

1. **Tema:** Comportamiento de sensores resistivos de temperatura.
2. **Objetivos:**
 - a. Operación y característica estática de termistores y RTDs
3. **Teoría.**

Compuesto de una mezcla sintetizada de óxidos metálicos, el termistor es esencialmente un semiconductor que se comporta como un "resistor térmico" con un coeficiente térmico de temperatura negativo de valor muy elevado.

Los termistores también se pueden encontrar en el mercado con la denominación NTC (Negative Temperature Coefficient) habiendo casos especiales de coeficiente positivo cuando su resistencia aumenta con la temperatura y se los denomina PTC (Positive Temperature Coefficient).

En algunos casos, la resistencia de un termistor a la temperatura ambiente puede disminuir en hasta 6% por cada °C de aumento de temperatura.

Esta elevada sensibilidad a variaciones de temperatura hace que el termistor resulte muy adecuado para mediciones precisas de temperatura, utilizándose ampliamente para aplicaciones de control y compensación en el rango de 150°C a 450°C.

El termistor se fabrica a partir de óxidos metálicos comprimidos y sintetizados. Los metales utilizados son níquel, cobalto, manganeso, hierro, cobre, magnesio y titanio, como típicas se pueden considerar las preparaciones de óxido de manganeso con cobre y óxido de níquel con cobre. Modificando las proporciones de óxido se puede variar la resistencia básica un termistor; se dispone de termistores con resistencias básicas a 25 °C desde unos pocos cientos hasta varios millones de ohms.

Los termistores sirven para la medición o detección de temperatura tanto en gases, como en líquidos o sólidos. A causa de su muy pequeño tamaño, se los encuentra normalmente montados en sondas o alojamientos especiales que pueden ser específicamente diseñados para posicionarlos y protegerlos adecuadamente cualquiera sea el medio donde tengan que trabajar.

$$R_T = R_0 e^{\left\{ B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right\}}$$

Ecuación de un NTC

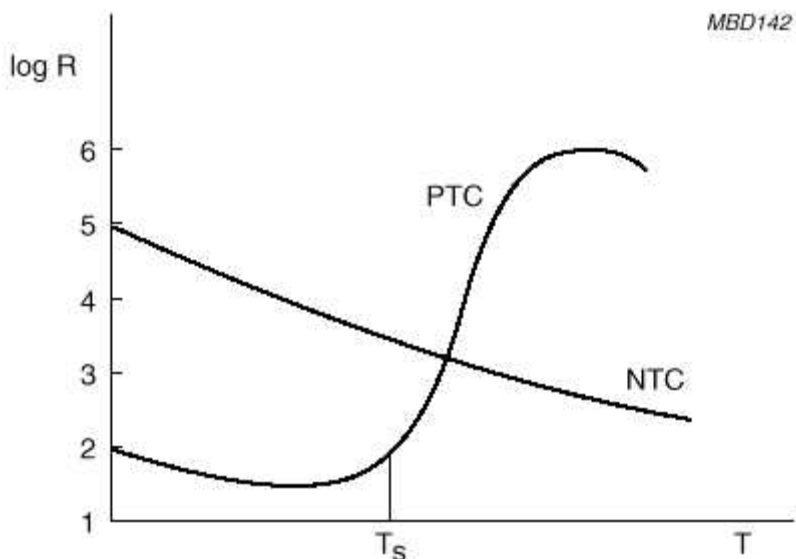
Se los puede adosar fácilmente o montar con tornillos, ir roscados en superficies o cementados.

Los alojamientos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, plástico, bronce u otros materiales.

Las configuraciones constructivas del termistor de uso más común son los glóbulos, las sondas y los discos. Los glóbulos se fabrican formando pequeños elipsoides de material de termistor sobre dos alambres finos separados unos 0,25 mm. Normalmente recubiertos con vidrio por razones de protección, son extremadamente pequeños (0,15 mm a 1,3 mm de diámetro) y ofrecen una respuesta extremadamente rápida a variaciones de temperatura.

Las sondas son glóbulos con conductores de extensión sellados dentro de puntas de varillas de vidrio sólidas con diámetros de 0,76 mm a 2.54 mm y largos de 6,3 mm a 50 mm. Las sondas de vidrio resultan por lo general robustas y más fáciles de montar que los glóbulos pero tienen una mayor constante de tiempo y requieren más espacio.

Los discos se fabrican prensando el material bajo una presión de varias toneladas dentro de un molde redondo, lográndose piezas cilíndricas planas. Resultan útiles para las sondas de medición de temperatura en superficies donde se deben sentir un área relativamente grande.



