

Cómo elegir un equipo de calibración de termopares

Nota de aplicación

Serie de folletos informativos sobre las aplicaciones de los termopares

Este es el segundo folleto informativo de los cuatro que abordan las aplicaciones de los termopares:

1. Nociones básicas de los termopares
2. Cómo elegir un equipo de calibración de termopares
3. Cálculo de incertidumbres en un sistema de calibración de termopares
4. Cómo calibrar un termopar

Características de los termopares

Los termopares se pueden construir a partir de cualquier material que tenga propiedades termoeléctricas. Las mezclas de los materiales de los termopares se eligen para un comportamiento y una serie de aplicaciones específicos. El termopar produce un cambio de salida del voltaje cuando se expone a una variación en la temperatura. En contraste, los termistores y PRT provocan un cambio de resistencia cuando el elemento de detección se expone a la variación en la temperatura. La tabla 1 contrasta las características clave de los termopares con los termistores y los PRT.



Tabla 1. Comparación de las características de los termopares, termistores y PRT

Termopar	Termistor	PRT
Rango de temperatura: de -200 °C a 1700 °C*	Rango de temperatura: De 0 °C a 100 °C	Rango de temperatura: De -200 °C a 1000 °C**
La precisión depende del tipo de TC y de las tolerancias del cableado (límites estándares o especiales)*** Los valores aproximados de precisión son los siguientes: Tipo J $\pm 2,2$ °C o $\pm 0,75$ % de lectura (estándar) Tipo S $\pm 0,6$ °C o $\pm 0,75$ % de lectura (especial)	Exactitud: De $\pm 0,001$ °C a $\pm 0,01$ °C	Exactitud: De $\pm 0,006$ °C a 0,04 °C
Estable	Muy estable	Muy estable
Resistente	Moderadamente delicado	Muy delicado
Económico	De precio accesible	Sobrevalorado

*Representa el rango combinado de temperatura de los tipos comunes de TC. No se puede usar un solo TC para todo el rango.

**Representa el rango combinado de temperatura de los PRT comunes. No se puede usar un solo PRT para todo el rango.

***Los termopares de Límites estándares de error emplean cables de clasificación estándar, son más comunes y menos costosos. Por su parte, los termopares de Límites especiales de error están fabricados con cables de mayor clasificación, lo que aumenta su precisión y su costo.

Equipo de calibración de termopares

La calibración se realiza mediante la medición de la salida de voltaje de la unidad bajo prueba (UUT, por sus siglas en inglés) mientras que la unión de medición (caliente) se expone a una fuente de temperatura y la unión de referencia (fría) se mantiene a una referencia determinada (por lo general, a 0 °C). Se requieren los siguientes instrumentos:

- Sonda de referencia
- Indicadores para la sonda de referencia y el termopar bajo prueba
- Fuente de temperatura para la sonda de referencia, termopar bajo prueba y unión de referencia del termopar

Sonda de referencia

Según la precisión requerida, la sonda de referencia será un SPRT, un PRT o un termopar de mejor calidad y calibración que los termopares bajo prueba. Dado que este instrumento es la referencia de la calibración, tanto su precisión como su estabilidad son importantes.

SPRT

Los SPRT son las sondas de referencia más precisas y estables disponibles en el mercado. Por lo general, se usa una versión con vaina de vidrio. Estos instrumentos cumplen con los estándares establecidos, ya que forman parte de la definición de la ITS-90, lo que implica que existen requisitos mínimos para la pureza del alambre de platino y el tipo de material utilizado. Esto causa menos confusión en lo que concierne a la adaptabilidad del instrumento a una aplicación en particular y la confianza en su rendimiento, si se calibra y se usa correctamente. Estos instrumentos son sumamente estables y precisos, aunque costosos y extremadamente delicados. Deberían ser reservados únicamente para las aplicaciones de alta precisión.

PRT

Cuando los requisitos de precisión son menos críticos, se pueden usar acertadamente los PRT. Los PRT están disponibles en varias configuraciones. No obstante, aquellos aptos para su uso como estándares de calibración están disponibles, por lo general, como sondas de acero inoxidable o revestidas con Inconel. No son tan precisos como los SPRT, pero suelen ser más resistentes y fáciles de manipular. A diferencia de los SPRT, el diseño de los PRT se deja a criterio del fabricante. No todos los diseños se adecuan al nivel que se requiere para su uso como referencia. Seleccione cuidadosamente el PRT para asegurarse de que el tipo que elige sea

adecuado como referencia de calibración, dentro del rango de interés y con la precisión necesaria.

Termopares

Los termopares que se clasifican como de referencia están disponibles con un conjunto de incertidumbres y estabilidad que alcanzan al PRT (o incluso al SPRT) a altas temperaturas. Esta calificación es apta como calibración estándar. Este tipo de termopares se ajusta a los estándares en cuanto a su composición, no así en relación con el material con el que están fabricados. Tome las precauciones necesarias para asegurarse de que el modelo seleccionado funcione dentro del rango de temperatura que desee.

