

УДК 510.5

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ СЕНСОРА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТОДІВ НАДЛИШКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

Г.О. Корогод, магістр

Київський національний університет технологій та дизайну

В. М. Яхно, старший викладач, кандидат технічних наук

Київський національний університет технологій та дизайну

М. І. Йора, магістр

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: поліноміальна функція перетворення сенсора, надлишкові методи, підвищення точності, параметри функції перетворення, терморезистор.

Високоточні вимірювання відіграють головну роль в усіх сферах наукової і виробничої діяльності. Це погрунтовано тим, що точність вимірювань є не лише запорукою отримання достовірної інформації або випуском якісної продукції, а і гарантією безпеки технологічного процесу. Перши елементом в вимірювальному каналі, де відбувається перетворення вхідної вимірювальної інформації в вихідний сигнал системи, виступає сенсор і від точності такого перетворення буде залежати і точність всього подальшого процесу. Тому сенсор повинен відповідати високим вимогам щодо точності, метрологічної надійності, ширині діапазону вхідної характеристики тощо. Серед всіх сенсорів найрозповсюдженим є сенсори температури, а терморезистор – одним із найпоширеніших завдяки своїй високій чутливості, високому температурному коефіцієнту і ширині діапазону температур. Але, як і багатьом іншим сенсорам, на точність терморезистора впливає нелінійність функції перетворення, вплив оточуючого середовища, систематичні похибки тощо. Зокрема нелінійність функції перетворення призводить до необхідності роботи на лінійній ділянці вхідної характеристики, що звужує діапазон вимірювання, або до її лінеаризації, що призводить до додаткових похибок. Також слід зазначити, що під впливом дестабілізуючих факторів параметри функції перетворення виходять за межі номінальних значень, що призводить до отримання недостовірної вимірювальної інформації.

Отже, дослідження, що спрямовані на підвищення точності вимірювань при поліноміальній і нестабільній функції перетворення сенсора, є актуальними.

Для вирішення поставленої задачі в роботі були використані методи надлишкових вимірювань (МНВ) [1]. Для своєї реалізації МНВ потребують формування нормованих за значенням фізичних величин, які мають одну фізичну природу з вимірювальною величиною і пов'язані з нею за законами арифметичної прогресії. При розробці математичної моделі надлишкових вимірювань для функції перетворення терморезистора, що

описується формулою Календара-Ван Дусена, були запропоновані наступні нормовані за значенням величини, які сформовані за допомогою стандартних джерел: $\{T_1\}=\{T_0\}-\{\Delta T\}$, $\{T_2\}=\{T_0\}-2\{\Delta T\}$, $\{T_3\}=\{T_0\}+\{\Delta T\}$, $\{T_4\}=\{T_0\}+2\{\Delta T\}$. Таким чином, була складена система рівнянь величин, що описує вісім тактів вимірювань:

$$\begin{cases} R_{Tx1} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_0 - \Delta T) + B \cdot (T_0 - \Delta T)^2 + C \cdot (T_0 - \Delta T - 100) \cdot (T_0 - \Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx2} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_0 - 2\Delta T) + B \cdot (T_0 - 2\Delta T)^2 + C \cdot (T_0 - 2\Delta T - 100) \cdot (T_0 - 2\Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx3} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_0 + \Delta T) + B \cdot (T_0 + \Delta T)^2 + C \cdot (T_0 + \Delta T - 100) \cdot (T_0 + \Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx4} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_0 + 2\Delta T) + B \cdot (T_0 + 2\Delta T)^2 + C \cdot (T_0 + 2\Delta T - 100) \cdot (T_0 + 2\Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx5} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_x + T_0 - \Delta T) + B \cdot (T_x + T_0 - \Delta T)^2 + C \cdot (T_x + T_0 - \Delta T - 100) \cdot (T_x + T_0 - \Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx6} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_x + T_0 - 2\Delta T) + B \cdot (T_x + T_0 - 2\Delta T)^2 + C \cdot (T_x + T_0 - 2\Delta T - 100) \cdot (T_x + T_0 - 2\Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx7} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_x + T_0 + \Delta T) + B \cdot (T_x + T_0 + \Delta T)^2 + C \cdot (T_x + T_0 + \Delta T - 100) \cdot (T_x + T_0 + \Delta T)^3 \right); \\ R_{Tx8} = R_0 \left(1 + A \cdot (T_x + T_0 + 2\Delta T) + B \cdot (T_x + T_0 + 2\Delta T)^2 + C \cdot (T_x + T_0 + 2\Delta T - 100) \cdot (T_x + T_0 + 2\Delta T)^3 \right). \end{cases} \quad (1).$$

В результаті рішення системи (1) було отримане рівняння надлишкових вимірювань шуканої температури T_x :

$$T_x = \frac{((R_{Tx8} - R_{Tx6} - 2(R_{Tx7} - R_{Tx5})) - (R_{Tx4} - R_{Tx2} - 2(R_{Tx3} - R_{Tx1}))) (4T_0 - 100)}{4((R_{Tx4} - R_{Tx2} - 2(R_{Tx3} - R_{Tx1})))}. \quad (2)$$

Як видно з рівняння надлишкових вимірювань (2), отримане значення шуканої температури T_x не залежить від значень параметра R_0 , коефіцієнтів A , B , C та їх відхилень від номінальних значень.

Комп'ютерне моделювання в середовищі Mathcad15 проводилося при параметрах терморезистору PT100: коефіцієнт $A=3,9083 \cdot 10^{-3}$ Ом/°C; коефіцієнт $B=-5,775 \cdot 10^{-7}$ Ом/°C², коефіцієнт $C=-4,183 \cdot 10^{-12}$ Ом/°C⁴, діапазон вимірюваних температур $T_x=(-1 \div -200)$ °C. Розрахунки проводилися при похибці відхилень зазначених коефіцієнтів в межах $\pm 10\%$. В результаті моделювання було доведено, що на результат надлишкових вимірювань більший вплив має значення нормованої температури T_0 і майже не впливає величина ΔT . Найкращі результати по точності (відносна похибка $\delta=0,02\%$) були отримані при $|T_0| \geq -60$ °C.

Список використаних джерел

1. Shcherban', V., Korohod, H., Kolysko, O., Kyrychenko, A., Shcherban', Y., & Shchutska, G. (2024). Determining features in the application of redundancy for the thermistor cubic transformation function using computer simulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5 (127), 33–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297619>.