

УДК 531.787

**ПРИЛАД БЕЗДЕМОНТАЖНОГО КОНТРОЛЮ СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБОК  
ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ****П.Ф. Щанов, І.М. Коржов\****Харківський національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
вул. Курпичова, 21, м. Харків, 61002, e-mail korgiov\_igor@mail.ru*

*Розглянуто питання використання інформаційних технологій контролю нестационарності вимірювальних сигналів, що дозволяє виявляти мультиплікативні систематичні похибки термоперетворювачів. Наведено схемна реалізація приладу бездемонтажного контролю систематичних похибок термоперетворювачів і принцип його роботи.*

*Ключові слова: термоперетворювач, систематична похибка, бездемонтажний контроль, нестационарний вимірювальний сигнал.*

*Рассмотрены вопросы использования информационных технологий контроля нестационарности измерительных сигналов, что позволяет обнаруживать мультипликативные систематические погрешности термопреобразователей. Приведена схемная реализация прибора бездемонтажного контроля систематических погрешностей термопреобразователей и принцип его работы.*

*Ключевые слова: термопреобразователь, систематическая погрешность, бездемонтажный контроль, нестационарный измерительный сигнал.*

*The problems of using information technologies for monitoring the nonstationary nature of measurement signals are considered, which makes it possible to detect the multiplicative systematic errors of thermocouples. The circuit realization of the device for the unmounting control of the systematic errors in thermocouples and the principle of its operation is given.*

*Key words: thermocouple systematic error, non-dismountable control, non-stationary measuring signal.*

Необхідність забезпечення заданої вірогідності процедур контролю стану технологічного обладнання вимагає істотної модернізації існуючих автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) контролю, діагностики та керування. Така модернізація передбачає істотне поліпшення метрологічного забезпечення та розробку, в складі математичного забезпечення ІВС процедур автоматичного контролю метрологічних порушень, особливо для первинних перетворювачів неелектричних величин. Такі процедури найбільш ефективні в задачах бездемонтажного контролю в реальному часі систематичних похибок первинних перетворювачів.

В даний час досить добре розроблені методи підвищення метрологічної надійності вимірювань в інформаційних системах контролю і керування [1]. Широко використовуються алгоритмічні та структурні методи контролю і корекції похибок перетворювачів, що працюють в автоматизованих системах контролю [2, 3], особливо для перетворювачів температури [4, 5]. Однак подібні методи автоматичної корекції вимагають забезпечення жорсткої лінійності

функції перетворення на ділянці корекції і базуються на використанні фізично реалізованих моделей, що відтворюють значення вимірюваної величини.

Метою статті є аналіз можливості використання статистичних інформаційних технологій обробки априорі не стационарних вимірювальних сигналів, що дозволяє контролювати систематичні похибки термоперетворювачів за зміною кореляційних властивостей залишкового шуму таких сигналів. Термоперетворювачі, що використовуються в системах технологічного контролю, призначені в більшості випадків для динамічного контролю температур. Особливо важливі для такого контролю перехідні режими технологічних установок. Імовірнісною моделлю температури, що змінюється в часі, є модель нестационарного за математичним очікуванням ергодичного випадкового процесу. Залишкова дисперсія процесу є постійною величиною, а закон розподілу випадкової залишкової складової – нормальний.

Схемна реалізація приладу бездемонтажного контролю систематичних похибок термоперетворювачів представлена на рис. 1.

