

О.М. Васілевський д.т.н., Є.О. Данилюк студент

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ НА БАЗІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ В ЧАСТОТУ

Ключові слова: статичні характеристики, ВК температури, адитивна похибка, мультиплікативна похибка, відносна похибка нелінійності

За рахунок розробки додаткового ВК температури у пристрої контролю активності іонів на базі перетворювача напруги в частоту можна зменшити похибку. Рівняння перетворення розробленого ВК температури, що побудований на основі ПНЧ описується виразом (1). Вибір саме такого рівняння перетворення пов'язаний із тим, що розроблений ВК температури на основі ПНЧ має найменшу як методичну, так і інструментальну похибки.

$$N_{t_{\text{ПНЧ}}} = \frac{4U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t} \quad (1)$$

В робочих умовах ВК температури здійснює функціональне перетворення інформативного параметра t у бінарний код $N_{\text{ПНЧ}}$ 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 $N_{\text{ПНЧ}}$. Вони спричиняють виникненню неінформативної складової перетворення та збільшенню похибки контролю. 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 отримане рівняння перетворення (1) і продиференціюємо його [1]:

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

Зміну чутливості в діапазоні перетворення температури розрахуємо за формулою:

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

$$S''_t = \frac{\partial^3 N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{6 \cdot \partial t^3} = \frac{-2U_{\text{max}} \tau f_0}{kE_s \alpha t^4}. \quad (4)$$

Коефіцієнти впливу впливної величини τ на вихідний параметр вимірювального перетворення $N_{\text{ПНЧ}}$ розрахуємо за формулою:

$$\beta_{0\tau} = \frac{\partial N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{\partial \tau} = \frac{4U_{\text{max}} f_0}{kE_s \alpha t}. \quad (5)$$

Коефіцієнт сумісного впливу інформативного параметру t та впливної величини τ на номінальну чутливість S_t ВК температури визначимо за виразом:

$$\alpha_{0\tau} = \frac{\partial^2 N_{t_{\text{ПНЧ}}}}{\partial t \partial \tau} = \frac{-4U_{\text{max}} f_0}{kE_s \alpha t^2}. \quad (6)$$

Номінальну функцію перетворення ВК температури визначимо з рівняння розкладу в ряд Тейлора, з урахуванням отриманих виразів (2 - 4), за формулою:

$$N_{\text{тн}} = S_t \cdot t + S'_t \cdot t^2 + S''_t \cdot t^3. \quad (7)$$

Абсолютну похибку $\Delta N_{\text{тн}}$ нелінійності номінальної функції перетворення (7) знайдемо за виразом:

$$\Delta N_{\text{тн}} = S'_t \cdot (t - t_{\text{н}})^2 + S''_t \cdot (t - t_{\text{н}})^3, \quad (8)$$

де t_n – номінальне значення температури.

Відносну похибку $\delta_{\text{н}}$ нелінійності номінальної функції перетворення (7) визначимо за формулою:

$$\delta_{\text{н}} = \frac{\Delta N_{\text{н}}}{S_t \cdot (t - t_n)}. \quad (9)$$

Абсолютну мультиплікативну похибку перетворення $\Delta N_{\text{мт}}$ в умовах зміни постійної часу τ визначимо за формулою:

$$\Delta N_{\text{мт}} = \alpha_{0\tau} t (\tau - \tau_n). \quad (10)$$

Абсолютну адитивну похибку перетворення $\Delta N_{\text{ат}}$ в умовах зміни постійної часу визначимо за виразом:

$$\Delta N_{\text{ат}} = \beta_{0\tau} \cdot (\tau - \tau_n). \quad (11)$$

Характеристики зміни аналітичних залежностей (7 – 11) статичних метрологічних характеристик ВК температури наведені на рис. 1 – 6 [1].

