

TERMÓMETROS DE RESISTENCIA (RTD's)

Los termómetros industriales de resistencia también llamados RTD's¹ son en principio bobinas de alambre enrolladas dentro o alrededor de soportes de material aislante capaz de soportar la temperatura para la que se diseñó el termómetro.

Los termómetros de resistencia son básicamente un instrumento para medir la temperatura en función de la resistencia eléctrica y se calibran para indicar lecturas de temperatura directamente en vez de unidades de resistencia ohmica.

Algunos de los tipos de devanado de resistencias más empleados en aplicaciones industriales incluyen:

- a) Devanados espaciados de alambre no recubierto sobre un eje aislador cilíndrico.
- b) Alambre aislado devanado uniformemente sobre un eje de plástico, metal o cerámica.
- c) Alambre no recubierto enrollado sobre una tira angosta de mica con muescas uniformes.
- d) Alambre no recubierto devanado en una hélice pequeña alrededor de tiras de mica cruzadas y con muescas uniformes.
- e) Alambre no recubierto devanado en forma de pequeña hélice o bobina, que se inserta en una ranura de doble espiral de un tubo metálico o de cerámica aislado y de paredes delgadas.
- f) Una tira de papel metálico muy delgado.
- g) En una tela tejida de malla de alambre.

Estos devanados se colocan con mucho cuidado de manera que ni el alambre ni el soporte de montaje se rompa debido a los cambios de temperatura dentro del rango para el que fueron diseñados. Existe siempre el peligro de que el alambre o la tira se rompan o estiren si se sobrepasa el rango de temperatura.

¹ Por sus siglas en inglés **R**esistence **T**emperature **D**etectors.

En el mismo año en que Seebeck hizo su descubrimiento acerca de la termoelectricidad, el Sr. Humphrey Dhabí anunció que la resistividad de los metales mostraba una marcada dependencia a la temperatura. Cincuenta años más tarde el Sr. William Siemens propuso el uso del platino como elemento en un termómetro de resistencia. Su elección probó ser la correcta, el platino es usado en estos días como el elemento primario en todos termómetros de resistencia de gran precisión. Los RTD's son fabricados comúnmente de platino, cobre o níquel. En la figura 7.1 pueden verse las curvas de resistencia relativa de dichos metales en función de la temperatura.

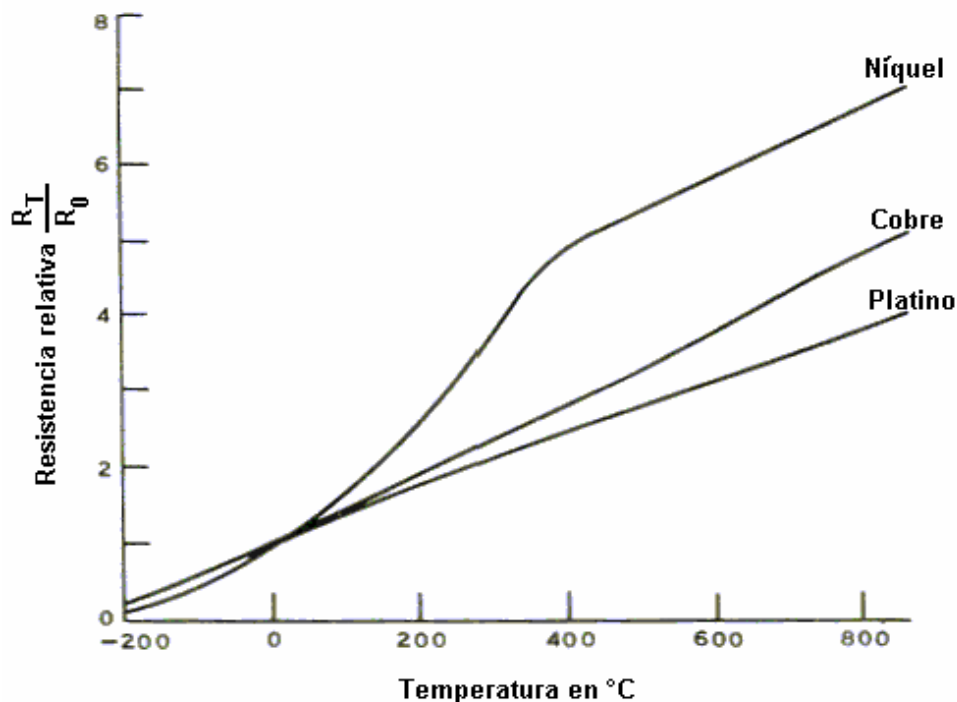


Fig. 7.1

Cuando un material cambia de resistencia en función de una variación en la temperatura, el cambio se denomina *coeficiente de temperatura de la resistencia* del material. Este coeficiente se expresa en ohms por grado de temperatura, a una temperatura dada, y es positivo para la mayoría de los metales.

