попадають у частотний діапазон корисних сигналів. Таким чином, отримуємо: $\delta\psi_{ik} = \delta\psi_{ik}^{S} + \delta\psi_{ik}^{n}$

Величину сигнального впливу позначимо S, а сукупну величину впливів завад n. Тоді складову ρ_1 сигналу МВІ можна представити у вигляді двох доданків:

$$\rho_1 = K_S \cdot S + K_n \cdot n = \rho_S + \rho_n \tag{2}$$

де коефіцієнти K_S та K_n обчислюються за формулами:

$$K_S = \frac{1}{l_0}\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\left(A_i A_k^*\left\{\int_S E_i E_k^* ds\right\}\sin\psi_{ik}^0 \cdot K_{ik}^S\right),$$
$$K_n = \frac{1}{l_0}\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\left(A_i A_k^*\left\{\int_S E_i E_k^* ds\right\}\sin\psi_{ik}^0 \cdot K_{ik}^n\right). \tag{3}$$

У формулах (3) введені коефіцієнти чутливості різниці фаз мод до впливів: $K_{ik}^S = \left(S\psi_{ik}^S / S\right)$, $K_{ik}^n = \left(S\psi_{ik}^n / n\right)$. Як було розглянуто в [5], для реальних механічних впливів на багатомодовий світловід, з урахуванням явища зв'язку мод, коефіцієнти $K_{ik}^{S,n}$ залежать від номерів мод, у результаті чого коефіцієнти K_S і K_n змінюються від зовнішніх умов некорельовано. Тому при зміні зовнішніх умов незалежний феднг впливає на величини корисної складової ρ_S і складової завад ρ_n у вихідному сигналі МВІ, що суттєво обмежує можливість реєструвати інформативні впливи на фоні завад. Для рішення задачі, як і в роботі [6], пропонується використовувати багатоканальний прийом сигналу МВІ, а саме направляти вихідне випромінювання світловода на M фотодіодів після пропускання через вузько смуговий фільтр і підсумувати їхні сигнали по модулю.

Літератури

1 Petermann K. // IEEE J. Quantum Electronics. 1980. V. QE-16. N 7. P. 761-770.

2 Петрунькин В.Ю., Николаев В.М., Жахов В.В., Котов О.И., Филиппов В.Н. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 7. С. 1317-1321.

3 Culshow B., Ball P.R., Pond I.C., Sadler A.A. // Electronics and Power. 1981. V. 11. N 2. P. 148-150.

4 Kingsley S.A., Davies D.E. // Electronic Letters. 1978. V. 14. N 11. P. 335-337.

5 Косарева Л.И., Котов О.И., Лиокумович Л.Б., Марков С.И., Медведев А.В., Николаев В.М. // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. В. 2. С. 53-63.

6 Котов О.И., Лиокумович Л.Б., Марков С.И., Медведев А.В., Николаев В.М. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 12. С. 44-50.

ОЦІНКА СТАТИЧНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ

Поджаренко В.О.[1]
Дідич В.М.[2]
Василевський О.М.[1]

[1]Вінницький національний технічний університет,
[2]Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова
e-mail: wasilevskiy@mail.ru

Сучасна інтенсифікація землеробства у всіх розвинутих країнах світу вимагає постійного зростання аналітичної інформації про агрохімічний стан ґрунтів, що задіяні у сільськогосподарському виробництві. Тому актуальною є задача контролю складових елементів гумусу в ґрунті. Встановлено, що для підвищення точності вимірювання активності іонів складових елементів гумусу потрібно спочатку вимірювати температуру досліджуваного середовища, а потім на основі отриманого значення температури визначати активність іонів складових елементів гумусу. Для цього було розроблено окремий вимірювальний канал (ВК) температури, який побудований на основі перетворювача напруги в частоту (ПНЧ). Рівняння перетворення запропонованого ВК описується виразом:

$$N_{t_{ПНЧ}} = \frac{4U_{max}\tau f_0}{kE_s\alpha t}, \tag{1}$$

де α - температурний коефіцієнт опору; E_s – напруга живлення сенсора.

Статична характеристика ВК температури представлена на рис. 1.

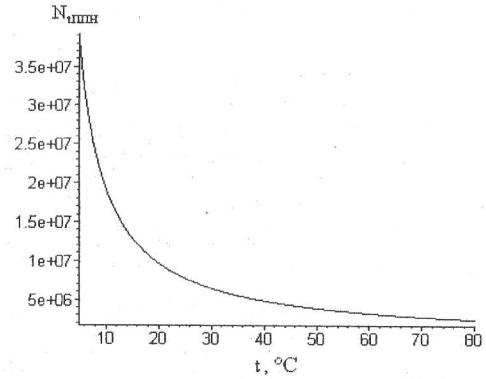

Рис. 1. Статична характеристика ВК температури

В робочих умовах ВК температури здійснює функціональне перетворення інформативного параметра t у бінарний код $N_{ПНЧ}$ в залежності від постійної часу τ, опорної частоти f_0, напруги живлення сенсора E_S та температурного коефіцієнту опору α. Крім інформативного сигналу, на