Características

En comparación con las termocuplas y las termorresistencias, el termistor no ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad. Posiblemente, una ventaja importante esté en la extremadamente elevada sensibilidad del termistor a variaciones de temperatura.

Los termistores NTC poseen elevadas resistencias a baja temperatura, pero sus resistencias disminuyen exponencialmente a medida que crece la temperatura. Por el contrario, las resistencias de los metales como el platino, níquel y cobre aumentan linealmente con la temperatura.

Los termistores no sirven para la medición de temperatura dentro de alcances amplios puesto que sus variaciones de resistencia son demasiado grandes para que puedan medirse de una manera adecuada con un solo instrumento; alcances de alrededor de 100K suelen ser lo máximo admisible.

Los termistores resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia; por ejemplo, la resistencia de un termistor típico varía 156 Ω de 0°C a 1°C, mientras la del platino varía tan sólo 0,385 Ω .

La elevada resistencia de los termistores no sólo hace aumentar la sensibilidad, posibilitando la medición de alcances reducidos de temperatura, sino también permite la conexión bifilar. La resistencia del alambre de conexión y los efectos de la temperatura ambiente son despreciables si se los compara con la resistencia del termistor y las variaciones de resistencia.

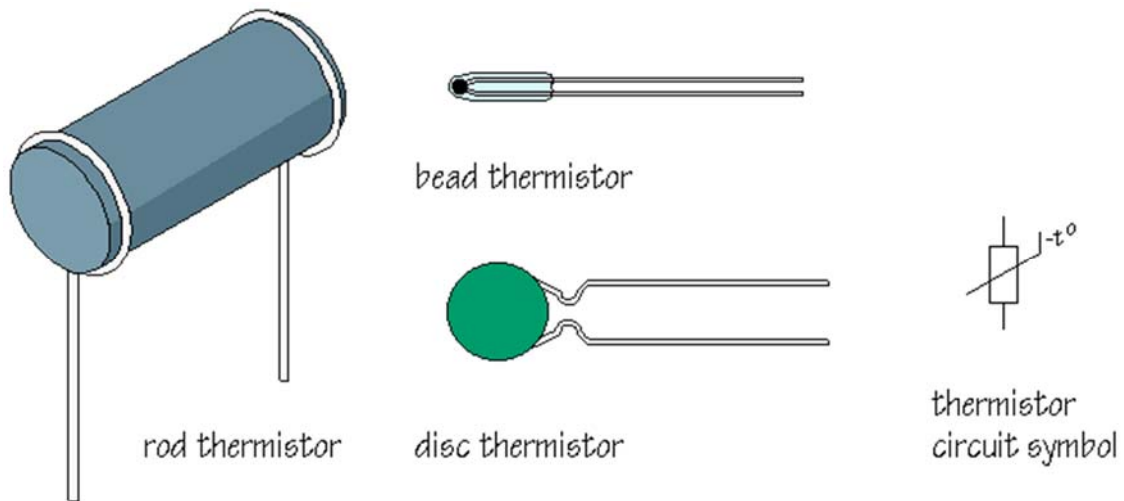
La estabilidad del termistor es una de las características que están bajo estudio. Recientemente se ha desarrollado una técnica de deposición electrónica de radiofrecuencia

que produce sensores de SiC de película delgada adecuados para temperaturas entre 100 °C y 450 °C y se dicen que sufren un cambio de resistencia menor del 3% luego de 2.000 horas a 400 °C.

La linealidad es otra área donde se registran importantes avances. Actualmente se está fabricando un termistor que puede mantenerse lineal dentro de 0,5 °C desde -65°C hasta 200°C. La especificación es estrictamente válida sólo para potencia cero, puesto que los problemas de disipación de calor interfieren con el de desempeño, pero el fabricante sostiene que los errores son mínimos a los niveles prácticos de corriente y tensión.

La linealización también puede obtenerse mediante un diseño adecuado del circuito de medición. La linealización digital suele ser considerada efectiva para la mayoría de los termistores con un rango de trabajo no mayor a 1000 Ω. Para los sistemas analógicos opera los sistemas digitales que se estima funcionarán más allá de ese rango, la practica normal es emplear un resistor secundario en paralelo con el termistor de forma de linealizarlo y también poder hacerlo intercambiable con sensores del mismo tipo. Con esta solución, por lo general, su coeficiente de temperatura decrece muchísimo, pero sin llegar a los valores típicos de una termorresistencia metálica.

