

## Medición de Temperaturas con RTD

ING. JORGE M. TIRABASSO  
CONTROL Y SAFETY S.A.

### Resumen

*Se describen las características de las sondas de temperatura de tipo RTD (de las que las conocidas Pt100 son un caso particular), su forma de operación y utilización, el origen de los errores más importantes y las ventajas de la utilización.*

### Introducción

Una manera común de medir temperatura es el uso de detectores de temperatura resistivos (RTDs). Estos instrumentos eléctricos permiten mediciones de temperatura muy exactas: los RTDs industriales comunes usados en un proceso de fabricación pueden ser exactos dentro de 0,01 °C, mientras que los RTD's de precisión usados en laboratorios de calibración pueden llegar a mantener una exactitud de  $\pm 0.0001^\circ\text{C}$ .

La resistencia eléctrica de los metales cambia de una manera predecible dependiendo del aumento o la caída en la temperatura. Cuando las temperaturas aumentan, la resistencia eléctrica del metal aumenta. Los RTDs usan esta característica como una base para medir la temperatura.

Los termómetros de resistencia se diferencian de otros sensores de temperatura (termocuplas, por ejemplo) en que requieren el estímulo externo, en forma de una corriente, para poder medir la tensión generada sobre el elemento sensible, determinando la resistencia y en consecuencia la temperatura a la que el RTD se encuentra. Esto introduce variables adicionales en el proceso de medición y en general, un aumento del error con el que la temperatura se determina.

La parte sensible de un RTD es generalmente un devanado de cable de pequeño diámetro y alta pureza, construido con platino, cobre, o níquel. Esta configuración se conoce como

elemento bobinado. Para el caso de sensores de película delgada, se deposita una fina película de platino sobre un sustrato de cerámica.

El platino es una elección común para sensores de RTD por su estabilidad a largo plazo, aún a temperaturas altas. El platino es superior al cobre o al níquel debido a que es químicamente más inerte, soporta la bien la oxidación, trabaja en un rango de temperaturas más amplio y posee una mayor linealidad de en la variación de la resistencia en función de la temperatura.

En la operación, el instrumento de medición aplica una corriente continua a través del RTD. Cuando la temperatura cambia, cambia también la resistencia y proporcionalmente a este cambia la tensión sobre el elemento detector.

Aunque existe una relación lineal entre la tensión y la resistencia, la relación entre la resistencia y la temperatura, salvo para muy estrechos márgenes de variación de ésta, *no es lineal*, por lo que se hace indispensable la aplicación de una corrección para determinar con exactitud la temperatura.

La ecuación clásica para la aplicación de esta corrección y determinar  $R_{\text{RTD}}$  (la resistencia del RTD a la temperatura de interés) es la llamada de Callendar-Van Dusen

$$R_{\text{RTD}} = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3] \quad (\text{para } t < 0^\circ\text{C})$$

$$R_{\text{RTD}} = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad (\text{para } t > 0^\circ\text{C})$$

Los valores de las diferentes constantes de la ecuación dependen ligeramente de la construcción de la sonda de

temperatura, pero para RTD's típicos para uso industrial pueden usarse los siguientes valores:

$$\begin{aligned} A &= 3.90830 \times 10^{-3}, \\ B &= - 5.77500 \times 10^{-7}, \\ C &= - 4.18301 \times 10^{-12}, \\ R_0 &= R_{RTD} \text{ a } 0^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

### Errores por Auto-Calentamiento

La corriente usada para medir la resistencia del sensor también lo calienta como sucede en cualquier resistencia. Debido a este efecto de calentamiento por efecto Joule, el sensor siempre indicará una temperatura que es algo más alta que la temperatura verdadera. Este es el fenómeno que se conoce como Auto-Calentamiento, y los errores, que están en función de la aplicación, pueden llegar a valores a 1°C. Los errores de Auto-Calentamiento más grandes ocurren debido a la mala transferencia de calor entre el elemento y el medio, o bien por una corriente excesiva usada para medir la resistencia.