Consideraciones especiales

Además de los requisitos de precisión, deben considerarse otras características. Por ejemplo, la longitud del extremo de la unión de referencia del termopar debe permitir la inmersión correspondiente en la fuente de la temperatura de referencia (por lo general, un baño de hielo). Asimismo, algunos de los materiales comunes de la vaina, que se usan en las sondas de los termopares, no deben ser utilizados a temperaturas altas. Asegúrese de que el material de la vaina sea compatible con el proceso de calibración para el que está fabricada.

Indicador de temperatura

Dado que los termopares provocan una salida de voltaje, los requisitos para su lectura son distintos a los de un SPRT, un PRT o un termistor. A menos que la sonda de referencia sea también un termopar, se precisarán dos indicadores. Debe tenerse en cuenta la unión de referencia del termopar. La mayoría de los indicadores de los termopares tienen “uniones electrónicas de referencia” que se denominan comúnmente “compensación de unión fría”. Este circuito es adicional, mide la temperatura en la conexión del indicador del termopar cuando se conecta el alambre a dicho indicador y compensa la temperatura de referencia distinta de cero. Este tipo de compensación es muy conveniente, pero a menudo no resulta tan precisa como el punto real de un baño de hielo.

Los mejores resultados se obtendrán con los indicadores que se diseñaron específicamente para la calibración del termopar. Los multímetros digitales (DMM) limitan severamente la flexibilidad, por lo general, sin ahorrar costes ni aumentar la precisión.

La salida de voltaje de un termopar es muy baja, y la pequeña incertidumbre de voltaje iguala a la gran incertidumbre de temperatura.

Las mediciones de voltaje deben ser extremadamente precisas, incluso en las calibraciones de temperatura de precisión moderada. Además, en los niveles de bajo voltaje que serán medidos en la calibración del termopar, el error del umbral mínimo de lectura (límite de ruido o de compensación a cero) se vuelve muy significativo. Asegúrese de que el rango de voltaje del indicador (por lo general, de hasta 100 mV) y su precisión sean apropiados para las calibraciones del termopar. Piense que, por ejemplo, usa un multímetro digital de 7,5 dígitos de resolución para medir un termopar tipo S a 500 °C. El siguiente ejemplo muestra la contribución relativa de las fuentes de error del DMM.

Precisión del DMM en el rango de 100 mV	= (20 ppm de lectura + 2 ppm de rango)
Salida del tipo S a 500 °C	= 4,2333 mV
Pendiente del termopar tipo S a 500 °C	= 0,0099 mV/°C
Cálculos de precisión:	
= $\frac{(4,2333 \text{ mV} \times 20 \text{ ppm}) + (100 \text{ mV} \times 2 \text{ ppm})}{0,0099 \text{ mV/°C}}$	
= $\frac{(0,00008466 \text{ mV}) + (0,0002 \text{ mV})}{0,0099 \text{ mV/°C}} = 0,0288 \text{ °C}$	

En el ejemplo anterior, la incertidumbre que deriva del umbral mínimo del DMM es mucho mayor que el error, debido a la precisión del rango del multímetro. La situación es más marcada a temperaturas bajas, y menos marcada a temperaturas altas. Esto demuestra la importancia del error del umbral mínimo de lectura.

Fuente de temperatura

Las fuentes más comunes de temperatura para la calibración del termopar son los pozos secos y los hornos. Cuando se requiere una precisión aun mayor, se pueden utilizar los baños de calibración. Para las temperaturas más bajas (inferiores a -100 °C) se debe usar un dispositivo de comparación de LN2 (nitrógeno líquido).

Se deben considerar la estabilidad y la uniformidad cuando se selecciona la fuente de temperatura, dado que estos factores contribuirán a la incertidumbre de la calibración del termopar:

- La estabilidad específica qué tan preciso la fuente de temperatura mantiene la temperatura al valor de consigna con el paso del tiempo.
- La uniformidad específica qué tan consistentes son las temperaturas en la fuente.

Bajo ninguna circunstancia debe sumergir los termopares de cable desnudo directamente en el fluido del baño. Use un tubo de protección. Las sondas de los termopares no suelen ser macizas; no obstante, debe tener en cuenta la profundidad de la inmersión. Si la profundidad no es suficiente para la inmersión, se producirán errores en la calibración. A temperaturas elevadas, debe tomar medidas de precaución para evitar dañar la sonda de referencia. Además, si se usa una unión de referencia externa, debe asegurarse de que la fuente de temperatura cuente con el aislamiento suficiente para que las superficies externas no se sobrecalienten y, de esa forma, dañen el baño de hielo. Evalúe metódicamente los requisitos antes de seleccionar la fuente de temperatura para asegurarse de que el instrumento corresponda a la aplicación.

