

П.Г. Столярчук, Є.В. Походило, Г.І. Барило, О.В. Бойко
 Національний університет “Львівська політехніка”
 кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРМОСТАТОВАНИХ НАСИЧЕНИХ НОРМАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

О Столярчук П.Г., Походило Є.В., Барило Г.І., Бойко О.В., 2008

Розглянуто компенсаційні методи підвищення стабільності ЕРС насичених нормальних елементів.

Compensation methods of e.m.f. stability increasing of saturated normal elements are under consideration.

Вступ. В електровимірвальній техніці як міри електрорушійної сили (ЕРС) та напруги використовуються нормальні елементи. Переважно при побудові зразкових мір ЕРС та напруги використовуються насичені нормальні елементи, а робочих мір – ненасичені нормальні елементи [1, 2, 3].

Основним недоліком насичених нормальних елементів є значна залежність значення ЕРС від температури, яка приблизно становить $40 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$. Для зменшення температурних відхилень використовують активне термостатування нормальних елементів. Серійно випускаються термостатовані нормальні елементи типів Х488 та Х489, які мають клас точності 0,001 і 0,0005 відповідно [4]. У термостатованому нормальному елементі типу Х488 використано одноконтурний активний термостат, а в Х489 – двоконтурний. Температура термостатування у нормальному елементі Х489 лежить у діапазоні $29...31^\circ\text{C}$. Нестабільність температури термостатування протягом доби не перевищує $\pm 0,01^\circ\text{C}$. Використання високоточних активних термостатів для насичених нормальних елементів призводить до значного ускладнення конструкції, збільшення маси, габаритів, енергоспоживання та собівартості. Так, маса термостатованого нормального елемента Х489 становить 20 кг, а габаритні розміри – $420 \times 330 \times 300 \text{ мм}$.

Методи підвищення температурної стабільності ЕРС насичених нормальних елементів.

Для покращання метрологічних та техніко-економічних показників термостатованих мір ЕРС доцільно використовувати одноконтурне активне термостатування з невисокою точністю і додаткову температурну компенсацію значення ЕРС нормальних елементів.

На рис.1 наведено структурну схему модернізованої міри ЕРС Х489 з додатковою компенсацією, яка складається з нормальних елементів $\text{HE}_1, \dots, \text{HE}_4$; компенсаційних схем $\text{КС}_1, \dots, \text{КС}_4$; пасивного внутрішнього термостата ПТВ, активного термостата ТА, пасивного зовнішнього термостата ПТЗ, первинного температурного перетворювача R_t , регулятора температури РТ, резистивного нагрівача R_n , ключа K_1 , блоків живлення $\text{БЖ}_1, \text{БЖ}_2$. Активний одноконтурний термостат забезпечує температуру термостатування 30°C з похибкою $\pm 0,4^\circ\text{C}$.

Принципову схему і конструкцію міри ЕРС на базі насиченого нормального елемента з температурною компенсацією наведено на рис.2. Вона складається з безкорпусного нормального елемента HE, компенсаційної схеми 1, термовирівнювача 2, пасивного термостата 3. Компенсаційна схема складається з термозалежного резистивного моста на резисторах $R_{t1}, R_{t2}, R_1, R_2, R_4$ і R_5 . Живлення моста здійснюється від напруги живлення $U_{ж}$, що дорівнює 1,5 В через термозалежний резистивний подільник R_3, R_6, R_{t3} . Балон нормального елемента конструктивно встановлений в мідний термовирівнювач. Біля електродів HE розміщені три термозалежні резистори R_{t1}, R_{t2}, R_{t3} .

Для збільшення температурного контакту між НЕ, терморезисторами і термовирівнювачем використано теплопровідну пасту.

