

5. Щербань В.Ю. Дослідження впливу матеріалу нитки і анізотропії тертя на її натяг і форму осі // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – 223(2). - С.25-29.
6. Computer systems design: software and algorithmic components / V.Y. Shcherban, O.Z. Kolisko, G.V. Melnyk, M.I. Sholudko, V.Y. Kalashnik. – K.: Education of Ukraine, 2019. – 902 p.

ЩЕРБАНЬ В.Ю., КОРОГОД Г.О.

КОМП'ЮТЕРНІ КОМПОНЕНТИ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЛОГАРИФМІЧНОЇ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПО РОЗШИРЕННЮ ДІАПАЗОНУ ВИСОКОТОЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

SHCHERBAN V.YU., KOROGOD G.O.

COMPUTER SIMULATION OF LOGARITHMIC TRANSFORMATION FUNCTION TO EXPAN THE RANGE OF HIGH-PRECISION MEASUREMENTS

Studies of the effect of normalized radiation fluxes on the measurement result revealed the most influential one. The value of the normalized flow F_0 was shown to have a greater effect on the relative measurement error than ΔF_0 . This allows investigating the relationship between the controlled F_x and the normalized flow F_0 . The effect of the reproduction error on the measurement result under the condition of a threefold increase in the normalized flow F_0 relative to the controlled flow F_x is shown. It was found that an increase in the reproduction error of the normalized radiation fluxes by 1 order leads to a narrowing of the range in which the value of the relative error tends to zero. It is shown that in the absence of a threefold increase in the normalized flow F_0 , an increase in the reproduction error of the normalized flows by 1 order leads to individual cases of reduction in the relative error to small-order values.

Keywords: methods of redundant measurements, nonlinear transformation function of the sensor, mathematical models of methods, the equation of redundant measurements.

Вступ

Як відомо, точність є однією з найважливіших характеристик вимірювань будь-якого виробничого або технологічного процесу. Тому дотримання високої точності вимірювань на кожному етапі виробництва є першочерговою задачею, адже це являється запорукою виготовлення якісної продукції або отримання достовірної інформації про стан чи величину контрольованого параметру [1–3]. Крім того, особливу увагу слід приділити складним виробничим процесам, де для визначення контрольованої величини необхідно вимірювати декілька величин на всьому їхньому діапазоні і від точності вимірювання кожної величини залежить кінцева точність вимірювань. Причому, треба враховувати як інструментальну похибку самого засобу вимірювання, так і методичну похибку методу вимірювання, що також впливають на кінцевий результат. Тож на вдосконалення методів і засобів вимірювання, а також на можливість спрямованого регулювання параметрами для покращення отриманого результату направлені наукові роботи, наприклад [1, 3]. Крім того, у випадках, коли функція перетворення сенсора має нелінійний

характер, то виникає потреба у додаткових заходах по її лінеаризації на всьому її діапазоні, що також впливає на точність і вартість засобу вимірювання.

Основна частина

У роботі в якості методу дослідження було обрано метод надлишкових вимірювань при логарифмічній функції перетворення.

Як відомо, функція перетворення фотодіода, що працює в фотогальванічному режимі (режим з навантаженням), має вигляд:

$$U_R = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{S_I \Phi_x}{I_S} + 1 \right) - U_{RM}, \quad (1)$$

де U_R – напруга на навантаженні;

k – стала Больцмана ($k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К);

T – температура фотодіода (температура навколишнього середовища або блоку стабілізації температури);

q – заряд електрона ($q=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл);

S_I – струмова (монохроматична) чутливість фотодіода;

Φ_x – потік оптичного випромінювання, що падає на фотодіод;

I_S – темновий струм фотодіода;

U_{RM} – падіння напруги на омичних елементах діода.

Після введення наступних змін: $kT/q = S'_H$ (де S'_H – крутість перетворення), а також $\frac{S_I}{I_S} = \frac{1}{\Phi_T}$ (де Φ_T – темновий потік), вираз (1) прийме спрощений вид:

$$U'_R = S'_H \ln \left(\frac{\Phi_x}{\Phi_T} + 1 \right) - U'_{RM}. \quad (2)$$

Слід зазначити, що в рівнянні величин (2) параметри U'_{RM} і S'_H вказані зі штрихами, тобто ці значення не ідеальні і при реальних вимірюваннях мають певні відхилення від своїх номінальних значень. В результаті чого, при застосуванні ненадлишкових методів буде мати місце систематична складова похибки, що обумовлена нестабільністю параметрів функції перетворення. Крім того, нелінійна функція перетворення підлягає лінеаризації, що також стає джерелом похибки від нелінійності, або підлягає розподіленню її на лінійні ділянки, що звучує робочий діапазон вимірювання. Для вирішення задач по зменшенню похибки від нелінійності і нестабільності функції перетворення направлені методи надлишкових вимірювань (МНВ).

Як відомо для реалізації надлишкових вимірювань складається математична модель у вигляді системи рівнянь, що описує такти вимірювання, розподілені в часі. Причому в кожному такті виконуються

вимірювання контрольованої величини Φ_x та нормованих за значенням потоків випромінювання Φ_0 і $\Delta\Phi_0$, що формуються за допомогою стандартних джерел з нормованими характеристиками. Кількість самих тактів вимірювання залежить від кількості змінних в представленій ФП. Як видно з рівняння (2), логарифмічна ФП має 4 змінні. Отже, необхідно сформувати 4 такти вимірювання, що будуть описуватися 4 рівняннями величин.

Представимо математичну модель у вигляді наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} U'_{R1} = S'_H \ln(\Phi_0/\Phi_T + 1) - U'_{RM}, \\ U'_{R2} = S'_H \ln((\Phi_0 + \Delta\Phi_0)/\Phi_T + 1) - U'_{RM}, \\ U'_{R3} = S'_H \ln((\Phi_x)/\Phi_T + 1) - U'_{RM}, \\ U'_{R4} = S'_H \ln((\Phi_x + \Delta\Phi_0)/\Phi_T + 1) - U'_{RM}, \end{cases} \quad (3)$$

де U'_{Ri} – напруга в кожному i -му ($i=(1\div 4)$) такті вимірювання.

Висновки

Таким чином, запропоновані методи надлишкових вимірювань забезпечують автоматичне виключення систематичних складових похибок результату вимірювання, що обумовлені зміною параметрів функції перетворення під дією дестабілізуючих факторів. Це здійснюється завдяки обробці результатів вимірювання за рівнянням надлишкових вимірювань.

Слід також зазначити, що методи надлишкових вимірювань можуть бути використані при будь-якому виді функції перетворення сенсора (або вимірювального каналу), як при лінійній, так і при нелінійній без поділу її на лінійні ділянки чи лінеаризації.

Література

1. Кондратов В.Т. Основи теорії автоматичної корекції систематичних похибок вимірювання фізичних величин при нестабільній і нелінійній функції перетворення датчика: дис. д-ра техн. наук: 05.11.15 і 05.11.01/ Кондратов Владислав Тимофійович. – К., 2001. – Т.1, 2 – 501, 791 с.
2. Корогод Г.О. Методи та оптико-електронні засоби вимірювального контролю температури розплавів скломас з використанням інформативної надлишковості: дис...канд.техн.наук: 05.11.13/ Корогод Ганна Олександрівна. – К., 2016. – 291 с.
3. Назарено Л.А. Еталонний оптичний пірометр ЕОП-93/ Л.А. Назарено, И.С. Ромоданов, О.М. Кисіль, П.П.Сергиенко // Український метрологічний журнал. – 1996. – Вып.2-3. – С.46 – 48.