результат вимірювання впливають ще й впливні величини, до яких відносяться всі інші параметри, які мають безпосередній зв'язок з вихідною величиною $N_{tПНЧ}$. Вони спричиняють виникнення неінформативної складової вимірювального перетворення та збільшення похибки вимірювання. В результаті досліджень встановлено, що на процес перетворення інформативного параметру у вихідний сигнал впливає велика кількість складових, але найсуттєвіший вплив має постійна часу τ. Тому проведемо дослідження функції впливу на результат вимірювання температури тільки від постійної часу τ. Знайдемо аналітичні залежності для оцінювання основних статичних метрологічних характеристик розробленого ВК температури. Для розрахунку чутливості ВК температури використаємо рівняння перетворення (1) і продиференціюємо його:

$$S_t = \frac{\partial N_{t\,ПНЧ}}{\partial t} = \frac{-4U_{max}\tau f_0}{kE_s \alpha t^2}. \qquad (2)$$

Зміну чутливості в діапазоні перетворення температури розрахуємо за формулою:

$$S'_t = \frac{\partial^2 N_{t\,ПНЧ}}{2\cdot\partial t^2} = \frac{4U_{max}\tau f_0}{kE_s \alpha t^3}. \qquad (3)$$

Коефіцієнти впливу впливної величини τ на вихідний параметр вимірювального перетворення $N_{tПНЧ}$ знайдемо за формулою:

$$\beta_{0\tau} = \frac{\partial N_{t\,ПНЧ}}{\partial \tau} = \frac{4U_{max} f_0}{kE_s \alpha t}. \qquad (4)$$

Коефіцієнт сумісного впливу інформативного параметру t та впливної величини τ на номінальну чутливість S_t ВК температури розрахуємо так:

$$\alpha_{0\tau} = \frac{\partial^2 N_{t\,ПНЧ}}{\partial t \partial \tau} = \frac{-4U_{max} f_0}{kE_s \alpha t^2}. \qquad (5)$$

Номінальну функцію перетворення ВК температури визначимо з рівняння розкладу в ряд Тейлора за формулою:

$$N_{tн} = S_t t + S'_t t^2 + S'_t t^3. \qquad (6)$$

Абсолютну похибку $\Delta N_{tн}$ нелінійності номінальної функції перетворення (6) знайдемо з виразу:

$$\Delta N_{tн} = S'_t (t - t_н)^2 + S''_t (t - t_н)^3, \qquad (7)$$

де $t_н$ – номінальне значення температури.

Відносну похибку $\delta_{tн}$ нелінійності номінальної функції перетворення (6) визначимо за формулою:

$$\delta_{tн} = \frac{\Delta N_{tн}}{S_t \cdot (t - t_н)}. \qquad (8)$$

Абсолютну мультиплікативну похибку перетворення $\Delta N_{мt}$ в умовах зміни постійної часу τ знайдемо за формулою:

$$\Delta N_{мt} = \alpha_{0\tau} t(\tau - \tau_н). \qquad (9)$$

Абсолютну адитивну похибку перетворення ΔN_{at} в умовах зміни постійної часу визначимо з виразу:

$$\Delta N_{at} = \beta_{0\tau}(\tau - \tau_н). \qquad (10)$$

Характеристики зміни номінальної функції перетворення ВК температури, відносної похибки нелінійності, адитивної та мультиплікативної складових похибок наведено на рис. 2 – 5.

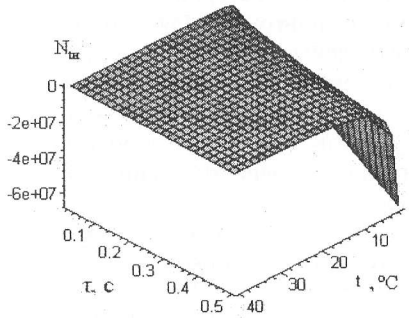

Рис. 2. Номінальна функція перетворення ВК температури

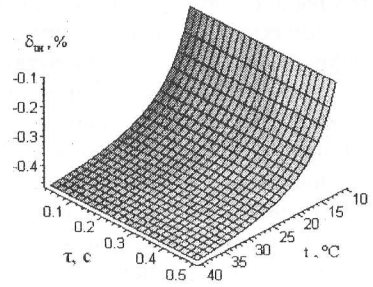

Рис. 3. Відносна похибка нелінійності номінальної функції

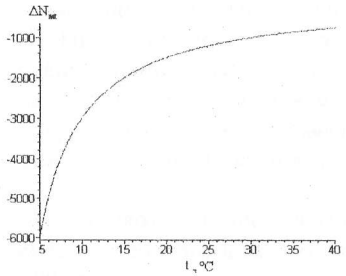

Рис. 4. Абсолютна мультиплікативна похибка перетворення

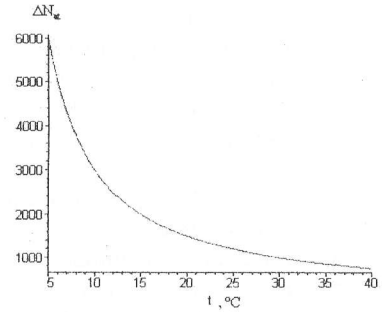

Рис. 5. Абсолютна адитивна похибка перетворення

Аналіз отриманих результатів досліджень основних статичних метрологічних характеристик ВК температури показує, що відносна похибка нелінійності не перевищує 0,4 % при вимірюванні температури середовища вище 35 °С, а мультиплікативна і адитивна складові похибок зменшуються при вимірюванні температури досліджуваного середовища вище 20 °С. Отримані в результаті досліджень аналітичні вирази (1) – (10) дають змогу синтезувати засоби вимірювального контролю температури з нормованими метрологічними характеристиками.