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

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

2. En las trasparencias 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 $\frac{\partial V_0}{\partial x}$ 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 $\alpha_1 = 3902\ ppm/K$ y $\alpha_2 = -0{,}5775\ ppm/K^2$ y el níquel $\alpha_1 = 5485\ ppm/K$[1] y $\alpha_2 = 6{,}65\ ppm/K^2$, determine, si existen, los valores que permiten linealizar la Pt100 y la Ni120.

6. A partir de los datos mostrados en teoría ($\alpha_1 = 5485\ ppm/K$, $\alpha_2 = 6{,}65\ ppm/K^2$, $\alpha_3 = 2{,}805 \cdot 10^{-5}\ ppm/K^3$, $T_0 = 273\ K$), determine el incremento de la resistencia Ni120 entre 0 ºC y 100 ºC y la sensibilidad media calculada entre los extremos del intervalo.

7. Se dispone de una NTC con características $R_{25} = 10\ k\Omega$ y $B_{25/85} = 3200\ K$. Determine la resistencia del sensor a 0 ºC y a 50 ºC. Asimismo, determine el valor de la resistencia que permite su linealización.

8. Se ha medido una NTC a 0 y 100 ºC dando valores de 3463 y 80202 Ω. Determine los coeficientes R_{25} y B.

9. Una LDR presenta una resistencia de 3 kΩ cuando es iluminada con un foco de luz situado a 50 cm. Cuando se pone a 25 cm, la resistencia es de 1090,5 Ω. Determine el coeficiente α de la fotorresistencia.

[1] Corregido el 22/XII/2017.

10. Una galga extensiométrica (G.E.) de 350 Ω a 23 ºC y factor de galga 2 puede sufrir hasta 30.000 microdeformaciones. Tiene, asimismo, un coeficiente térmico de 120 ppm/ºC. 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 μV/$\mu\varepsilon$. 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 ºC 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 0-5 V. ¿Qué tensión habría que aplicar al terminal de referencia del amplificador?

Soluciones

1. Las soluciones serían:a) $K+K\cdot(a-b)\cdot x+K\cdot b(b-a)\cdot x^2+...$, b) $K+\frac{K\cdot a}{b}x+\frac{1}{2}\cdot\frac{(a-2)\cdot K\cdot a}{b^2}\cdot x^2+...$, c) $K\cdot x_0^a+a\cdot K\cdot x_0^{a-1}\cdot(x-x_0)+\frac{1}{2}\cdot K\cdot x_0^{a-2}\cdot a\cdot(a-1)\cdot(x-x_0)^2+\ldots$, d) $K_0+a\cdot K\cdot x+\boldsymbol{0\cdot x^2}+\ldots$.

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:

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

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

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 requisitos[2]:

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

6. $120{,}00$ y $193{,}80\ \Omega$. La sensibilidad es[3] 738 mΩ/K.

7. T = 0ºC: $R_{NTC}=26{,}73\ k\Omega$, $R=18{,}94\ k\Omega$; T = 50ºC: $R_{NTC}=4{,}35\ k\Omega$, $R=2{,}89\ k\Omega$

8. $B=3200\ K$, $R_{25}=30\ k\Omega$

9. $\alpha=0,73$

[2]Corregido el 30/XII/2017.
[3]Corregido el 23/I/2018.

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

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.