En las aplicaciones de medición y control de temperatura, el termistor se usa, generalmente, como uno de los brazos de un puente Wheatstone convencional. Este tipo de circuito suministra una máxima sensibilidad. Para aumentar los niveles de salida del puente, se puede insertar un amplificador entre la salida del puente y el instrumento indicador o dispositivo de control. Este dispositivo es el que también se utiliza en el caso de las termorresistencias metálicas.



Diseño

El diseño de los termistores implica considerar los aspectos mecánicos o físicos, por un lado, y los eléctricos por el otro.

Consideraciones mecánicas o físicas

Las especificaciones mecánicas se refieren a:

- Tamaño y configuración adecuados para el uso previsto, como ser el método de montaje el elemento sensor expuesto o encerrado, terminación, etc., lo que, a su vez, determina la constante de disipación y la constante de tiempo.
- Material a utilizarse para la construcción del conjunto sensor del termistor, lo cual depende del medio (como ser aire, agua, aceite, etc.), longitud de exposición y medio corrosivo, niveles de choque, vibración y humedad, temperatura de operación y rango de temperatura, presión del medio al que se halla expuesto el termistor, etc.

Todas estas consideraciones son las mismas que se deben tener en cuenta para los casos ya vistos de termocuplas y termorresistencia.

Consideraciones eléctricas.

Las consideraciones eléctricas se refieren en forma somera a aquellas características de un termistor que pueden determinarse mediante un ensayo eléctrico.

- La resistencia y la tolerancia a cierta temperatura de referencia.
- La constante de disipación, que es la potencia, generalmente en mW que hará subir la temperatura del termistor 1°C por encima de la temperatura ambiente; esta constante queda determinada en cierta medida por el tipo y tamaño del termistor utilizado, y por el método de montaje.
- La constante de tiempo, que es el tiempo, en segundos, para que todo el conjunto cambie su propia temperatura un 63% de como lo haría a partir de su temperatura original hasta alguna temperatura final al estar sometido a una variación escalón de temperatura; también queda determinado en cierta medida por el tipo y tamaño del termistor utilizado, y por el método de montaje.
- El coeficiente de temperatura o la variación de resistencia por cada grado de variación de temperatura del termistor.

Selección.

En las aplicaciones de medición y control de temperatura, la selección de una resistencia de termistor adecuada generalmente depende de las siguientes consideraciones:

Alcance de temperatura.

Por lo general, la resistencia nominal de un termistor se elige fundamentalmente en base al alcance de temperaturas de operación. Mayores valores de resistencia corresponden a temperaturas más elevadas, mientras las bajas temperaturas requieren menores resistencias.

Valores de resistencia en los extremos del alcance de temperatura.

Se deben considerar los siguientes factores:

- Antes que nada, si la curva del termistor será positiva o negativa (PTC o NTC). Por lo general y su difusión lo confirma, en la medición de temperaturas se utiliza el NTC, salvo para casos de compensación de alguna variable a que forzosamente deba ser de característica PTC. Entonces considerando un termistor NTC, los otros dos factores a considerar son:
 - La resistencia máxima a bajas temperaturas no debe ser demasiado alta para poder satisfacer las necesidades de los circuitos asociados como ser

amplificador, lectura, etc. Si la resistencia a bajas temperaturas es muy alta, se debe considerar la posibilidad de captación de señales espurias. Si por otras razones es necesaria una elevada resistencia y la captación es un problema, se aconseja utilizar líneas blindadas, filtros y alimentación CC.

- La resistencia mínima a elevadas temperaturas no debe ser demasiado baja para poder satisfacer las necesidades del amplificador, lectura, etc. Si la resistencia a elevadas temperaturas es demasiado baja, se deben tener en cuenta los posibles errores debidos a las resistencias de contacto, a la resistencia de línea y a la variación de la resistencia de línea para variaciones de la temperatura ambiente.

Sensibilidad.

La mayoría de las aplicaciones tienen una tolerancia expresada en unidades de temperatura. En cambio, los termistores suelen especificarse en términos de tolerancia de resistencia. Es una característica de los termistores que una tolerancia de resistencia fija sobre un alcance de temperatura sea equivalente a una tolerancia de temperatura que es menor en el extremo de temperaturas bajas y mayor en el extremo de temperaturas altas.

Autocalentamiento.

La potencia (PR) disipada en el termistor hará subir su temperatura por encima de la ambiente. El incremento de temperatura es una función directa de la constante de disipación del termistor con su montaje dentro del medio ambiente donde opera.

Aplicaciones.

Según la utilización, pueden encontrarse en el mercado termistores con valores entre 100 Ω y 30 K Ω , los de uso más frecuente se encuentran en la franja entre 1K Ω y 5K Ω . Dentro de estos valores, tal como se mencionó anteriormente, no influyen los pequeños valores de resistencia correspondientes a los conductores de extensión o los propios del termistor.