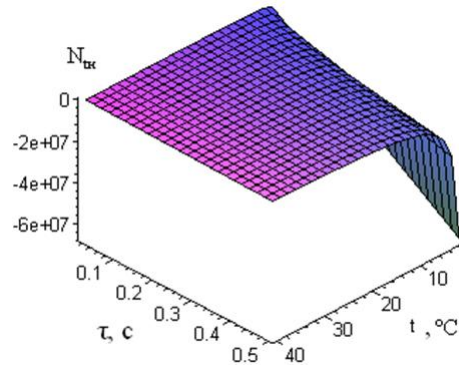


Рис. 1. Номінальна функція перетворення ВК температури

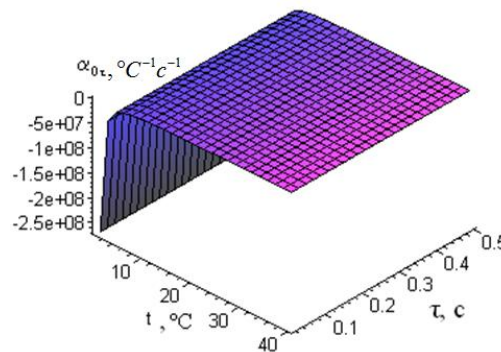


Рис. 2. Коефіцієнт сумісного впливу інформативного параметру і виливної величини на номінальну чутливість

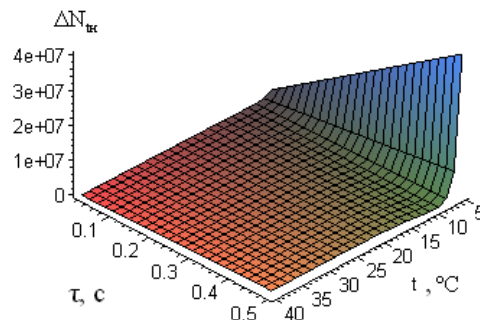


Рис. 3. Абсолютна похибка нелінійності номінальної функції

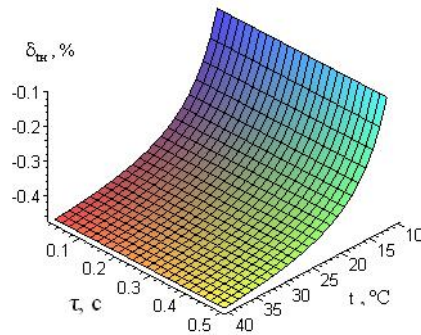


Рис. 4. Відносна похибка нелінійності номінальної функції

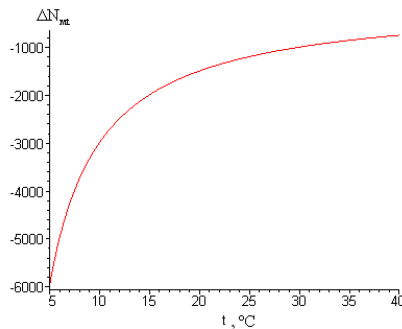


Рис. 5. Абсолютна мультиплікативна похибка перетворення

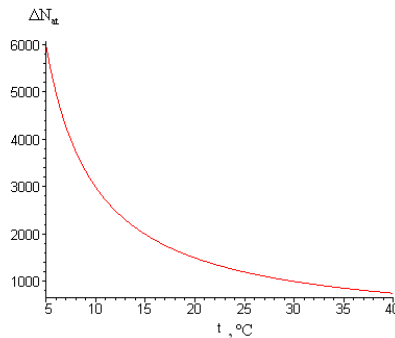


Рис. 6. Абсолютна мультиплікативна похибка перетворення

Аналіз результатів досліджень основних статичних метрологічних характеристик ВК температури показує, що відносна похибка нелінійності не перевищує 0,4 %, а мультиплікативна і адитивна складові похибок зменшуються при вимірюванні температури досліджуваного середовища вище 20 °С. Отримані в результаті аналізу аналітичні вирази дають змогу синтезувати засоби контролю з нормованими метрологічними характеристиками [1, 2].

1. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу температури: наукові праці II Міжнар. наук.-практичної конф., 25 – 28 травня 2009 р., Київ / відп. ред. М.А. Тимофієва, Л.О. Бабіч. – К.: НАУ, Ін-т. інформаційно-діагностичних систем, 2009. – С. 83 – 85. – (ІРТК–2009). – Текст парал.: укр., рос., англ.

2. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу активності іонів [Електронне наукове фахове видання] / О.М.Васілевський, В.М. Дідич, В.О. Поджаренко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2009. - №4. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-4.files/uk/09omvoia_ua.pdf.