

Багатозначні міри опору для автоматизованого метрологічного контролю складних систем

Ю.В. Яцук¹, Р.Р. Янович¹, В.О. Яцук¹

Annotation – The many-valued resistance measure for automatic metrological checking complication system is described in this paper. That measure is built on resistance imitator of Ohm law basis. The high resolution, accuracy, distance transfer resistance possibilities is benefits of this resistance measure.

Key words – code-control resistance measure, resistance imitator, four terminal connection.

I. ВСТУП

Постійне ускладнення технічних систем на перший план висуває завдання постійного забезпечення якості продукції, товарів, послуг, яка на сьогодні підтримується постійним контролюванням її параметрів вимірювальним обладнанням. Тому особливо актуальною є проблема оперативного контролю поточного метрологічного стану засобів вимірювань (ЗВ) з метою забезпечення вимог ДСТУ ISO 10012:2005 стосовно своєчасного виявлення невідповідностей та виконання необхідних коригувальних дій. Враховуючи масовість використання резистивних сенсорів у промислових вимірюваннях (декілька десятків відсотків від усієї кількості), а також можливість їх розміщення в місцях недоступних для оператора, наприклад, атомних електростанціях, особливо необхідним є проведення оперативного дистанційного метрологічного контролю ЗВ для роботи з резистивними сенсорами. Аналіз показує, що з цією метою найдоцільніше використовувати імітатори електричного опору (ІО), що являють собою активні пристрої для відтворення закону Ома для ділянки кола [1, 2].

II. МІРИ-ІМІТАТОРИ ОПОРУ

Оскільки переносна міра опору (МО) для оперативного контролю якості процесу вимірювання опору повинна мати якомога менші габарити, то, насамперед, увагу слід звертати на технічні рішення, придатні до реалізації на основі сучасних мікроелектронних та інформаційних технологій. Для зручності практичного використання таких мір слід використовувати як конструктивно-технологічні, так і структурно-алгоритмічні методи забезпечення високих точності і стабільності МО в робочих умовах експлуатації. Однією із найважливіших умов побудови МО є забезпечення можливості їх схематехнічної уніфікації з кодокерованими мірами напруги, технологія виготовлення яких відпрацьована достатньо добре і які масово виготовляються різними фірмами. Очевидно, що найпростішим є дводровове підключення ІО до вторинного приладу, однак під час дистанційного передавання для забезпечення інваріантності електричний опір слід відтворювати з можливістю чотиридротового підключення [3, 4]. За

умови спрощення реалізації переносних кодокерованих мір опору та забезпечення можливості їх мікроелектронного виконання доцільно будувати структуру ІО з використанням одного блоку живлення. Однією із схематехнічно найпростіших реалізацій є формування опорної напруги імітатора опору ІО, що в подальшому поділяється, на основі перетворювачів струм-напруга. Однак, при цьому, структура чотиридротової міри опору з корекцією впливу опорів ліній зв'язку ускладнюється, корекція може здійснюватись тільки у вузькому діапазоні зміни параметрів довкілля і в цій структурі неможливо використовувати як кодокеровані подільники КПН широко розповсюджені помножувальні ЦАП, що ускладнює мікроелектронне виконання таких ІО [5].

Враховуючи подане вище, для забезпечення інваріантності до впливу опорів ліній зв'язку та можливості мікроелектронного виконання пропонуємо структуру чотирипровідного ІО, в якій опорна напруга створюється спадом напруги тільки на масштабному резисторі R_N (рис. 1). Це забезпечується завдяки наявності

