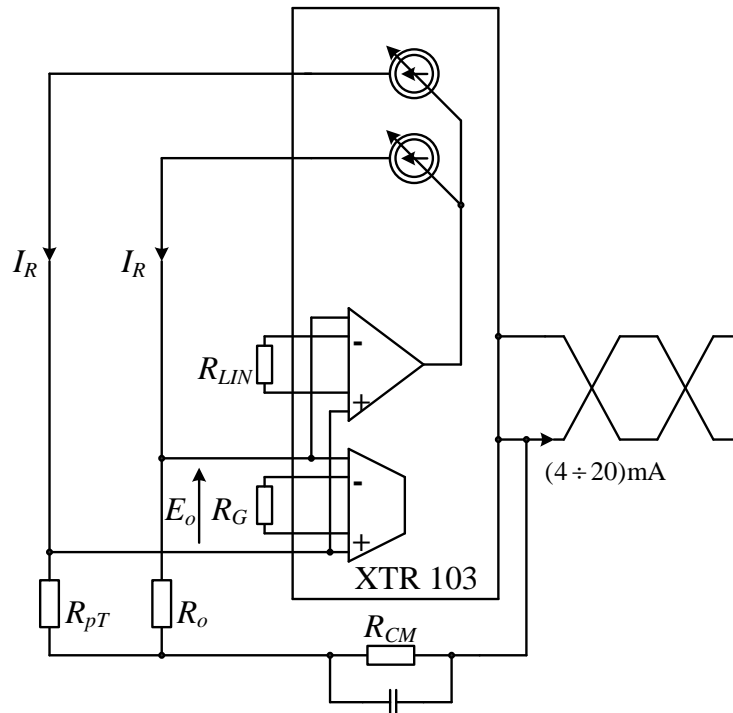


Ćwiczenie B

Linearyzacja półmostka przez zmianę prądu zasilania

Linearyzacja półmostka, zawierającego czujnik rezystor platynowy PT 100, przez zmianę prądu zasilania przedstawiono na rysunku. Rozwiązanie to zastosowano w układzie XTR 103, opracowanym przez firmę Burr-Brown.



Rys. 38.6. Linearyzacja półmostka przez zmianę prądu zasilania
 R_G – rezystor wzmacniacza, R_{LIN} – rezystor układu linearyzującego

Napięcie E_0 , będące różnicą napięć występujących na rezystorach platynowym R_{PT} (PT 100) i odniesienia R_0 jest podawane na wejście układu

$$E_0 = (R_{PT} - R_0)I_R. \quad (1)$$

Rezystancja rezystora platynowego zmienia się w zależności od temperatury zgodnie z wyrażeniem

$$R_{PT} = R_0 \left[1 + A(t - t_0) + B(t - t_0)^2 \right] \quad (2)$$

gdzie: A i B współczynniki temperaturowe platyny,

$$A = 3,908 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/\text{ }^\circ\text{C}, \quad B = 0,5802 \cdot 10^{-6} \left(1/\text{ }^\circ\text{C} \right)^2.$$

Prąd I_R w układzie XTR 103 jest powiązany z napięciem E_0 relacją

$$I_R = I_0 + E_0 \frac{K}{R_{LIN}}, \quad (3)$$

gdzie: I_0 - znamionowy wymuszony prąd płynący przez półmostek

$$(I_0 = 0,8mA \text{ gdy } R_{LIN} \rightarrow \infty),$$

K – stała układu XTR 103, ($K = 0,5$),

R_{LIN} - rezystor układu linearyzującego.

Podstawiając podane zależności do równania (1) oraz przyjmując, że tor pomiarowy będzie stosowany do pomiarów temperatur w przedziale od $t_0 = 0^{\circ}C$ do $t = t_{max}$ otrzymano

$$E_0 = [R_0(1 + At + Bt^2) - R_0] \left(I_0 + E_0 \frac{K}{R_{LIN}} \right). \quad (4)$$

Po przekształceniu uzyskano

$$E_0 = \frac{At + Bt^2}{1 - R_0 \frac{K}{R_{LIN}} (At + Bt^2)} I_0 R_0. \quad (5)$$

Napięcie E_0 będzie liniowo zależne od mierzonej temperatury t gdy zostanie spełniony warunek

$$\frac{At + Bt^2}{1 - R_0 \frac{K}{R_{LIN}} (At + Bt^2)} = At. \quad (6)$$

Po przekształceniu tej relacji otrzymano

$$At \left[1 - R_0 \frac{K}{R_{LIN}} (At + Bt^2) \right] = At + Bt^2. \quad (7)$$

