

TEMA 3: BOLETÍN DE EJERCICIOS

SENSORES RESISTIVOS

1. Se disponen de varios sensores resistivos que dependen de una variable x y cuya forma es:

	a	b	c	d
$R(x)$	$K \cdot \frac{1+a \cdot x}{1+b \cdot x}$	$K \cdot \exp\left(\frac{ax}{x+b}\right)$	$K \cdot x^a$	$K_0 + K \cdot \tanh(a \cdot x)$

Expresé estas relaciones de la forma $R(x) \approx R_0 + \alpha \cdot (x - x_0) + \beta \cdot (x - x_0)^2 + O[(x - x_0)^3]$.
 $x_0 = 0$ para los casos a , b y d , y $x_0 = x_0$ para el caso c .

2. En las transparencias se ha supuesto siempre que, en el puente resistivo, el sensor se encuentra unido a tierra y la resistencia patrón junto a la referencia de tensión. ¿Se ve afectada la sensibilidad si las resistencias intercambian su posición?
3. En un divisor de tensiones, $V_O(x) = \frac{R_S(x)}{R+R_S(x)} \cdot V_{REF}$. Determine qué condición debe cumplir R para que $\frac{\partial V_O}{\partial x}$ alcance un valor absoluto máximo en torno a $x = 0$ si $R_S(x) \approx R_{S0} + K \cdot x^2$.
4. Suponga que coloca en paralelo el sensor R_S con una resistencia patrón R y que el paralelo se excita con una fuente de corriente I_{REF} . Mediremos la tensión entre los extremos del paralelo. Demuestre que la resistencia R de máxima linealidad es igual a la del caso con resistencias en serie y referencia de tensión.
5. Sabiendo que el platino tiene coeficientes $\alpha_1 = 3902 \text{ ppm/K}$ y $\alpha_2 = -0,5775 \text{ ppm/K}^2$ y el níquel $\alpha_1 = 5485 \text{ ppm/K}^1$ y $\alpha_2 = 6,65 \text{ ppm/K}^2$, determine, si existen, los valores que permiten linealizar la Pt100 y la Ni120.
6. A partir de los datos mostrados en teoría ($\alpha_1 = 5485 \text{ ppm/K}$, $\alpha_2 = 6,65 \text{ ppm/K}^2$, $\alpha_3 = 2,805 \cdot 10^{-5} \text{ ppm/K}^3$, $T_0 = 273 \text{ K}$), determine el incremento de la resistencia Ni120 entre $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y $100 \text{ }^\circ\text{C}$ y la sensibilidad media calculada entre los extremos del intervalo.
7. Se dispone de una NTC con características $R_{25} = 10 \text{ k}\Omega$ y $B_{25/85} = 3200 \text{ K}$. Determine la resistencia del sensor a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y a $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Asimismo, determine el valor de la resistencia que permite su linealización.
8. Se ha medido una NTC a 0 y $100 \text{ }^\circ\text{C}$ dando valores de 3463 y $80202 \text{ }\Omega$. Determine los coeficientes R_{25} y B .
9. Una LDR presenta una resistencia de $3 \text{ k}\Omega$ cuando es iluminada con un foco de luz situado a 50 cm . Cuando se pone a 25 cm , la resistencia es de $1090,5 \text{ }\Omega$. Determine el coeficiente α de la fotorresistencia.

¹Corregido el 22/XII/2017.

10. Una galga extensiométrica (G.E.) de 350Ω a $23 ^\circ\text{C}$ y factor de galga 2 puede sufrir hasta 30.000 microdeformaciones. Tiene, asimismo, un coeficiente térmico de $120 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Suponiendo que se pone en la parte inferior de un puente de Wheatstone alimentado con 5.00 V y que se mide la diferencia de tensiones, V_{AB} , a dicha temperatura, determine la sensibilidad del sistema en $\mu\text{V}/\mu\epsilon$. A continuación, determine cuál es la salida máxima en tensión que se observaría antes de que se deforme. Finalmente, suponga que la temperatura cae bruscamente a $-20 ^\circ\text{C}$ y determine el error cometido en la medida si no se corrige este efecto.
11. Con los datos anteriores, y suponiendo que V_{AB} se conecta a la entrada de un amplificador de instrumentación INA111 para que el rango posible de valores de V_{AB} se transforme en $0\text{-}5 \text{ V}$. ¿Qué tensión habría que aplicar al terminal de referencia del amplificador?