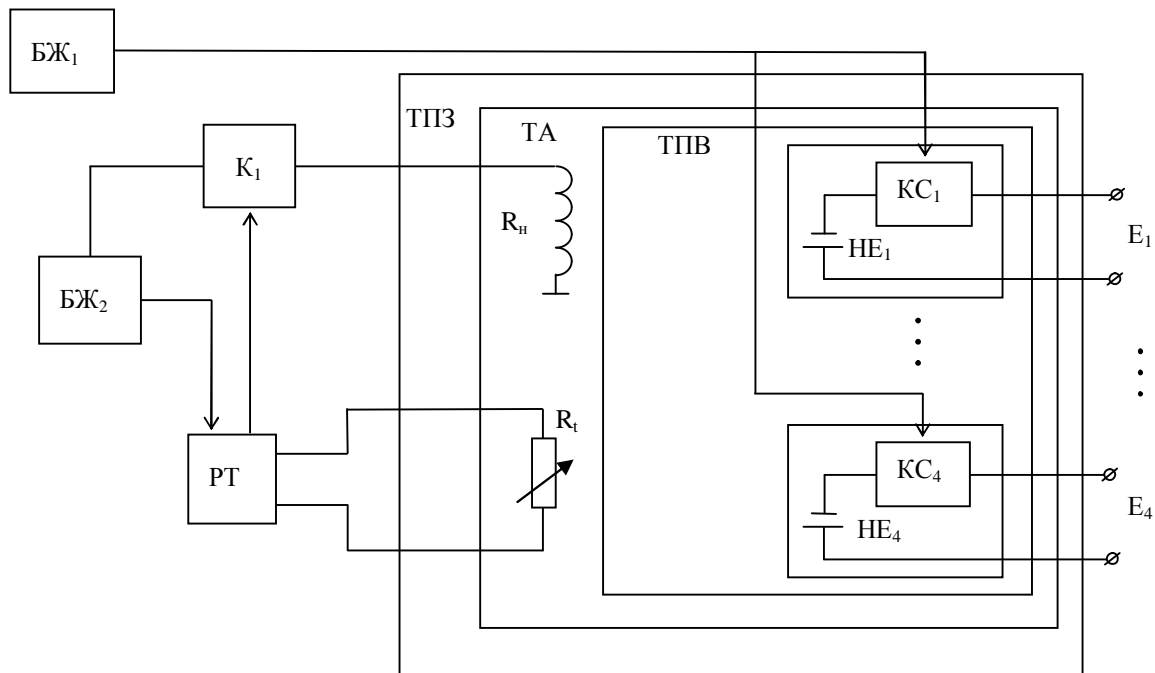


Рис. 1. Структурна схема модернізованої термостатованої міри ЕРС

Для зменшення впливу вихідного опору компенсаційної схеми на загальний вихідний опір міри ЕРС необхідно, щоб виконувалася умова $R_{HE} + R_M \leq 1 \text{ кОм}$.

Вихідна напруга компенсаційної схеми за умови $R_{t3} = R_{t1} + R_{t2} = R_t$, $R_1 + R_4 = R_2 = R_5 = R$ описується виразом

$$\Delta E_k = \frac{U \cdot R_t \cdot R_M}{2(R_3 + R_6 + R_t)(R_n + R_M)} \cdot \frac{R - R_t}{R + R_t},$$

де $R_M = \frac{2R^2 + 2R \cdot R_t}{3R + R_t}$ – загальний опір мостової схеми; $R_n = \frac{(R_3 + R_6) \cdot R_t}{R_3 + R_6 + R_t}$ – вихідний опір

подільника напруги живлення.

Для повної температурної компенсації зміни ЕРС нормальних насичених елементів необхідно, щоб вихідна напруга компенсаційної схеми від зміни температури дорівнювала зміні ЕРС нормальних елементів, тобто

$$\Delta E_k(t) = \Delta E_n(t)$$

Абсолютне відхилення ЕРС нормального елемента описується виразом

$$\Delta E_n(t) = A \cdot (t - t_n) + B \cdot (t - t_n)^2 - C \cdot (t - t_n)^3,$$

де t , t_n – значення температури навколишнього середовища та нормованої температури відповідно; A , B , C – температурні коефіцієнти, які при нормованій температурі 20°C дорівнюють $40,6 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}$, $0,95 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}^2$, $-0,01 \text{ мкВ}/^\circ\text{C}^3$ відповідно.

Абсолютне значення похибки від неповної компенсації температурної зміни ЕРС дорівнює

$$\Delta(t) = \Delta E_k(t) - \Delta E_n(t).$$

Точність компенсації зміни ЕРС НЕ від температури досягається вибором значень резисторів термозалежного резистивного моста. Для компенсаційних мостових схем з мідними терморезисторами з номінальним значенням $R_{t(0)} = 100 \text{ Ом}$ залежність відхилення ЕРС нормального елемента та компенсаційної схеми у разі зміни температури в діапазоні від 29°C до 31°C наведено на рис.3.

