetro. En cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el medio ambiente y el bloque, mayor es la conducción de calor. Para minimizar el efecto de conducción de vástago ó error de inmersión, el termómetro debe introducirse adecuadamente. Para sensores de 6 mm y menos, la EA recomienda una inmersión mínima de por lo menos 15 veces el diámetro

externo del termómetro que se está calibrando.

Otras fuentes de error

Incertidumbre del termómetro estándar
Normalmente este valor puede ser tomado del certificado de calibración

Histeresis La temperatura indicada puede mostrar desviaciones provocadas por la histeresis en ciclos de aumento y disminución de la temperatura. Esto puede identificarse haciendo mediciones una vez que la temperatura descienda después de estar en el valor mas alto.

Resolución

La incertidumbre provocada por la resolución del instrumento que se está calibrando debe ser tomada en cuenta. Esta incertidumbre pasa a ser parte de la incertidumbre del termómetro estándar utilizado.

La incertidumbre U_{ct} es calculada a partir de la ecuación:

$$U_{ct} = \hat{\sigma}_{std} + \hat{\sigma}_{ti} + \hat{\sigma}_{tR} + \hat{\sigma}_{tH} + \hat{\sigma}_{tB} + \hat{\sigma}_{tL} + \hat{\sigma}_{tV} \quad (3)$$

donde

$\hat{\sigma}_{std}$ Temperatura del termómetro de referencia derivada de la medición de resistencia incluyendo corrección de temperatura y una reserva por desvío (drift) desde la última calibración.

$\hat{\sigma}_{ti}$ Corrección de temperatura debido al límite.

$\hat{\sigma}_{tR}$ Diferencia de temperatura entre las perforaciones

$\hat{\sigma}_{tH}$ Corrección por histeresis producida por el aumento y disminución de los ciclos parciales dentro del ciclo de medición

$\hat{\sigma}_{iB}$ Corrección por temperatura producida por la no homogeneidad axial de las perforaciones

$\hat{\sigma}_{iL}$ Corrección de temperatura debido a las diferencias de carga en el bloque con los termómetros a ser calibrados.

$\hat{\sigma}_{iV}$ Variaciones en la temperatura durante el tiempo de medición.

Se podría sugerir el uso del dispositivo “ Optical Character Recognition “ o el soporte de múltiples cámaras, pero se saldría del objetivo inicial de tener un método de bajo costo y de tipo universal.

Conclusión

Se ha construido un sistema de bajo costo para capturar datos de instrumentos de medición sin interfase a PC. Cámaras de uso común pueden ser utilizadas para llevar a cabo calibraciones automáticas de temperatura.

Referencias

(1) C. Dawn and Gregory F Strouse THE NIST INDUSTRIAL THERMOMETER CALIBRATION LABORATORY National Institute of Standards and Technology. TEMPMEKO 01

(2) European Co-operation for Accreditation (EA) EA 10-13 Guidelines on the Calibration of Temperature Block Calibrators FEB 2000