Tabla 2. Equipo de Fluke Calibration recomendado para la calibración de termopares

Sondas de referencia			
Modelo	Rango	Tamaño	Precisión básica *
SPRT			
5698-25	De -200 °C a 670 °C	Cuarzo, 485 mm x 7 mm (19,1 x 0,28 pulg.)	< 0,006 °C/100 horas a 670 °C
PRT de patrón secundario			
5626	De -200 °C a 661 °C	305 o 381 mm x 6,35 mm (12 o 15 x 0,25 pulg.)	De ± 0,007 °C a 0 °C
PRT de referencia secundaria			
5615-9	De -200 °C a 420 °C	229 mm x 4,76 mm (9 x 0,19 pulg.)	De ± 0,013 °C a 0,010 °C
5615-12	De -200 °C a 420 °C	305 mm x 6,35 mm (12 x 0,25 pulg.)	De ± 0,013 °C a 0,010 °C
PRT industrial de precisión			
5627A-9	De -200 °C a 300 °C	229 mm x 4,7 mm (9 x 0,19 pulg.)	De ± 0,05 °C a 0 °C
5627A-12	De -200 °C a 420 °C	305 mm x 6,35 mm (12 x 0,25 pulg.)	De ± 0,05 °C a 0 °C
Termopares estándares tipo R y S			
5649/5650-20	De 0 °C a 1450 °C	508 mm x 6,35 mm (20 x 0,25 pulg.)	De ± 0,7 °C a 1100 °C
5649/5650-25	De 0 °C a 1450 °C	635 mm x 6,35 mm (25 x 0,25 pulg.)	De ± 0,7 °C a 1100 °C

*La precisión básica incluye la incertidumbre de calibración y la repetibilidad a corto plazo. No incluye la desviación a largo plazo.

**Tabla 2 (continuación).
Equipo de Fluke Calibration recomendado para la calibración de termopares**

Indicadores			
Modelo	Tipos de sondas	Precisión	Características
1523	PRT, termopares, termistores	De $\pm 0,015$ °C a 0 °C (PRT); de $\pm 0,24$ °C a 0 °C (TC tipo K)	Termómetro de referencia portátil con batería; el conector INFO-CON lee coeficientes sin programación; almacena 25 lecturas cuando es necesario; tendencias de gráficos
1524	PRT, termopares, termistores	De $\pm 0,015$ °C a 0 °C (PRT); de $\pm 0,24$ °C a 0 °C (TC tipo K)	Termómetro de referencia portátil igual a 1523, pero con entradas para dos termómetros; registra hasta 15.000 lecturas y almacena 25 más cuando es necesario
1529	PRT, termopares, termistores	De $\pm 0,006$ °C a 0 °C (PRT); de $\pm 0,4$ °C a 600 °C (TC tipo K, CJC int.)	Se pueden medir los cuatro canales de manera simultánea, con batería; registra hasta 8000 lecturas; pantalla flexible
1586A con multiplexor DAQ-STAQ	PRT, termopares, termistores	De $\pm 0,005$ °C a 0 °C (PRT); de $\pm 0,29$ °C a 0 °C (TC tipo K, CJC int.)	40 canales con una velocidad de exploración de 10 canales por segundo; automatiza la calibración del sensor cuando se conecta a una fuente de temperatura de Fluke Calibration
Fuentes de temperatura			
Modelo	Rango	Precisión	
Pozos de metrología de campo			
9142	De -25 °C a 150 °C	$\pm 0,2$ °C	
9143	De 33 °C a 350 °C	$\pm 0,2$ °C	
9144	De 50 °C a 660 °C	De $\pm 0,35$ °C a 50 °C; de $\pm 0,35$ °C a 420 °C; de $\pm 0,5$ °C a 660 °C	
Pozos de metrología			
9170	De -45 °C a 140 °C	$\pm 0,1$ °C	
9171	De -30 °C a 155 °C	$\pm 0,1$ °C	
9172	De 35 °C a 425 °C	De $\pm 0,1$ °C a 100 °C; de $\pm 0,15$ °C a 225 °C; de $\pm 0,2$ °C a 425 °C	
9173	De 50 °C a 700 °C	De $\pm 0,2$ °C a 425 °C; de $\pm 0,25$ °C a 660 °C	
Hornos de termopar			
9150 (vertical)	De 150 °C a 1200 °C	± 5 °C	
9118A (horizontal)	De 300 °C a 1200 °C	± 5 °C	

Fluke Calibration. Precisión, rendimiento, confianza.™

Electricidad	RF	▼	Temperatura	Presión	Caudal	Software
--------------	----	---	-------------	---------	--------	----------

Fluke Calibration
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Países Bajos

Para más información, llame a:

En los EE. UU. (877) 355-3225 o Fax (425) 446-5116
En Europa/Medio Oriente/África +31 (0) 40 2675 200 o Fax +31 (0) 40 2675 222
En Canadá (800)-36-FLUKE o Fax (905) 890-6866
Desde otros países +1 (425) 446-5500 o Fax +1 (425) 446-5116
Página web: <http://www.flukecal.com>

©2015 Fluke Calibration.
Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.
Impreso en los EE. UU. 11/2015 6004060A_LAES

No se permite modificar este documento sin el permiso por escrito de Fluke Calibration.