

УДК 621.382

ТЕРМОРЕЗИСТИВНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

© Олександра Готра, 2000

Державний університет "Львівська політехніка", кафедра "Інформаційно-вимірювальна техніка",
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Наведено результати розробки терморезистивного вимірювального перетворювача із застосуванням вимірювальної схеми із стабілізатором струму, що забезпечує трипровідне під'єднання термоперетворювача опору.

Представлены результаты разработки терморезистивного измерительного преобразователя с использованием схемы со стабилизатором тока, которая обеспечивает трехпроводное подсоединение преобразователя тока.

The results of elaboration of thermoresistive measuring transducer are shown at this paper. The measuring circuit with current stabilizer that provides the three-wire connection of current thermotransducer is used in elaborated transducer.

Терморезистивні вимірювальні перетворювачі призначені для перетворення сигналів термоперетворювачів опору типу ТСМ (термоопір міді) і ТСП (термоопір платини) в уніфікований сигнал постійного струму 0...5 мА (4...20 мА) або напруги постійного струму 0...10В [1].

В терморезистивних вимірювальних перетворювачах здебільшого застосовують незрівноважені мостові вимірювальні схеми, і для зменшення впливу опорів з'єднувальних ліній на результат вимірювання застосовують трипровідне під'єднання термоперетворювачів опору [2]. Недоліком незрівноважених мостів є нелінійність перетворення і необхідність робити на об'єктах припасування опорів ліній до нормованого значення, яке враховується при налагодженні і регулюванні перетворювачів [3].

Для усунення впливу опорів ліній з'єднання на точність перетворення застосовують вимірювальні схеми зі стабілізатором струму і з чотирипровідною схемою під'єднання термоперетворювача опору. На багатьох об'єктах, на яких вже проведено монтаж ліній з'єднань, замінити трипровідну схему під'єднань термоперетворювачів опору на чотирипровідну є дуже складно. У зв'язку з тим розроблено терморезистивний вимірювальний перетворювач, в якому застосована вимірювальна схема із стабілізатором струму, що забезпечує трипровідне

під'єднання термоперетворювача опору для усунення впливу опорів з'єднувальних ліній.

Структурна схема терморезистивного вимірювального перетворювача наведена на рис.1. Вона містить пристрій іскрозахисту (ПІЗ), стабілізатор зразкового струму (СС), перетворювач приросту опору (ППО) термоперетворювача опору, широтно-імпульсний перетворювач (ШІП), пристрій гальванічного розділення (ПГР), імпульсно-аналоговий перетворювач (ІАП), перетворювач напруга-струм (ПНС) і блок живлення (БЖ). Термоперетворювач опору R_t трипровідною лінією R_{L1} , R_{L2} , R_{L3} під'єднаний через пристрій іскрозахисту до входу перетворювача приросту опору (ППО) і до виходу стабілізатора зразкового струму I_{01} .

Схема під'єднання терморезистивного перетворювача опору R_t , принципів схеми пристрою іскрозахисту ПІЗ і перетворювача ППО наведені на рис.2.

Для усунення можливості виникнення іскри на затискачах термоперетворювача опору у вибухонебезпечних об'єктах пристрій іскрозахисту ПІЗ обмежує максимально допустиме значення напруги і струму, що можуть виникнути при різних обставинах на входах перетворювача ППО і виході стабілізатора СС. Для обмеження напруги у пристрої ПІЗ застосовані стабілітрони VD1..VD3, які під'єднані до ліній зв'язку і спільною шиною, яка заземлюється на об'єкті.