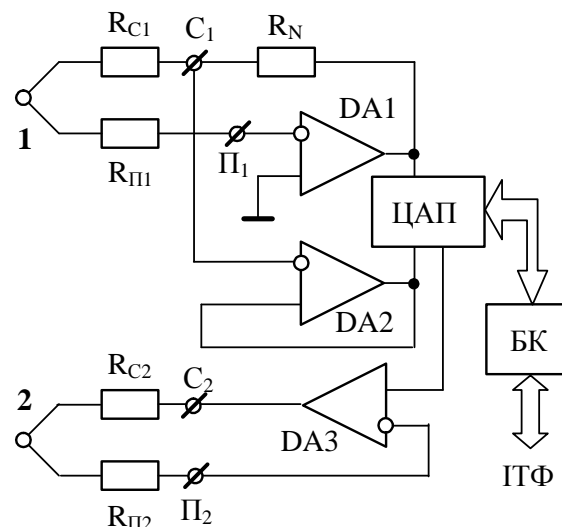


Рис. 1. Структура чотиридротової міри-імітатора опору в мікроелектронних ЦАП двох окремих входів для опорної напруги. Струм I_x ІО протікатиме від клемми «1» через з'єднувальний дріт R_{C1} , перший струмовий затискач C_1 , масштабний резистор R_N , вихід операційного підсилювача (ОП) DA1, спільну шину, вихід ОП DA2, другий струмовий затискач C_2 , з'єднувальний дріт R_{C2} і клему «2». Вихідна напруга КПН помножувального ЦАП через інвертор подається до вихідного повторювача напруги. Опори $R_{П1}$, $R_{П2}$ пари потенціальних дровів Π_1 та Π_2 включені послідовно із високими входними опорами

¹Національний університет "Львівська політехніка", вул. С.Бандери, 12, Львів, 79013, УКРАЇНА, E-mail: jurij.jazuk@gmail.com; romanyanovych@rambler.ru; vyatsuk@polynet.lviv.ua

ОП DA1 та DA3 і не впливатимуть на значення відтворюваного мірою опору. Опір R_{C2} другого струмового дроту додається до вихідного опору DA3 і практично не впливатиме на значення відтворюваного опору.

Інваріантність до значення опору R_{C1} першого струмового дроту забезпечується шляхом подачі на високопотенціальний вхід ЦАП алгебричної суми зразкової напруги $I_i R_N$ та спадку напруги $I_i R_{C1}$, а на її низькопотенціальний вхід – спадку напруги $I_i R_{C1}$ через повторювач напруги DA2. Структура ІО рис. 1 може відтворювати як додатний, так і від’ємний опори. При відтворенні від’ємного опору з тракту перетворення вилучається лише інвертор напруги.

Вихідна напруга U_i імітатора опору дорівнюватиме алгебричній сумі напруги ОП DA3 U_3 та напруги $U_{кл1}$ клеми “1” відносно спільної шини. Тоді, нехтуючи членами другого і вищих порядків малості відтворений мірою опір R_i визначається як:

$$R_i = \frac{U_3 - U_{кл1}}{I_i} = \mu R_N \left[1 + \frac{1}{k_{Ц}} + \frac{1}{k_3} + \frac{1}{M_3} - \frac{R_{C1}}{R_N} \left(\frac{1}{k_2} + \frac{1}{M_2} \right) \right] + \Delta R_{ai} + \frac{\Delta U_i}{I_i}, \quad (1)$$

де $k_1, k_2, k_3, k_{Ц}$ – коефіцієнти передачі розімкнених ОП DA1, DA2, DA3 та помножувального ЦАП відповідно;

$$\Delta R_{ai} = \frac{R_{C1} + R_N}{k_1 + 1} + \frac{R_{C2}}{k_3 + 1} - \text{адитивна складова}$$

похибки (АСП) АІО;

$$\Delta U_i = e_{1e} + e_{2e} + e_{3e} + e_{Ц} - \text{напруга заміщення АІО}$$

замовлена еквівалентними напругами заміщення ОП DA1, DA2, DA3 та помножувального ЦАП.

