

СТРУКТУРНО-АЛГОРИТМІЧНИЙ МЕТОД КОРЕКЦІЇ ПОХИБОК ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИХ КАЛІБРАТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН

© Микийчук М.М., Столярчук П.Г., Яцук В.О., Коваленко Ю.С., 2009

Розглянуто структурно-алгоритмічний метод корекції похибок програмно-керованих калібраторів. Запропонований метод дасть змогу підвищити метрологічну надійність калібраторів і сприятиме підвищенню достовірності вимірювань у промисловості.

Structural algorithmic method of program-managed calibrator error correction is under consideration. The proposed method enables us to improve calibrators metrological reliability and encourages the increase of industrial measuring authenticity.

Вступ. Парк промислових засобів вимірювань (ЗВ) постійно поповнюється новими автоматичними програмованими приладами, які з високими точністю та роздільною здатністю можуть вимірювати значення технологічних параметрів. Калібратори зразкових сигналів є важливим елементом забезпечення єдності вимірювань у промисловості. Однак поряд з вдосконаленням промислових ЗВ все помітнішим стає неефективність існуючих калібраторів зразкових сигналів. Ця неефективність зумовлена переважно функціональною недосконалістю калібраторів, що не дає змоги їх використовувати для автоматизованої перевірки основної маси промислових ЗВ.

Використання прецизійної елементної бази забезпечує високу стабільність метрологічних характеристик калібраторів протягом тривалого часу та в широкому діапазоні зміни умов застосування, які присутні на виробництві. Однак широке використання прецизійної елементної бази при створенні калібраторів веде до непропорційного зростання їх ціни, а отже, скорочує можливості їх широкого застосування в промисловості.

Тому одним із шляхів забезпечення високої метрологічної надійності промислових калібраторів при використанні мінімальної кількості прецизійних елементів є застосування структурно-алгоритмічних методів корекції похибок при їх схемотехнічній реалізації.

Сучасний стан проблеми. Відомо, що найефективнішим методом корекції похибок ЗВ є метод зразкових сигналів [1,2]. Суть цього методу полягає в тому, що сигнал корекції формується на основі відгуку ЗВ на відому тестову дію, прикладену до його входу. Оскільки калібратор має розімкнену структуру, а поведінку факторів, що впливають на похибку, важко передбачити, то корекцію доцільно здійснювати шляхом розділення в часі процесів відтворення та корекції. Вказаний метод веде до зниження швидкодії, однак вимагає для своєї реалізації мінімальної апаратної надмірності.

Все частіше калібратори, які призначені для контролю метрологічних характеристик промислових ЗВ, будуються на основі структур активних імітаторів опору [3,4]. З використанням цих структур можна створювати універсальні програмно-керовані калібратори електричних величин, які за комплексом своїх метрологічних характеристик та функціональних можливостей задовольняють вимоги метрологічної перевірки промислових ЗВ. Сьогодні існує маса мікроелектронних компонентів (резистори, джерела опорної напруги, цифро-аналогові перетворювачі), які при доволі невисокій точності підгонки (0,1...0,5 %) мають високу часову та температурну стабільність,

а також достатньо низьку ціну. Застосування такої елементної бази для створення промислових калібраторів зразкових сигналів дасть змогу значно знизити їх ціну порівняно з існуючими калібраторами, що сприятиме їх широкому впровадженню у технологічні процеси.

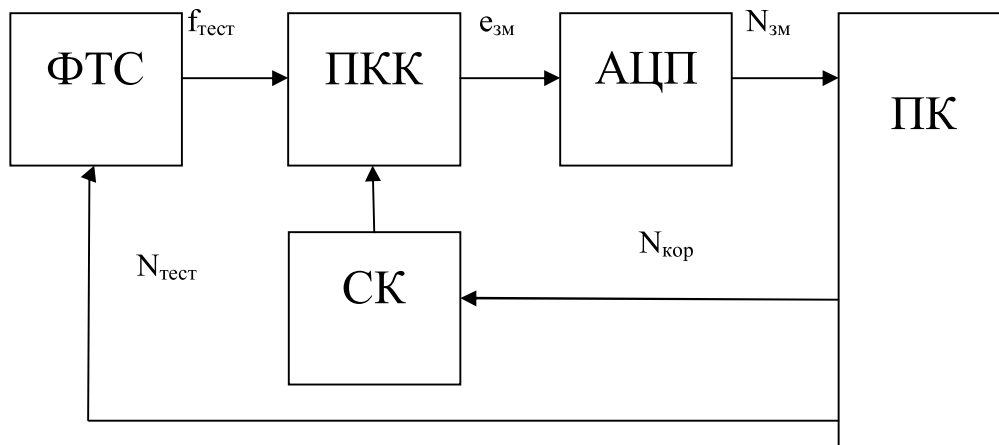
Постановка задачі. Для широкого впровадження програмно-керованих калібраторів в технологічні процеси необхідно розробити ефективні методи корекції похибок. Це дасть змогу використовувати елементну базу середньої точності, а отже, значно зменшити ціну калібраторів із збереженням необхідного класу точності.