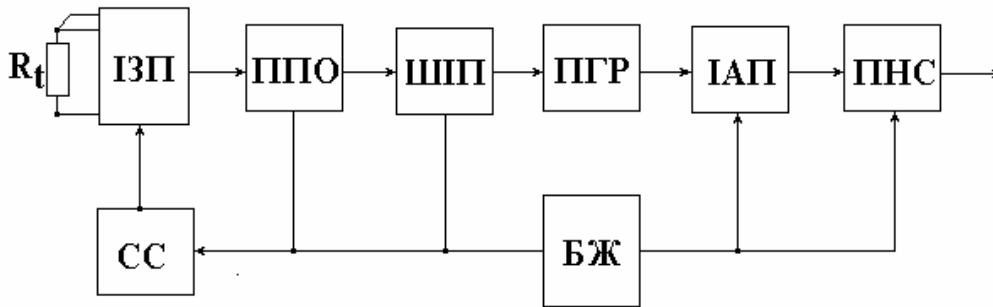


Рис. 1. Структурна схема вимірювального терморезистивного перетворювача

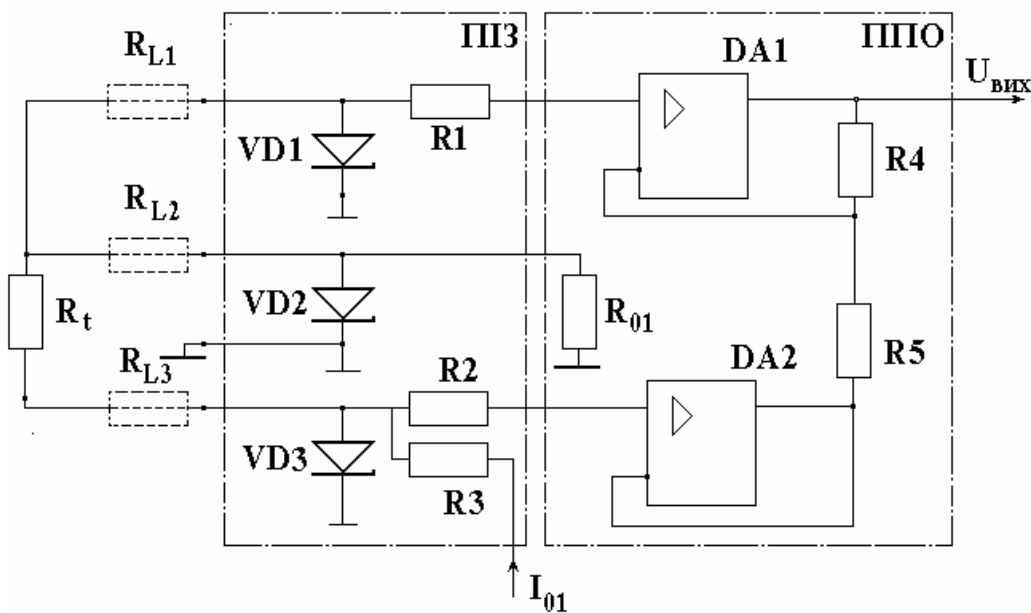


Рис. 2. Принципова схема пристрою іскрозахисту і перетворювача приросту опору

Вибір стабілітрона здійснюється за значенням напруги зворотного пробію $U_{ЗВ}$, яке не повинно перевищувати допустиме значення напруги U_D на окремих об'єктах експлуатації ($U_{ЗВ} \leq U_D$). Пристрій іскрозахисту від'ємну напругу обмежує на рівні напруги пробію $U_{ЗВ}$, а додатну – на рівні відкриття стабілізаторів $U_{Пр}$ в прямому включенні. Обмеження значення струму в лініях зв'язку забезпечується резисторами R1, R2 і R3. Констан-

тивно пристрій іскрозахисту виконаний монолітним блоком.

Для зменшення впливу стабілітронів на похибку вимірювання необхідно вибирати стабілітрони з мінімальними зворотними струмами $I_{ЗВ}$ на початку від'ємної характеристики, значення яких знаходять з умови

$$I_{ЗВ} \leq \frac{\delta_D}{(5...10)} \cdot I_{01},$$

де δ_d – допустиме значення відносної зведеної похибки вимірювання; I_{01} – значення зразкового опору.

Перетворювач приросту опору ППО містить диференційні підсилювачі DA1 і DA2, зразковий резистор R_{01} і резистори від'ємного зворотного зв'язку R4 і R5.

Опір лінії зв'язку R_{L1} послідовно з резистором R1 включений в коло високоомного входу підсилювача DA1 і тому на результат вимірювання не впливає. Опори ліній R_{L2} і R_{L3} відповідно додаються до опору зразкового резистора R_{01} і до опору термоперетворювача R_t .

Зразковий струм надходить на вхід пристрою ПІЗ і проходить через резистор R3, лінію зв'язку R_{L3} , термоперетворювач опору R_t , лінію зв'язку R_{L2} і зразковий резистор R_{01} .