Аналіз виразу (1) показує, що відтворюваний мірою опір практично не залежатиме від значень опорів з’єднувальних дротів, оскільки опори потенціальних дротів включаються послідовно з високим вхідним опором ОП, а вплив опорів струмових дротів зменшується пропорційно до коефіцієнта підсилення розімкненого ОП. Параметри неідеальності використаних в ІО ОП приводять до появи адитивної (перший та другий члени виразів) та мультиплікативної складової похибки. Адитивна складова похибки в ІО проявляється як власне АСП імітованого опору та як залежну від струму імітатора I_i складову, яку слід трактувати як АСП ІО за напругою, або по-іншому, початкову напругу міри-імітатора опору. Значення початкової напруги ΔU_i ІО можна принципово скоригувати з допомогою використання традиційних прийомів. Значення ж початкового опору ІО може бути зменшене шляхом вибору для використання в ІО ОП з великими коефіцієнтами передачі. За умови використання мікропроцесорних блоків керування, для зменшення впливу початкового опору його значення слід враховувати при наборі коду імітованого опору. Наприклад, при максимальному значенні відтворюваного опору $R_N = 1$ кОм, повних п’яти десятикових розрядах мантиси відтворюваного опору та при значенні коефіцієнтів

передачі $k_1 \approx k_2 \approx k_3 \geq 2 \cdot 10^6$ (характерне для сучасних інструментальних ОП) значення початкового опору не перевищуватиме 0,01 Ом або одиниці молодшого розряду міри.

Аналіз виразу (1) показує, що значення напруги на початковому опорі ІО в основному залежатиме від значення опору R_N масштабного резистора (на практиці виконується співвідношення $R_N \gg R_{C1}, R_{C2}, R_{Ц1}$, особливо при коротких лініях зв’язку). Вплив вихідних опорів $R_{вих}$ можна суттєво зменшити при використанні на їх виходах емітерних повторювачів. За цих умов вплив початкового опору може бути скоригований шляхом підсумовування інверсного значення потенціалу інвертувального входу перетворювача струм-напруга з вихідною напругою ІО в будь-якій точці його схеми після КПН.

Значення мультиплікативної складової похибки ІО пропорційне до суми похибок статизму використаних ОП. Для її зменшення доцільно вибирати ОП з великим коефіцієнтом передачі та коефіцієнтом послаблення синфазної складової. Вказані вище значення коефіцієнта підсилення призводять до зведеної відносної похибки не більшої від 0,002 %. За наявності мікропроцесорного блоку керування можна вводити поправку – уточнювальний множник, на значення якого слід домножати значення встановлюваного коду відтворюваного опору. Розроблений ІО може керуватися через стандартний інтерфейс, забезпечуючи таким чином можливість його розташування практично на будь-якій відстані від системного контролера.

III. ВИСНОВОК

На основі запропонованої структури активного імітатора опору можна реалізувати багатозначну кодокеровану міру опору, інваріантну до з’єднувальних опорів. Така міра може використовуватись для здійснення оперативного метрологічного контролю вимірювальних каналів з резистивними сенсорами.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Бойко О., Столярчук П., Яцук В., Матвіїв В.. Покращання метрологічних характеристик серійних переносних калібраторів опору, напруги, струму // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2000. - №56. - С. 78-81.
- [2] Бойко О.В., Столярчук П.Г., Яцук В.О., Крохмальний Б.І. Підвищення метрологічної надійності вимірювальних каналів енергетичних об’єктів // Вісник Національного ун-ту “Львівська політехніка”; “Електроенергетичні та електромеханічні системи”. - 2003. - №487. – С. 33-36.
- [3] Бойко О., Столярчук П., Яцук В.. Переносна багатозначна міра опору // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1999. - №54. – С. 39-42.
- [4] Бойко О., Столярчук П., Яцук В. Імітатори опору, інваріантні до впливу опорів ліній зв’язку // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2000. - №57. - С. 43-46.
- [5] Яцук В. Принципи побудови кодокерованих мір опору // Вимірювальна техніка та метрологія. – 1999. - №55. – С. 35-43.