Con el fin de obtener la más alta sensibilidad de medición posible, es muy conveniente tener el mayor cambio de resistencia por grado para un valor de resistencia específico, pero también es necesario que el material posea una buena estabilidad durante un largo periodo (años) y en una amplia gama de temperaturas, sin cambiar sus características eléctricas.

Los metales que se emplean en la fabricación de RTD's tienen un alto grado de linealidad sobre el rango de temperatura de la resistencia para la que se diseñó cada una en particular. La mayor parte de los metales puros tienen un cambio de resistencia en función de la temperatura, prácticamente lineal por lo menos durante una porción de su curva de resistencia-temperatura. La relación entre la resistencia y la temperatura se puede expresar matemáticamente en la forma siguiente:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T) \quad \therefore \quad \alpha = \left(\frac{R_T - R_0}{R_0 T} \right)$$

en donde R_0 = resistencia a una temperatura de referencia (0°C) en ohms.
 R_T = resistencia a una temperatura T, en ohms.
 α = coeficiente de resistencia del material usado.

En los casos que el coeficiente de resistencia-temperatura no sea lineal, a menudo se aplica la ecuación general:

$$R_T = R_0(1 + aT + bT_2 + cT_3 + dT_4 + \dots)$$

y, mientras más se desarrolle la ecuación, tanto más exacta será la curva particular de resistencia-temperatura. Los coeficientes a, b, c, d, etc., se pueden calcular con base en tres o más valores de resistencia temperatura, espaciados en un modo uniforme, a lo largo del rango de temperatura de trabajo deseadas.

El instrumento (indicador / controlador / registrador) receptor de señal lee la temperatura como cambios en corriente la cual suministra al circuito del sensor. Vistos de otra manera, como cambios de temperatura o de resistencia del sensor. Esto varía la cantidad de corriente permitida a pasar al instrumento.

Debido a que es un mecanismo de resistencia, su operación genera calor extra al calor que se está midiendo. Cuando especificamos el uso de un RTD, su masa y el calor que genera deben ser tomados en cuenta. Idealmente la sustancia que está siendo medida tendrá el suficiente volumen y conductividad térmica para que el calor que genere el RTD sea un factor despreciable. Ajustando los parámetros del instrumento se puede tomar en cuenta el calor que genera el RTD y desarrollar lecturas lo suficientemente precisas para una determinada aplicación. Normalmente se utiliza 1 mA de corriente que es lo típico para reducir los efectos del auto calentamiento del RTD.

CONSTANTE DE TIEMPO (Tiempo de respuesta térmica)

Un elemento RTD, como algunos otros termómetros, sensan su propia temperatura. Debido a que el interés está en la temperatura del medio alrededor del RTD, la precisión depende en la habilidad del RTD de conducir el calor del exterior de la funda protectora, pasar por la cubierta epóxica o de vidrio y luego llegar hasta el alambre del elemento, lo que disminuye la velocidad de respuesta. Otro punto que debemos tomar en cuenta para la constante de tiempo es que el elemento RTD debe llegar a una temperatura uniforme antes de medir una temperatura exacta, lo cual lo hace más lento para responder a los cambios de temperatura.

Como podemos ver varios factores entran en juego. La constante de tiempo o el tiempo de respuesta térmica, es una expresión de que tan rápido el sensor, en este caso el RTD, responde a los cambios de temperatura. Como se expresa aquí, el tiempo de respuesta es definido como que tanto tiempo le lleva al sensor llegar al 63.2% de un cambio de temperatura.

Un rápido tiempo de respuesta es esencial para la precisión en un sistema con repentinos cambios de temperatura. Las características de respuesta pueden ser alteradas también por cambios en la medida del elemento, el diámetro de la funda, el grosor de la pared de la funda y técnicas especiales de empaque.

INTERCAMBIALIDAD DEL RTD (facilidad de reposición)

La intercambialidad es comúnmente citada como un factor de precisión del RTD. Esta nos dice que tan cerca el elemento sensor de un RTD sigue su curva nominal de resistencia – temperatura, y la máxima variación que debe existir en las lecturas de termómetros idénticos, montados igual sobre condiciones idénticas.

La intercambialidad consiste de dos puntos una tolerancia a una temperatura de referencia, usualmente 0°C, y una tolerancia en el declive, o el coeficiente de temperatura de la resistencia (TCR).

