

УДК 535.08; 681.7.08

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ФУНКЦІЇ  
ПЕРЕТВОРЕННЯ ІЗ ЗАСТОСОВУВАННЯМ НАДЛИШКОВОСТІ**

Г.О. Корогод, кандидат технічних наук

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: математичне моделювання, нелінійна функція перетворення, надлишкові методи, система нелінійних рівнянь величин, нестабільні параметри функції перетворення.

Проблема підвищення точності вимірювання досі є джерелом багатьох наукових досліджень, оскільки включає в себе багато невирішених і частково вирішених задач і проблем. Серед таких задач, що виникають при вимірюванні фізичних величин, є задачі, які пов'язані з точністю самого сенсора або вимірювального каналу з сенсором. Це стає особливо ваговим, коли вимірювальний канал з сенсором має нелінійну функцію перетворення (ФП). Зазвичай, при роботі з нелінійною ФП застосовують різні алгоритми лінеаризації чи обмежуються роботою на лінійній ділянці вхідної характеристики. Однак такі підходи або сприяють виникненню додаткових похибок від нелінійності, або призводять до звуження робочого діапазону. Крім того, під впливом зовнішніх факторів навколишнього середовища виникає зміщення параметрів ФП від їх номінальних значень, що також стає додатковим джерелом виникнення похибок вимірювання або взагалі призводить до того, що датчик показуватиме недостовірні результати.

У зв'язку з цим актуальними слід вважати дослідження, які спрямовані на розвиток і вдосконалення методів, що забезпечують незалежність результату вимірювань від параметрів функції перетворення і їх відхилень від номінальних значень, а також безпосередньою роботою з нелінійною ФП. Цю задачу успішно вирішують методи надлишкових вимірювань шляхом складання математичної моделі і її практичної реалізації.

Наведемо математичну модель метода надлишкових вимірювань при високотемпературних процесах. Тут в якості сенсорів найчастіше використовуються напівпровідникові датчики (болметри, фотодіоди тощо). Відомо [1], що (ФП) напівпровідникового фотодіода, що працює в фотогальванічному режимі (з навантаженням), можна описати наступним рівнянням величин

$$U_R = S'_H \ln \left( \frac{\Phi_x}{\Phi_T} + 1 \right) - U_{RM}. \quad (1)$$

де  $U_R$  – напруга на навантаженні;  $U_{RM}$  – падіння напруги на омичних елементах діода;  $\Phi_x$  – потік оптичного випромінювання, що падає на фотодіод;  $\Phi_T$  – темновий потік;  $S'_H$  – крутизна перетворення.

Оскільки функція перетворення фотодіода, що описується рівнянням (1), має 4 змінні, то згідно з алгоритмом методу надлишкових вимірювань

необхідно провести 4 такти вимірювання, тобто сформувані 4 потоки випромінювання. Для цього, за допомогою стандартного джерела з нормованими характеристиками отримують додаткові потоки оптичного випромінювання. Після того, як стандартне джерело зможе сформувані ці потоки, на фотоприймач будуть послідовно надходити такі 4 потоки випромінювання:  $\{\Phi_1\}=\{\Phi_0\}$ ,  $\{\Phi_2\}=\{\Phi_0\}+\{\Delta\Phi_0\}$ ,  $\{\Phi_3\}=\{\Phi_x\}$ ,  $\{\Phi_4\}=\{\Phi_x\}+\{\Delta\Phi_0\}$ . В результаті таких тактів вимірювання, на виході фотоприймача (датчика) отримуємо наступні значень напруги:

$$\begin{cases} U'_{R1} = S'_H \ln((\Delta\Phi_0/\Phi_T) + 1) - U_{RMi}; \\ U'_{R2} = S'_H \ln((\Phi_0/\Phi_T) + 1) - U_{RMi}; \\ U'_{R3} = S'_H \ln(((\Phi_0 + \Delta\Phi_0)/\Phi_T) + 1) - U_{RMi}; \\ U'_{R4} = S'_H \ln((\Phi_x/\Phi_T) + 1) - U_{RMi}; \\ U'_{R5} = S'_H \ln(((\Phi_x + \Delta\Phi_0)/\Phi_T) + 1) - U_{RMi}. \end{cases} \quad (2)$$

В результаті розв'язання даної системи отримуємо наступне рівняння надлишкових вимірювань потоку випромінювання  $\Phi_x$ :

$$\Phi_x = \frac{\Delta\Phi_0}{\left[ \left( \frac{\Delta\Phi_0}{(\Phi_0 + \Phi_T)} + 1 \right)^{(U'_{R5} - U'_{R4}) / (U'_{R3} - U'_{R2})} \right] - 1} - \Phi_T. \quad (3)$$

Як видно з рівняння (3), параметри логарифмічної ФП ( $U_{RMi}$   $S'_H$ ) в даний вираз не входять, що є доказом того, що результат надлишкових вимірювань потоку випромінювання  $\Phi_x$  не залежить від параметрів ФП. Варто відзначити, що дана особливість МНВ виконується за умови, що параметри  $U_{RMi}$   $S'_H$  залишаються постійними за час проведення вимірювання. Крім того, як видно з рівняння (3), в результаті отримуємо значення, яке приведене до входу. Це дає змогу напряму використовувати нелінійні ФП без застосування додаткових заходів по її лінеаризації.

Таким чином, МНВ безпосередньо використовуються при нелінійної функції перетворення датчика будь-якого виду без необхідності її лінеаризації, що в цілому сприяє підвищенню точності вимірювання.

#### Список використаних джерел

1. V. Shcherban'. Computer simulation methods of redundant measurement with the nonlinear transformation function / V. Shcherban', G. Korogod, V. Chaban, O. Kolysko, Yu. Shcherban' and A. Shchutska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol 2, № 5 (98). – P. 16-22.
2. Корогод Г.О. Підвищення вірогідності вимірювального контролю температури розплаву скла. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП\_15\_2015): матеріали XV Міжнародна науково-технічна конференції, Одеса (Затока). – Одеса–Хмельницький: ХНУ. 2015. – С. 41 – 42.