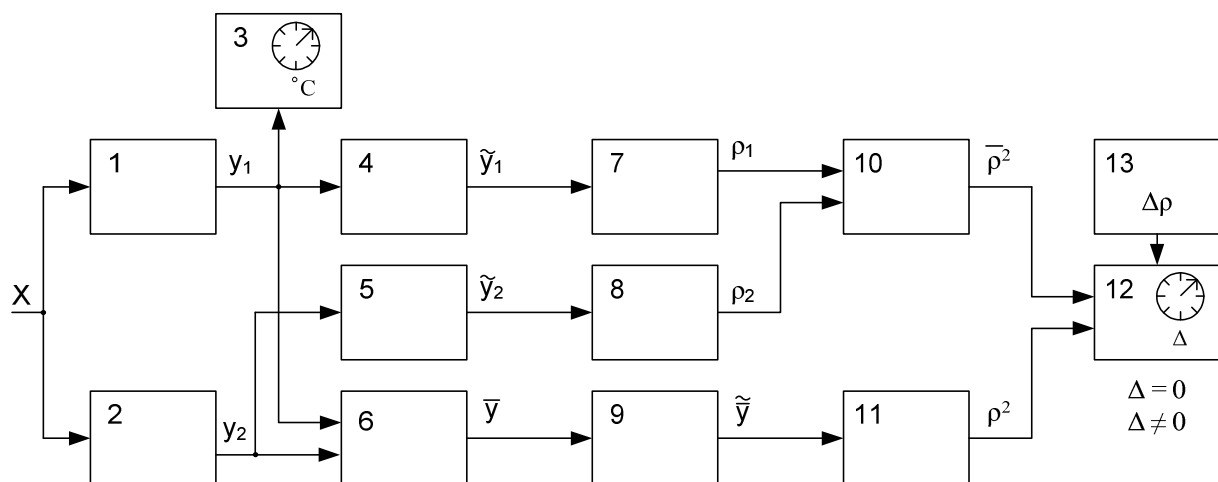


Рисунок 1 – Структурна схема приладу

На рис. 1 зображена схема приладу для контролю температури, що містить: перший 1 та другий 2 термоперетворювачі; вимірювальний блок 3 з пристроєм для відліку температури; блоки 4, 5, 9 спектрального (віконного) перетворення Фур'є; блоки 7 і 8 обчислення коефіцієнтів кореляції сигналів  $y_1$  та  $y_2$  з часом вимірювання; блок 6 усереднення вихідних сигналів первинних перетворювачів 1, 2; блок 10 усереднення коефіцієнтів кореляції та обчислення квадрата середнього значення коефіцієнтів кореляції; блок 11 обчислення загального коефіцієнта кореляції усереднених сигналів та його квадратичне перетворення; блок 12 обчислення різниці квадратів загального і усередненого коефіцієнтів з додатковим відліковим пристроєм 13.

Прилад працює наступним чином. Вимірювана температура  $x$  подається на перший 1 та другий 2 термоперетворювачі з характеристиками перетворення відповідно:

$$y_1 = c_1 + d_1 \cdot x, \quad (1)$$

$$y_2 = c_2 + d_2 \cdot x, \quad (2)$$

де  $d_1, d_2$  – чутливості термоперетворювачів 1 і 2. Значення вимірювальної температури відображається на відліковому пристрої вимірювального блоку 3.

Вихідні сигнали  $y_1, y_2$  подаються на блоки 4, 5 спектрального (віконного) перетворення Фур'є, з виходів яких сигнали  $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2$  подаються на вхід блоків 7, 8 обчислення коефіцієнтів кореляції і блок 6 усереднення вихідних сигналів первинних перетворювачів 1, 2. В блоках 7 і 8 відповідно формується коефіцієнти кореляції:

$$\rho_1 = d_1 \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_t}, \quad (3)$$

$$\rho_2 = d_2 \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_t}, \quad (4)$$

де  $\sigma_1, \sigma_2$  – середні квадратичні відхилення (СКВ) вихідних сигналів  $\tilde{y}_1, \tilde{y}_2$ ;

$\sigma_t$  – СКВ часового спостереження величини  $x$ , на інтервалі  $[t_1, t_N]$  віконного спектрального перетворення Фур'є:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (t_i - m_t)^2}, \quad (5)$$

де  $N$  – число відліків сигналу  $x$ ;

$m_t$  – середнє значення часу спостереження  $[t_1, t_N]$ .