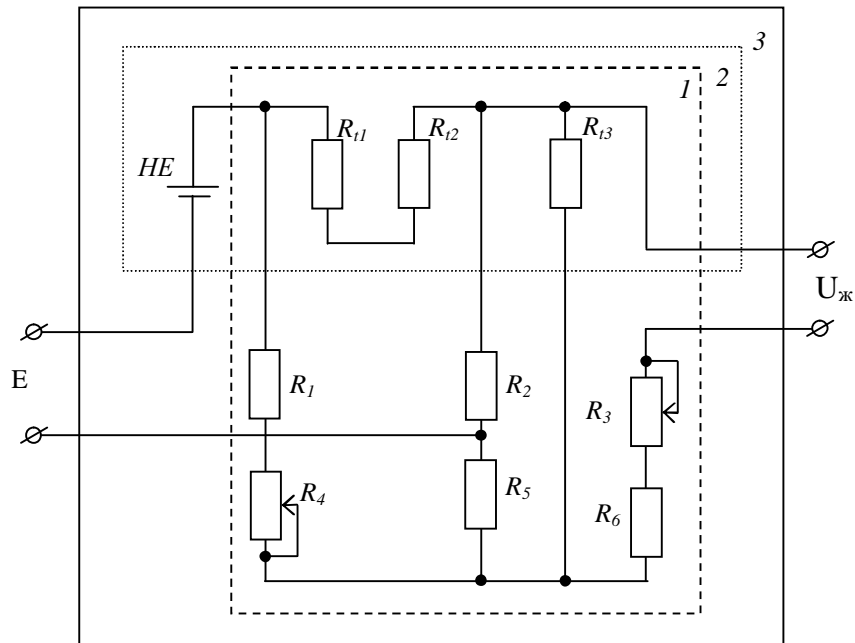


Рис. 2. Міра ЕРС з температурною компенсацією

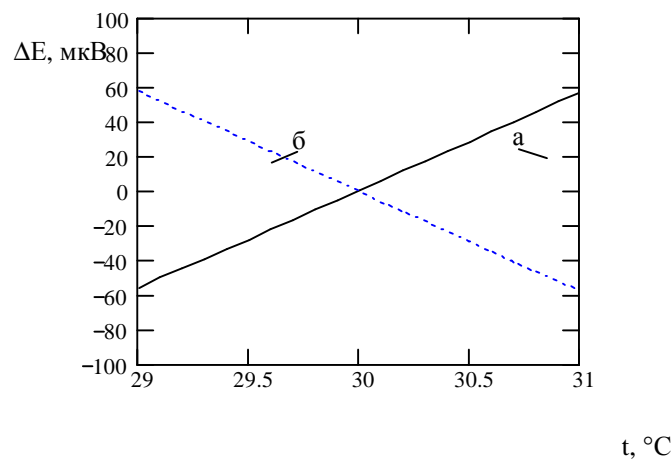


Рис.3. Залежності відхилення вихідної напруги нормального елемента (а) і компенсаційної схеми (б) від температури.

Залежності абсолютної похибки від неповної компенсації температурної зміни ЕРС у разі відхилення температури від нормованого значення для різних параметрів мостової схеми наведено на рис.4. Спеціальним вибором резисторів мостової схеми можна досягти відхилення вихідної напруги менше за 0,32 мкВ в діапазоні зміни температури $\pm 1^\circ\text{C}$ (крива а) і менше ніж 0,1 мкВ у діапазоні $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (крива б).

Експериментальні дослідження модернізованої термостатованої міри ЕРС на базі насичених нормальних елементів з температурною компенсацією виконували за допомогою вторинного еталона одиниці ЕРС ВЕТУ 08-03-01-98 ВАТ “СКБ мікроелектроніки в приладобудуванні”. Результати досліджень показали, що при температурі навколишнього середовища у діапазоні від 15°C до 25°C відхилення вихідної напруги не перевищувало $\pm 0,3$ мкВ, при температурі навколишнього середовища у діапазоні від 10°C до 28°C відхилення вихідної напруги не перевищувало $\pm 0,6$ мкВ.

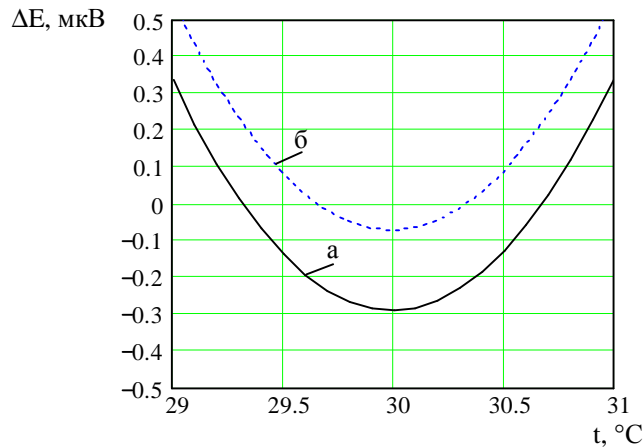


Рис.4. Залежності абсолютної похибки вихідної напруги міри від температури

Висновки. Застосування термостатованих нормальних елементів з додатковою температурною компенсацією ЕРС дає змогу:

- підвищити клас точності мір ЕРС та напруги;
- забезпечити діапазон робочих температур від 10°C до 28°C;
- спростити конструкцію термостата;
- зменшити відхилення значення ЕРС нормальних елементів до $\pm 0,6$ мкВ, що забезпечує клас точності модернізованої термостатованої міри 0,0001.

1. Дорожовець М., Мотало В., Стадник Б. та ін. *Основи метрології та вимірювальної техніки* / За ред. проф. Б.Стадника. – Львів: Видавництво НУ “Львівська політехніка”, 2005. – Т.2. *Вимірювальна техніка.* – 656 с. 2. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. *Метрологія та вимірювальна техніка* / За ред. проф. Є.С.Поліщука. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 544 с. 3. ГОСТ 1954-82. Меры электродвижущей силы. Элементы нормальные. Общие технические требования. 4. *Справочник по электроизмерительным приборам* / К.К. Илюнин, Д.И. Леонтьев, Л.И.Набебина и др.; Под ред. К.К. Илюнина. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 784 с. 5. А.с.789765 СССР, G01R17/10. Мера Э.Д.С / В.Г. Бойчук., В.А. Кочан – № 2639557/18-21; Заявл. 22.06.1978; Опубл. 23.12.1980, Бюл. № 47. – 3 с.