

УДК 389:621.317

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПО ПІДВИЩЕННЮ ТОЧНОСТІ НАДЛИШКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ КВАДРАТИЧНІЙ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ СЕНСОРА

Г.О. Корогод, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, квадратична функція перетворення, надлишкові методи, високоточні вимірювання, нормована за значенням фізична величина.

Підвищення точності вимірювання досі залишається актуальною задачею сьогодення. Особлива гостро ця задача стоїть при вимірюваннях нелінійної функції перетворення під дією зовнішніх дестабілізуючих факторів. Оскільки, в цьому випадку, потрібно враховувати не лише похибки, викликані лінеаризацією нелінійної функції, а і похибки, обумовлені зміною параметрів функції перетворення під дією дестабілізуючих факторів. Крім того, при вирішенні питання підвищення точності вимірювання при нелінійній функції перетворення сенсора необхідно забезпечувати вимірювання в широкому діапазоні його вхідної характеристики.

Таким чином, актуальним слід вважати дослідження, які спрямовані на підвищення точності вимірювання при квадратичній функції перетворення в широкому діапазоні вхідної характеристики сенсора.

Ефективність використання методів надлишкових вимірювань (МНВ) у вирішенні даної задачі зазначено в роботах [1, 2]. В загальному випадку математична модель МНВ представляє собою систему рівнянь величин, що описує такти вимірювань. Кількість таких вимірювань залежить від кількості параметрів функції перетворення (ФП). Оскільки квадратична ФП має 4 параметри, тож було досліджено систему рівнянь величин, що складаються з 5-ти тактів вимірювань.

В якості сенсора при дослідженні було обрано транзистор. Як відомо, залежність напруги база-емітер транзистора від температури описується рівнянням:

$$U'_{bet} = U'_{bet0} - \Delta U'_A T_i - \Delta U'_B T_i^2, \quad (1)$$

де U_{bet0} – значення напруги база-емітер при $t=0$ °С; $\Delta U'_A$ – лінійний коефіцієнт зміни напруги база-емітер від температури; $\Delta U'_B$ – квадратичний коефіцієнт зміни напруги база-емітер від температури; T_i – значення шуканої температури.

При умові формування за допомогою стандартних джерел з нормованими характеристиками значень температур T_1 , $2T_1$ та T_2 отримуємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} U'_{bet1} = U'_{bet0} - \Delta U'_A T_1 - \Delta U'_B T_1^2; \\ U'_{bet2} = U'_{bet0} - \Delta U'_A T_2 - \Delta U'_B T_2^2; \\ U'_{bet3} = U'_{bet0} - \Delta U'_A T_i - \Delta U'_B T_i^2; \\ U'_{bet4} = U'_{bet0} - \Delta U'_A 2T_1 - \Delta U'_B (2T_1)^2; \\ U'_{bet5} = U'_{bet0} - \Delta U'_A (T_1 + T_i) - \Delta U'_B (T_1 + T_i)^2. \end{cases} \quad (2)$$

В результаті рішення системи (2) було отримане рівняння надлишкових вимірювань шуканої температури T_i :

$$T_i = \frac{(U'_{bet5} - U'_{bet3})(3T_1 T_2 - 2T_1^2 - T_2^2) - (U'_{bet4} - U'_{bet1})(T_1 T_2 - T_2^2) - 2T_1^2 (U'_{bet2} - U'_{bet1})}{2(T_2 - T_1)(U'_{bet4} - U'_{bet1}) - T_1 (U'_{bet2} - U'_{bet1})}. \quad (3)$$

В рівняннях надлишкових вимірювань (3) чином виключаються вплив параметрів S'_H , S'_L , $\Delta u'$ на результат вимірювання, що підтверджує ефективність застосування МНВ при квадратичній ФП.

Для комп'ютерного моделювання було обрано транзистор КТ3132 А-2 з діапазоном вимірювань від 10°C до 200°C , $U_{bet0}=0,6$ В, $\Delta U_A=1,882$ мВ/ $^\circ\text{C}$, $\Delta U_B=0,41$ мкВ/ $^\circ\text{C}^2$. Були задані межі змін для параметрів $\Delta U'_A$, $\Delta U'_B$ і U'_{bet0} , що лежать в рамках $\pm 10,0$ %. Значення похибки відтворення нормованих за значенням температур T_1 і T_2 було обрано $\Delta_T=0,001$ $^\circ\text{C}$.

На основі проведених досліджень було з'ясовано, що $T_1 > T_2$, а рекомендований діапазон нормованих температур становитиме $T_1=(10 \div 100)$ $^\circ\text{C}$ та $T_2=(1 \div 10)$ $^\circ\text{C}$. Крім того, було встановлено, що слід дотримуватися співвідношення між нормованими значеннями температур T_1 та T_2 , при якому $T_2 \neq 2 \cdot T_1$, а також дотримуватися співвідношення між значенням нормованої температури T_1 і значення шуканої температури T_i як $T_1 = T_i(0,0005 \cdot T_i + 1)$. Завдяки цьому забезпечується високоточне вимірювання на діапазоні вимірюваних температур від 10 $^\circ\text{C}$ до 200 $^\circ\text{C}$ з відносною похибкою від $0,01$ % до $0,00003$ %. Це свідчить, про можливість підвищити точність вимірювання при квадратичній функції перетворення транзистора в широкому діапазоні вхідної характеристики шляхом корегування задання нормованої зазначенням величини T_1 .

Список використаних джерел

1. Computer simulation of logarithmic transformation function to expand the range of high-precision measurements / Volodymyr Shcherban', Ganna Korogod, Oksana Kolysko, Mariana Kolysko, Yury Shcherban', Ganna Shchutska.// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – Vol. 2 No. 9 (110) (2021), P. 27-36. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227984.
2. Shcherban' V. Computer simulation methods of redundant measurements with the nonlinear transformation function / KorogodG., ChabanV., KolyskoO., Shcherban' Yu., ShchutskaG. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – 98, №2/5, P. 16-22. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160830>.