Stąd wyrażenie określające rezystancję R_{LIN} układu linearyzującego

$$R_{LIN} = -KR_0 \frac{A}{B} (A + Bt). \quad (8)$$

Optymalną rezystancję rezystora R_{LIN} otrzymuje się po wywzorcowaniu układu. Po spełnieniu tego warunku napięcie liniowe półmostka

$$E_0 = R_0 I_0 At \quad (9)$$

jest liniowo zależne od temperatury otoczenia PT 100.

Precyzyjne przetwarzanie sygnałów zgodnie z powyższym równaniem jest ściśle realizowane tylko w wąskich trzech przedziałach, w środkowym przedziale temperatur i dla skrajnych wartości obszaru pomiarowego. Powodem są przyjęte uproszczenia w obliczeniach oraz to, że linearyzator ma charakterystykę opisaną równaniem drugiego rzędu i nie uwzględnia parametrów rezystora platynowego opisanych wyrażeniem Ct^3 . Mimo tych założeń upraszczających konstrukcję linearyzatora, linearyzator charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami i przy starannym doborze rezystorów R_G i R_{LIN} błąd linearyzacji nie przekracza $\pm 0,1\%$. Odnosząc tę wartość do parametrów rezystora PT 100 pracującego w przedziale temperatur od 0 do 800 °C o błędzie nieliniowości $-11,88\%$, wynika, że stosując układ XTR 103 zmniejszamy przeszło 100 razy błąd nieliniowości toru pomiarowego.

Rezystancję R_G wzmacniacza określono ze wzoru opisującego układ XTR 103

$$I_L = E_0 \left(0,016 + \frac{40}{R_G} \right) + 4, \quad (10)$$

przy czym : I_L - prąd wyjściowy , prąd w pętli prądowej w mA,

E - napięcie na wyjściu półmostka w mV,

R_G - w Ω .

Podstawiając do powyższej zależności relację (9) i przekształcając ją otrzymano

$$R_G = \frac{40}{\frac{I_L - 4}{R_0 I_0 A t} - 0,016}. \quad (11)$$

Wzór ten umożliwia określenie rezystancji R_G wzmacniacza .

Przykład

Wyznaczyć wartości rezystorów układu XTR 103 wzmacniacza R_G i linearyzatora R_{LIN} jeżeli czujnik , rezystor PT 100 współpracuje z systemem pomiarowym przeznaczonym do pomiaru temperatury w przedziale od $t_0 = 0^\circ\text{C}$ do $t = t_{\max} = 800^\circ\text{C}$.

Rezystancję R_{LIN} układu linearyzującego wyznaczamy ze wzoru (8) podstawiając $t = t_{\max} = 800^\circ\text{C}$

$$R_{LIN} = -K R_0 \frac{A}{B} (A + B \cdot t_{\max}) = -0,5 \cdot 100 \cdot \frac{3,908 \cdot 10^{-3}}{-0,5802 \cdot 10^{-6}} (3,908 \cdot 10^{-3} + -0,5802 \cdot 10^{-6} \cdot 800) = 1139,8\Omega$$

Rezystancję R_G wzmacniacza toru pomiarowego określamy z zależności (11), podstawiając za $t = t_{\max} = 800^{\circ}C$ i przyjmując, że odpowiadający tej temperaturze prąd wyjściowy $I_L = 20mA$.

$$R_G = \frac{40}{\frac{I_L - 4}{R_0 I_0 A t_{\max}} - 0,016} = \frac{40}{\frac{20 - 4}{100 \cdot 0,8 \cdot 3,908 \cdot 10^{-3} \cdot 800} - 0,016} = 833,8\Omega$$

$$R_G = 833,8\Omega$$

Firma Burr-Brown w tabeli 1 dla błędu linearyzacji 1% podaje wartości

$$R_G = 860\Omega, \text{ a } R_{LIN} = 1089\Omega.$$

W ćwiczeniu laboratoryjnym wartości te zostaną określone eksperymentalnie za pomocą potencjometrów wieloobrotowych i odpowiedniej procedury pomiarowej. Proces ten umożliwia zmniejszenie błędu linearyzacji do wartości 0,1%.