При цьому на неінвертовані входи диференціальних підсилювачів DA1 і DA2 відповідно надходять такі сигнали:

$$U_1 = -I_{01}(R_{01} + R_{L2}),$$

$$U_2 = -I_{01}(R_{01} + R_{L2} + R_t + R_{L3}).$$

Отже, вихідна напруга диференційного підсилювача DA1 визначається за формулою:

$$U_{\text{вих}} = I_{01} \left(R_t \cdot \frac{R_4}{R_5} + R_{L3} \cdot \frac{R_4}{R_5} - R_{01} - R_{L2} \right).$$

Як видно з формули, повна компенсація впливу опорів лінії на похибку вимірювання здійснюється при рівності

$$R_{L2} = R_{L3} \cdot \frac{R_4}{R_5}.$$

У разі рівності опорів ліній $R_{L2} = R_{L3}$ для повної компенсації впливу опорів ліній необхідна умова рівності опорів резисторів R4 і R5. Тоді вираз вихідної напруги підсилювача DA1 матиме вигляд

$$U_{\text{вих}} = I_{01}(R_t - R_{01}) = I_{01} \cdot \Delta R_t,$$

де ΔR_t – приріст опору перетворювача від зміни вимірвальної температури.

Значення опору зразкового резистора R_{01} вибирається однаковим із значенням опору R_t в початковій точці діапазону вимірювання температури.

Якщо опори ліній $R_{L2} \neq R_{L3}$, то виникає похибка вимірювання, відносне значення якої можна знайти із виразу:

$$\delta_{R_L} = \frac{|R_{L2} - R_{L3}|}{\Delta R_{t0}}.$$

Вихідний сигнал перетворювача ППО надходить на вхід широтно-імпульсного перетворювача ШПІ, структурна схема якого наведена на рис.3 і містить інтегратор Ін на диференційному підсилювачі DA1 з R_{02} С-ланкою, схему порівняння СП, генератор трикутної напруги (ГТН), ключ К і стабілізатор СС.

Вхідна напруга $U_{\text{ВХ}}$ перетворювача ШІМ інтегрується інтегратором Ін, вихідна напруга якого надходить на вхід схеми порівняння ПС. На другий вхід схеми порівняння надходить вихідна напруга генератора ГТН. В результаті на виході схеми порівняння формується імпульсний сигнал τ , який надходить на вхід керування ключа К. Ключ К на час τ під'єднує на вхід інтегратора Ін вихід стабілізатора струму СС.

Якщо змінюється вхідна напруга, змінюється тривалість вихідного імпульсу τ до моменту рівності

$$\int_0^T \frac{U_{\text{вих}}}{R_{02}} dt = \int_0^{\tau} I_{02} dt,$$

де T – період імпульсів генератора ГТН, I_{02} – вихідний струм стабілізатора СС.

Отже, значення вихідного імпульсного сигналу τ визначається виразом:

$$\tau = \frac{U_{\text{вих}} T}{R_{02} I_{02}}.$$

Підставивши значення $U_{\text{ВХ}} = I_{01} \cdot \Delta R_t$, матимемо такий вираз:

$$\tau = \frac{I_{01} \cdot \Delta R_t \cdot T}{R_{02} I_{02}}.$$

Для забезпечення гальванічного розділення між вхідною та вихідною частинами перетворювача вимірвального імпульсний сигнал τ передається через оптронну пару діод-діод на вхід керування імпульсно-аналогового перетворювача ІАП.

Структурна схема перетворювача (ІАП) наведена на рис.4 і містить інтегратор (Ін) на диференційному підсилювачі (DA1) з паралельною RC-ланкою в зворотному зв'язку, ключ (К), стабілізатор струму (СС) і вихідний RC-фільтр (Ф).