В блоці 6 формується усереднене значення вихідних сигналів  $y_1, y_2$ :

$$y = \frac{y_1 - y_2}{2}. \quad (6)$$

Вихідні сигнали з блоків 7, 8, 6 подаються на входи блоку 10 усереднення коефіцієнтів  $\rho_1, \rho_2$  і обчислення квадрата середнього значення коефіцієнтів кореляції і на вхід блоку 9 спектрального (віконного) перетворення Фур'є, з виходу якого сигнал  $\tilde{y}$  подається на вхід блоку 11 обчислення загального коефіцієнта кореляції усереднених сигналів та його квадратичного перетворення, та сигнал з додаткового відлікового пристрою 13 на входи блоку 12, обчислення різниці квадратів загального і усередненого коефіцієнтів кореляції, подаються відповідно сигнали:

$$\bar{\rho}^2 = \frac{(d_1 \cdot \sigma_1 + d_2 \cdot \sigma_2)^2}{4\sigma_t^2} \quad (7)$$

$$\rho^2 = \frac{(d_1 + d_2)^2 \cdot (\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2)}{8\sigma_t^2}. \quad (8)$$

В блоці 12 обчислюється різниця квадратів загального і усередненого коефіцієнтів кореляції:

$$\begin{aligned} \Delta &= \rho^2 - \bar{\rho}^2 = \frac{1}{8\sigma_t^2} \left[ (\sigma_1^2 - \sigma_2^2)(d_1^2 - d_2^2) - 2 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)^2 \right] = \\ &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{8\sigma_t^2} \left[ (\sigma_1 + \sigma_2)(d_1^2 - d_2^2) - 2 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Значення  $\Delta$  відображається на відліковому пристрої блоку 12, причому якщо значення (лінійність) функції перетворення першого (робочого) первинного термоперетворювача не порушено, тобто не відрізняється від номінального (паспортного), значення  $\Delta$  буде дорівнювати нулю. В разі порушення лінійності характеристики перетворення робочого первинного термоперетворювача, тобто її відхилення від номінальної, сигнал  $\Delta$  буде значно відрізнятися від нульового значення.

### ВИСНОВКИ

Розроблений прилад для вимірювання температури дає можливість визначати аварійне відхилення функції перетворення первинного перетворювача (датчика) температури від номінальної (паспортної) без вилучення його з приладу, тобто здійснювати без демонтажний контроль (повірку) первинного термоперетворювача, що дозволить підвищити метрологічну надійність приладу вимірювання температури. Запропонований прилад має порівняно просту конструкцію і не потребує ручного калібрування перед вимірюванням і додатково забезпечує автоматичний контроль мультиплікативної похибки термоперетворювача.

1. Кондрашов С. І. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах. – Харків.: НТУ “ХП”, 2004. – 224 с.

2. Володарський Є. Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю / Є.Т.Володарський, В. В. Кухарчук, В. О. Поджаренко, Г. Б.Сердюк. – Вінниця.: Велес, 2001. – 219 с.

3. Туз Ю. М., Литвих В. В. Автоматическая коррекция погрешностей и расширение функциональных возможностей цифровых вольтметров и мультиметров / Ю. М. Туз, В.В.Литвих// Измерения, контроль и автоматизация;научно–техн. сборник. – 1988. – Вып 1(65). – С. 1–15.

4. Головка Д. Б. Структурно–алгоритмічні методи підвищення точності вимірювання температури / Д. Б. Головка, Ю. О.Скрипник, Г. І. Хімічева – К.: ФАДА ЛТД, 1999. – 2006 с.

5. Березький О. Спосіб прогнозування похибки дрейфу термоелектроперетворювачів / О.Березький // Зб. наук. праць НУ “Львівська політехніка”; вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – №58. – С. 72–75.

Поступила в редакцію 22.05.2018 р.

Рекомендували до друку: докт.техн.наук, проф. Райтер П. М., докт. техн. наук, проф. Сердюк О. Є.