Hay dos tipos de estándar utilizados en la industria, el estándar DIN y el estándar JIS. El estándar más comúnmente usado en México es el DIN, el cual usa una curva de resistencia – temperatura (TCR) de 0.003850 ohms/ohm/°C. A continuación se muestra la tabla 7.1 de los valores de los RTD's en diferentes materiales:

Metal	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coeficiente Temp.(TCR) $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$	Intervalo útil de temp. $^\circ\text{C}$	Costo relativo	Resist. Sonda a 0°C, ohms	Precisión $^\circ\text{C}$
Platino	9.83	0.00385	-200 a 850	Alto	25, 100, 130	0.01
Níquel	6.38	0.0063 a 0.0066	-150 a 300	Medio	100	0.50
Cobre	1.56	0.00425	-200 a 120	bajo	10	0.10

Tabla 7.1

COSTO

Como sabemos, el precio del platino es muy elevado. Para hacer RTD's se requiere de materiales mas caros y técnicas de manufactura complicadas.

RANGOS DE TEMPERATURA

Los RTD's de platino son utilizados en un rango de temperatura de -200 hasta 850° C. La limitación de los otros materiales para elementos RTD (níquel y cobre) es que su rango de temperatura de operación es mucho más bajo que los de platino.

ESTABILIDAD Y REPETIBILIDAD

Los RTD's son muy estables al paso del tiempo. Esto es, que los RTD's no tienen una "desviación" como los termopares. Esto significa que las mediciones con el RTD son mucho más precisas sobre un periodo dado de tiempo. En otras palabras, si el elemento mide 100° C el día de hoy, también medirá 100° C mañana, el siguiente mes y así sucesivamente.

La repetibilidad se refiere a la habilidad de los RTD's de medir exactamente la misma temperatura después de ciclos de calentamientos y enfriamientos repetitivos. La tendencia de los ciclos de temperatura hacen al termopar "oscilante" dentro de su banda de tolerancia. Por ejemplo, si un RTD es colocado para medir una temperatura de 100° C y mide 100.0° C, entonces continuara midiendo 100.0° C (o cercano a este) aun si se calienta y / o enfría el sensor varias veces. Un termopar, por lo contrario, mide 100° C una vez, la siguiente lectura será 99, la que sigue 101, y sigue con 100 y así sucesivamente. Por lo tanto el RTD es más preciso en muchas mediciones de temperatura.

IDENTIFICACIÓN DE LOS RTD's

Identificar un RTD es fácil. Un RTD de dos alambres usualmente usa el mismo color en ambas terminales, un termopar como ya lo hemos visto anteriormente usa sus terminales con diferente color. También, si mides la resistencia entre los dos alambres (a temperatura ambiente), la resistencia del RTD estará entre 107 y 110 ohms. Mientras que un termopar tendrá una resistencia muy baja, acaso unas pocas décimas de ohm como máximo.

Por los estándares DIN-IEC-751 y ASTM E1137, un RTD DIN de 3 alambres tiene dos terminales rojas y una blanca (alambre de compensación). Un RTD DIN de 4 alambres tiene dos terminales rojas y dos terminales blancas. Para saber que terminal blanca va con que terminal roja cuando no están etiquetados, medimos el valor de las resistencias entre la terminales. Para identificar las terminales se comparan los valores de resistencia obtenidos con la tabla 7.2:

Medida terminal a terminal	Distancia a temperatura ambiente
1 y 2; 3 y 4	De menos de 1 ohm a pocos ohms máximo.
1 y 3; 1 a 4 2 y 3; 2 y 4	≈ 107 a 110 ohms

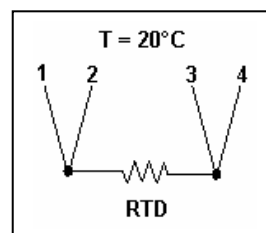


Tabla 7.2

CLASES DE RTD's

El error en la lectura de los valores de la sonda llamada también tolerancia, de acuerdo con IEC 751-1983, esta relación es idéntica con la JIS C 1604-1997, BS EN 60751 y la DIN EN 60751. a continuación se muestra en la tabla 7.3. en donde $|t|$ es la temperatura en °C sin signo.

Clase	Tolerancia
A	$\Delta R = \pm (0.15 + 0.002 \times t) ^\circ\text{C}$
B	$\Delta R = \pm (0.3 + 0.005 \times t) ^\circ\text{C}$

Tabla 7.3

La tolerancia para la clase "A" aplica a temperaturas de -200 a 650°C, mientras que la tolerancia de la clase "B" aplica a temperaturas de -200 a 850°C.