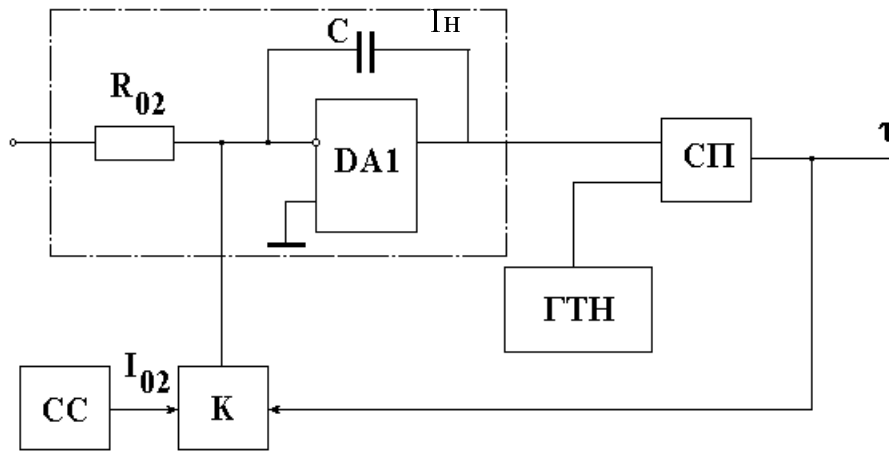


Рис.3. Структурна схема широтно-імпульсного перетворювача

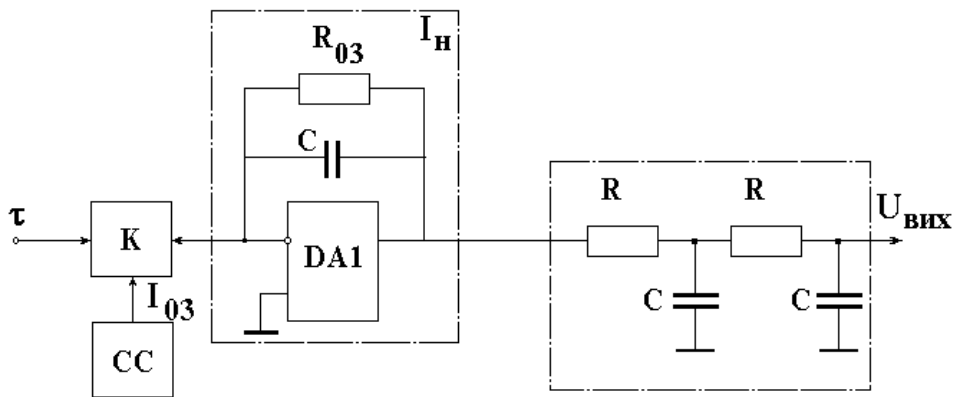


Рис.4. Схема імпульсно-аналогового перетворювача

Ключ К протягом часу τ пропускає на вхід інтегратора зразковий струм стабілізатора СС. Інтегратор працює в режимі активного фільтра і усереднює вхідний струмовий сигнал. При цьому інтегратор перетворює струм в напругу. Для зменшення пульсації вихідної напруги інтегратора застосовано додатковий вихідний RC-фільтр.

Вихідна напруга перетворювача ІАП визначається формулою

$$U_{\text{вих}} = \frac{\tau}{T} \cdot I_{03} \cdot R_{03}$$

де I_{03} – вихідний струм стабілізатора СС; R_{03} – значення опору резистора зворотного зв'язку інтегратора.

Підставивши значення τ , матимемо такий вираз вихідної напруги ІАП

$$U_{\text{вих}} = \frac{I_{01} I_{03}}{I_{02}} \cdot \frac{R_{03}}{R_{02}} \cdot \Delta R_{\tau}$$

Вихідна напруга перетворювача ІАП надходить на вхід перетворювача напруга-струм (ПНС). На рис.5 наведена принципова схема

перетворювача ПНС, який побудований на диференційному підсилювачі DA1.

Вихідний струм перетворювача визначається опором резистора R_{04} і проходить на вихід через транзистор VT2. Для зменшення впливу базового струму транзистора VT2 на стабільність вихідного струму застосовано додатковий польовий транзистор VT1.

Опір навантаження під'єднується між колектором вихідного транзистора і шиною плюсового живлення.

Узагальнена функція перетворення перетворювача вимірювального терморезистивного описується таким виразом

$$U_{\text{вих}} = \frac{I_{01} I_{03}}{I_{02}} \cdot \frac{R_{03}}{R_{02} \cdot R_{04}} \cdot (R_t - R_{01}).$$

Звідси видно, що діапазон перетворення температури і діапазон вихідного струмового сигналу залежить від вибору значень опорів резисторів $R_{01} \dots R_{04}$.