El rango de temperatura de uso más difundido es entre -50°C y 200°C, a pesar de haber algunos que alcanzan los 450°C.

Su aplicación más frecuente es como sensor de temperatura para mediciones rápidas en sondas manuales que acompañan a los termómetros portátiles electrónicos, hoy más difundidos.

Su desventaja es su falta de estabilidad en el tiempo y su gran dispersión en comparación con las termorresistencias, que pueden fabricarse con valores de resistencia superiores (Pt 500 y Pt 1000), mayores exactitudes y valores normalizados universalmente que garantizan su intercambio sin calibración previa.

La ventaja más importante es su pequeña masa, lo que permite velocidades de respuesta muy altas

4. Trabajo preparatorio.

- a. Consulte las características de un termistor comercial de disco.
- b. Explique detalladamente la aplicación de un termistor tipo disco.

5. Equipo necesario.

- a. Un contenedor plástico.

- b. Una resistencia de calentamiento de 0.5Ω .
- c. Un acondicionador de termocupla NiCr-Ni.
- d. Una interface USB.
- e. Una termocupla de inmersión NiCr-Ni.
- f. Un RTD Pt100.
- g. Dos termistores.
- h. Una termocupla de Cromel-Alumel (Tipo K).
- i. Un multímetro.
- j. Pieza de soporte para sensores.
- k. Papel o tela absorbente que Ud. debe traer.

6. Procedimiento.

LEA ESTO CUIDADOSAMENTE ANTES DE INICIAR

En esta práctica debe tener excesivo cuidado porque vamos a manipular agua. Si el agua se derrama sobre los elementos electrónicos podrá causar un cortocircuito que dañara irreparablemente estos dispositivos. Como el agua al final de la medición alcanza los $56\text{ }^{\circ}\text{C}$, hay riesgo de que se queme si no la manipula con cuidado. Por lo tanto Ud. Es responsable de manipular correctamente los elementos de esta práctica.

- a. Llenar el contenedor de plástico hasta la línea señalada en rojo. Seque bien el contenedor antes de continuar con el papel o la tela absorbente.
- b. Colocar la resistencia de calentamiento. **NO LA CONECTE TODAVIA.**
- c. Coloque la termocupla de inmersión junto a la termocupla tipo K, en el soporte de sensores.
- d. Conecte la termocupla tipo K al multímetro.
- e. Conecte el termistor de inmersión al acondicionador de termocuplas y los dos al interface USB. Arranque el programa MEASURE de PHYWE, dando doble click sobre el icono en el escritorio.
- f. Calibre con un punto, de ser necesario, la termocupla de inmersión. Pida indicaciones para este procedimiento.
- g. Desconecte multímetro y guarde el termistor tipo K.
- h. Coloque el termistor pequeño de disco junto a la termocupla de inmersión, en el soporte. Conecte el termistor al multímetro en modalidad de medición de resistencia (Rango de $20K\Omega$). **ENCIENDA LA RESISTENCIA**, tome datos y anote en la tabla de resultados.
- i. Vacíe cuidadosamente el agua caliente, y vuelva a llenar el envase con agua a temperatura ambiente. Seque bien el contenedor antes de continuar con el papel o la tela absorbente.
- j. Coloque el termistor grande de disco junto a la termocupla de inmersión, en el soporte. Conecte el termistor al multímetro en modalidad de medición de resistencia (Rango de $2K\Omega$). **ENCIENDA LA RESISTENCIA**, tome datos y anote en la tabla de resultados.

- k. Vacíe cuidadosamente el agua caliente, y vuelva a llenar el envase con agua a temperatura ambiente. Seque bien el contenedor antes de continuar con el papel o la tela absorbente.
 - l. Sujete con sus manos el RTD, junto al termistor de inmersión (no lo sujete al soporte de sensores por que el dispositivo es muy pesado) Conecte el PT100 al multímetro en modalidad de medición de resistencia (Rango de 200Ω). ENCIENDA LA RESISTENCIA, tome datos y anote en la tabla de resultados.
- 7. Informe de laboratorio.** En el informe de laboratorio hay que incluir, además a los puntos comunes del informe, lo siguiente:
- a. Calcule y dibuje la característica estática de los sensores probados.

HOJA DE RESULTADOS

GUIA K		GRUPO No:
Integrantes:		

<i>Temperatura</i>	<i>Termistor pequeño</i>	<i>Termistor grande</i>	<i>PT100</i>
°C	Ω		
20			
22			
24			
26			
28			
30			
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			

Revisado: _____