Los métodos para reducir el error de Auto-Calentamiento son:

1. Minimizar la disipación de potencia en el sensor. Existe un compromiso entre el nivel de señal y el Auto-Calentamiento del sensor. Usualmente, el uso de corrientes del orden de 1 mA permiten una adecuada resolución y un bajo Auto-Calentamiento.
2. Usar un sensor con una resistencia térmica baja. Cuanto más baja sea la resistencia térmica del sensor, tanto más fácilmente podrá disipar la potencia de Auto-Calentamiento y se minimizarán así los errores. Un sensor con constantes de tiempo bajas tiende a poseer una baja resistencia térmica.
3. Maximizar el contacto térmico entre el sensor y la aplicación.

### Errores por resistencia de los conductores de interconexión

Hemos discutido los errores por autocalentamiento y las formas tradicionales de minimizarlos, sin embargo, con mucho, la fuente de error más importante en la determinación de la temperatura es la resistencia de los cables de interconexión entre el elemento

sensor y el dispositivo de medición o registro, sea éste un termómetro de mano o la entrada de un PLC.

En la figura 1 vemos un esquema eléctrico simplificado del circuito de medición y excitación para un RTD.

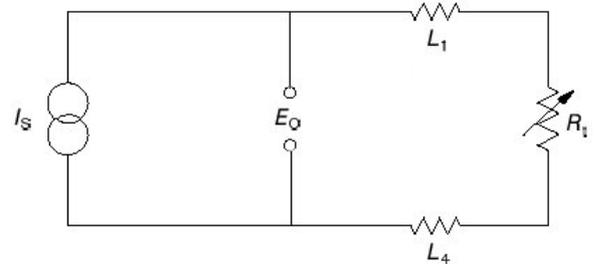


Figura 1

En el que  $I_s$  es la fuente de corriente de excitación para realizar la medición,  $R_t$  es la resistencia del elemento sensor y  $L_1$  y  $L_4$  son las resistencias de los cables de interconexión. Para la determinación de la resistencia se mide la tensión  $E_o$ . Sin embargo, esta tensión tiene una componente debida a la caída en la resistencia de los cables  $L_1$  y  $L_4$ . A pesar de que en principio puede compensarse o calibrarse su efecto de modo estático, cualquier variación en ellas, (debida a cambios de temperatura, corrosión en los conectores, etc.), introduce errores que quedan sin compensar.

Para eliminar estos errores se recurre a la conexión llamada de 4 hilos. La figura 2 muestra el principio de operación.

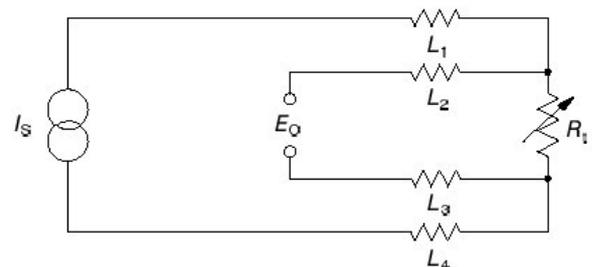


Figura 2

En donde se advierte que la conexión para medir la tensión sobre el elemento sensible se hace directamente sobre éste, debiéndose incorporar dos nuevos conductores que van desde el sensor propiamente dicho hasta el dispositivo registrador o de medición. En el esquema

L2 y L3 representan la resistencia de estos nuevos conductores. Debido a que la corriente que circula por el circuito de medición de tensión es normalmente muy baja, la caída de potencial en L2 y L2 será despreciable y se habrán eliminado los errores de la conexión de dos hilos.

Existe una tercera forma de conexión, llamada de tres hilos, que se utiliza básicamente cuando el sistema de medición es un puente tipo Wheatstone y

que permite una corrección de primer orden en la resistencia de los cables de interconexión.

### **Bibliografía**

TraceableTemperatures, an Introduction to Temperature Measurement and Calibration, Second Edition, J.V.Nicholas, D.R.White. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0 471 49291 4