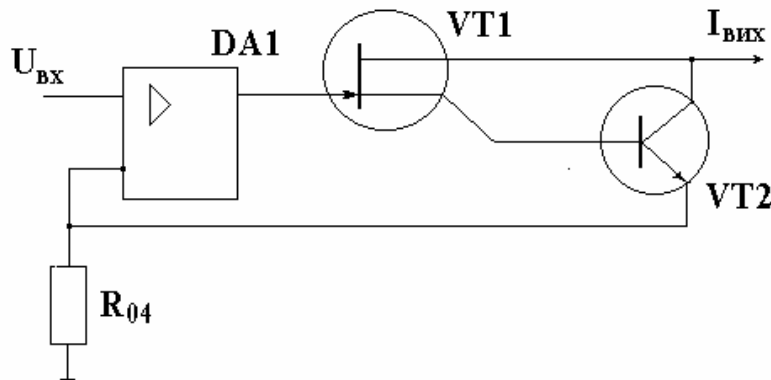


Рис.5. Принципова схема перетворювача напруга струм

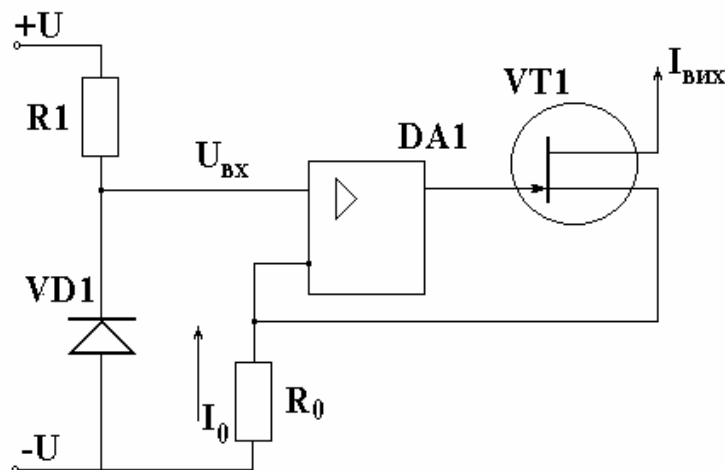


Рис.6. Принципова схема стабілізатора струму

Стабілізатори зразкових струмів I_{01} , I_{02} і I_{03} можуть бути побудовані за принциповою схемою

(рис.6), яка містить параметричний стабілізатор на стабілітроні VD1 і резисторі R1, диференціальний

підсилювач DA1, зразковий резистор R_0 і вихідний каскад на польовому транзисторі VT1.

Значення вихідного струму визначаються формулою

$$I_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{ст}}}{R_0},$$

де $U_{\text{ст}}$ – напруга стабілізації стабілітрона VD1; R_0 – значення опору зразкового резистора.

Застосування у вихідному каскаді польового транзистора забезпечує рівність струмів $I_{\text{вих}} = I_0$, що підвищує температурну стабільність вихідного струму.

Блок живлення БЖ забезпечує необхідними напругами живлення з гальванічним розділенням вхідної і вихідної частин перетворювача.

На підставі проведених досліджень досягнута номінальна характеристика термоперетворювачів

опору для TCM50, TCM100 дорівнює нулеві при діапазоні вимірювальної температури $-50...180$ С для TCM та $-200...500$ для ТСП при встановленні вихідного сигналу 0,5с з напругою живлення $+15$; -15 В. Габаритні розміри $20 \times 266 \times 261$ мм. Наведені терморезистивні вимірювальні перетворювачі при двох каналах перетворення забезпечують клас точності 0.25...0.5.

1. ДСТУ 2858-94. Термоперетворювач опору. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. 2. ГОСТ 13384-93. Преобразователи измерительные для термоэлектрических преобразователей и термопреобразователей сопротивления. 3. Електричні вимірювання електричних та неелектричних величин. За ред. С.С.Поліщука. К., 1978. 4. Электрические измерения. Под ред. В.Н.Малиновского. М., 1987. 5. Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин. / Пер. с нем. М., 1987.

УДК 536.5

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ТЕРМОШУМОВОГО СИГНАЛУ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМОВОГО ТЕРМОМЕТРА

© Богдан Стадник, Андрій Озгович, Ігор Ліхновський, Андрій Кузій, 2000

Державний університет “Львівська політехніка”, кафедра “Інформаційно – вимірювальна техніка”, вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Наведено результати дослідження математичної моделі системи первинний перетворювач – лінія зв'язку – вхідні кола вимірювального блоку шумового термометра.

Представлены результаты исследования математической модели системы первичный преобразователь – линия связи – входные цепи измерительного блока шумового термометра.

The outcomes of a research of a mathematical model of a system a primary converter - communication line - source circuits of the measuring block of the noise thermometer represented.

Дослідження математичної моделі системи первинний перетворювач – лінія зв'язку – вхідні кола вимірювального блоку шумового термометра проведено для виявлення оптимального значення параметрів термошумового перетворювача для отримання максимальної чутливості і мінімальної похибки вимірювання температури шумовим термометром, що викликана часовою нестабільністю цих параметрів та їх залежністю від температури.

При дослідженні похибки вимірювання і чутливості термоперетворювача прийнято :

- спектральна густина теплового шуму, що генерується термочутливим елементом, задана і не залежить від частоти;
- вхідний опір підсилювача не впливає на коефіцієнт передачі термошумового перетворювача;
- температура навколишнього середовища не впливає на процес вимірювання;
- внеском теплових шумів ізоляції і проводів лінії зв'язку в інформативний шумовий сигнал можна знехтувати [3].