Para uso de alumnos de la
Universidad Complutense de Madrid
<http://www.ucm.es>

Soluciones

1. Las soluciones serían: a) $K + K \cdot (a-b) \cdot x + K \cdot b(b-a) \cdot x^2 + \dots$, b) $K + \frac{K \cdot a}{b} x + \frac{1}{2} \cdot \frac{(a-2) \cdot K \cdot a}{b^2} \cdot x^2 + \dots$, c) $K \cdot x_0^a + a \cdot K \cdot x_0^{a-1} \cdot (x - x_0) + \frac{1}{2} \cdot K \cdot x_0^{a-2} \cdot a \cdot (a-1) \cdot (x - x_0)^2 + \dots$, d) $K_0 + a \cdot K \cdot x + 0 \cdot x^2 + \dots$
2. En el primer caso, se sabe que $V_1(x) = \frac{R_S(x)}{R+R_S(x)} \cdot V_{REF}$ con lo que el punto medio es $V_1(0) = \frac{R_S(0)}{R_S(0)+R} \cdot V_{REF}$, $S_x^{V1} = \frac{\partial V_1}{\partial x}$. Si se intercambian posiciones, la tensión del punto central es: $V_2(x) = \frac{R}{R+R_S(x)} \cdot V_{REF} = V_{REF} - \frac{R_S(x)}{R+R_S(x)} \cdot V_{REF} = V_{REF} - V_1(x) \rightarrow S_x^{V2} = \frac{\partial(V_{REF}-V_1)}{\partial x} = -\frac{\partial V_1}{\partial x} = -S_x^{V1}$. En otras palabras, sólo se produce un cambio de signo.
3. Por comodidad, usaremos la expresión $V_1(x) = \frac{R}{R+R_S(x)} \cdot V_{REF}$, que se demostró equivalente en el ejercicio anterior. Se puede deducir que:

$$S_x^{V1} = \frac{\partial V_1}{\partial x} = -\frac{R}{(R+R_S(x))^2} \cdot \frac{\partial R_S}{\partial x} \cdot V_{REF}$$

Y el punto en el que este parámetro alcanza un valor absoluto máximo es aquél en el que se anule $\frac{\partial S_x^{V1}}{\partial R} = -V_{REF} \cdot R \cdot \frac{\frac{\partial^2 R_S}{\partial x^2} \cdot (R+R_S(x)) - 2 \cdot \left(\frac{\partial R_S}{\partial x}\right)^2}{(R+R_S(0))^3}$. Es fácil ver que esta expresión se anula sólo si $R = R_S(0)$ pues $\frac{\partial R_S}{\partial x} = 2Kx \rightarrow \frac{\partial R_S}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0$ y $\frac{\partial^2 R_S}{\partial x^2} = 2K \rightarrow \frac{\partial^2 R_S}{\partial x^2} \Big|_{x=0} = 2K$.

4. Basta con hacer el equivalente Thevenin del paralelo $I_{REF} \cdot R$ para reducir el problema al visto en teoría.
5. En el caso de la Pt100, $R_{T0} = 100\Omega$:

$$R_{PT100}(T) = 100 \cdot \left[1 + \frac{3902}{10^6} \cdot T - \frac{0,5775}{10^6} \cdot T^2 \right] = 100 + 0,3902 \cdot T - 5,775 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$$

con lo que $\alpha = 0,3902$ y $\beta = -5,775 \cdot 10^{-5}$. Al ser β negativo, no es posible linealizar.

En el caso de la Ni120,

$$R_{Ni120}(T) = 120 \cdot \left[1 + \frac{5485}{10^6} \cdot T + \frac{6,65}{10^6} \cdot T^2 \right] = 120 + 0,6582 \cdot T + 7,98 \cdot 10^{-4} \cdot T^2$$

En este caso, sí que podrían cumplirse los requisitos²:

$$R = \frac{\alpha^2}{\beta} - R_{T0} = \frac{0,6582^2}{7,98 \cdot 10^{-4}} - 120 = 422,9 \Omega$$

6. 120,00 y 193,80 Ω . La sensibilidad es³ 738 m Ω /K.
7. T = 0°C: $R_{NTC} = 26,73 \text{ k}\Omega$, $R = 18,94 \text{ k}\Omega$; T = 50°C: $R_{NTC} = 4,35 \text{ k}\Omega$, $R = 2,89 \text{ k}\Omega$
8. $B = 3200 \text{ K}$, $R_{25} = 30 \text{ k}\Omega$
9. $\alpha = 0,73$

²Corregido el 30/XII/2017.

³Corregido el 23/I/2018.

$$10. \Delta V_{AB} = \frac{1}{4} \cdot V_{REF} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} = \frac{1}{4} \cdot V_{REF} \cdot K \cdot \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{5}{2} \cdot \frac{\Delta L}{L_0}, \frac{\Delta V_{AB}}{\Delta L/L_0} = \frac{5}{2} \cdot \Delta V_{AB,MAX} = \pm \frac{5}{2} \cdot 30000 = \pm 75000 \mu V. R(T = -20^{\circ}C) = 350 \cdot [1 + 120 \cdot 10^{-6} \cdot (-20 - 23)] = 348,194 \Omega \rightarrow 2580 \mu \varepsilon$$

$$11. G = 1 + \frac{50}{R_G}, G_{REQ} = \frac{5}{2 \cdot 0,075} = 33,33, R_G = 1546 \Omega. REF = 2,5 V.$$

Para uso de alumnos de la
Universidad Complutense de Madrid
<http://www.ucm.es>