Опис методу корекції. Для калібраторів електричних величин похибка визначається еквівалентною напругою зміщення на виході, яку можна представити виразом [3]:

$$e_{зм}(\xi, t, \Theta) = \sum \gamma_i(\xi, t, \Theta) \cdot \lambda_i, \quad (1)$$

де $\gamma_i(\xi, t, \Theta)$ – фактори похибки, що впливають на напругу зміщення калібратора; λ_i – коефіцієнт впливу первинного джерела на напругу зміщення.

Структурну схему корекції впливу еквівалентної напруги зміщення калібратора можна подати у вигляді (рис. 1).



*Рис. 1. Структурна схема корекції напруги зміщення калібратора:
 ФТС – формувач тестової дії; ПКК – програмно-керований калібратор; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; СК – схема коригування; ПК – програмований контролер*

Первинними джерелами напруги зміщення калібратора є напруги зміщення та вхідні струми операційних підсилювачів та масштабних перетворювачів, струми витоків комутаційних елементів.

Щоб виділити напругу зміщення, що виникає у вимірювальному колі, найчастіше використовують інвертування вхідного сигналу, нульову тестову дію, введення зразкового зміщення до встановленого коефіцієнта перетворення. Використання нульової тестової дії в калібраторах є доцільнішим, оскільки при цьому менше спотворюється вимірювальне коло порівняно з режимом відтворення, а також не виникають додаткові джерела похибок.

Важливим моментом синтезу схеми корекції є спосіб введення коригуючої дії в калібратор при мінімальних структурній та алгоритмічній надлишковостях. Технічна реалізація схеми корекції може мати значну кількість варіантів. Для вибору оптимального варіанта необхідно керуватися такими вимогами:

- простота реалізації, зокрема шляхом використання наявних у схемі калібратора вузлів та елементів;
- універсальність схеми корекції в усіх режимах відтворення калібратора;
- можливість врахування впливу усіх вагомих джерел похибок.

При побудові алгоритму корекції необхідно враховувати, що еквівалентна напруга зміщення калібратора залежить від змін температури, часу та значення коефіцієнта поділу внутрішнього

масштабного перетворювача. Для реєстрації зміни температури застосування достатньо використати напівпровідниковий сенсор температури та здійснювати чергову процедуру автоматичної корекції при зміні температури на кожні 5°C. Також просто організувати підрахунок часу роботи калібратора та проводити процедуру автоматичної корекції, наприклад, через кожні 10 хвилин. Для врахування впливу встановленого значення коефіцієнта поділу масштабного перетворювача достатньо проводити процедуру корекції при зміні коефіцієнта поділу.

Авторами були розроблені схеми корекції та алгоритми визначення кодів корекції для різних режимів роботи калібратора, а також створено ряд калібраторів, де було опробовано вказані схеми та алгоритми. Експериментальні дослідження показали, що для забезпечення похибки калібратора на рівні 0,01% достатньо провести вимірювання трьох значень еквівалентної напруги зміщення.

Результат вимірювання напруги зміщення АЦП можна представити виразом:

$$N_e = K_{АЦП} \cdot e_{зм} \quad (2)$$

де N_e – результат вимірювання напруги зміщення калібратора; $K_{АЦП}$ – коефіцієнт перетворення АЦП.

Провівши вимірювання еквівалентної напруги зміщення для різних значень коефіцієнта поділу масштабного перетворювача та різних тестових, отримуємо такі результати – Ne1, Ne2, Ne3.

Тоді значення коду корекції для різних режимів відтворення калібратора можна формувати, використавши такі залежності:

$$\text{для режиму відтворення опору} - N_{KR} = 2N_{e3} - N_{e2} + \mu(N_{e2} - N_{e1}) + N_{e1}; \quad (3)$$

$$\text{для режиму відтворення напруги} - N_{KU} = \mu(N_{e2} - N_{e1}) + N_{e1}; \quad (4)$$

$$\text{для режиму відтворення струму} - N_{KI} = N_{e3} - N_{e2} + \mu(N_{e2} - N_{e1}) + N_{e1}. \quad (5)$$

Створені авторами схеми виділення та вимірювання напруги зміщення калібратора та алгоритм формування коду корекції при мінімальній структурній надлишковості дають змогу забезпечувати високі метрологічні характеристики калібратора в широких діапазонах зміни умов застосування.

Висновок. Розроблений авторами алгоритм коригування за незначних структурній та алгоритмічній надлишковостях забезпечує зменшення похибки калібратора до нормованих значень при одночасному зменшенні вимог до параметрів метрологічних вузлів калібратора в десять разів.

Подані рекомендації щодо застосування структурно-алгоритмічного методу коригування похибок програмно-керованих калібраторів електричних величин перевірені на практиці та можуть використовуватись у при створенні сучасних ефективних калібраторів для систем забезпечення єдності вимірювань у промисловості та для контролю якості продукції.

1. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. – К.: Вища школа, 1976. – С. 256. 2. Земельман М.А. Автоматическая коррекция погрешностей измерительных устройств. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – с.199. 3. Микийчук М.М. Засоби перевірки вторинних пристроїв контактної термометрії на основі активних імітаторів опору: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Львів, 1998 –18 с. 4. Яцук В.О. Розвиток теорії та методів підвищення якості засобів вимірювальної техніки з використанням кодокерованих мір: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Львів, 2004. – 38 с.