

свою погрешность. Зная характер причины возникновения (внутренние или внешние) и характер проявления погрешностей (детерминированные и случайные), в среде LabView можно определить общую погрешность канала, а также смоделировать изменение метрологических характеристик ИК в целом при изменении характеристик отдельных измерительных блоков, входящих в состав ИК.

Список литературы: 1. *Евдокимов Ю.К.* LabView для инженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2007. 2. *Алексеев В.В. и др.* Построение измерительных каналов с применением среды графического программирования LabView: Методические указания к лабораторным работам. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001.

УДК 621.317

ОРЛОВ Т. С., КОНДРАШОВ С. И., проф., д-р техн. наук,
ЧУНИХИНА Т. В., доц., канд. техн. наук

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТИ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ТЕСТОВОМ КОНТРОЛЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

На сегодняшний день особенность технологических процессов современных производств требует от автоматизированных информационных систем контроля и управления (АИСКУ) всё более высокой точности измерения параметров технологических процессов. Точность измерительных каналов АИСКУ определяется, в основном, точностными характеристиками первичных измерительных преобразователей (ПИП). В течение длительной эксплуатации первичных преобразователей на объекте происходит изменение параметров номинальной функции преобразования (ФП). Для современных АИСКУ характерным является длительный непрерывный режим эксплуатации, который не позволяет демонтировать ПИП для осуществления поверки. Таким образом, разработка бездемонтажных методов контроля и коррекции метрологических характеристик (МХ) первичных измерительных преобразователей является актуальной задачей.

В работе [1] впервые введено понятие реляционно-разностной модели (РМ) оператора коррекции входных значений измерительных преобразователей. Использование РМ модели как отношения разностей первого порядка позволяет исключить аддитивную и мультипликативную составляющие систематической погрешности (разность первого порядка вычислялась как разница между значением выходного сигнала первичного преобразователя до и после тестовых воздействий). На основе реляционно-разностных и реперных реляционно-разностных моделей (РРМ) [2] были получены так называемые функциональные РМ, как функционалы от простых

тестовых РМ. Последние определялись как безразмерные функции отношений двух разностей первого порядка.

Реализация известных методов тестового контроля ПИП с нелинейной функцией преобразования предусматривает линейризацию функции преобразования. Возникает погрешность нелинейности разности первого порядка, которая вызывает погрешность нелинейности тестовой РМ, что, в свою очередь, обуславливает погрешность нелинейности функционального оператора.

Относительная погрешность нелинейности тестовой РМ была определена с использованием методики обработки косвенных измерений

$$\delta_{\text{нел}}\psi_{\text{тест}} = \delta_{\text{н1}} - \delta_{\text{н2}}, \quad (1)$$

где $\delta_{\text{н1}}$ – относительная погрешность нелинейности разности первого порядка числителя тестовой РМ; $\delta_{\text{н2}}$ – относительная погрешность нелинейности разности первого порядка знаменателя тестовой РМ.

Расчет погрешности нелинейности функционального оператора проведем для оператора, с помощью которого осуществляется определение оценки действительного значения измеряемой температуры по запатентованному авторами способу, который представляет собой синтез двух методов бездемонтажного контроля МХ термоэлектрических преобразователей (ТЭП) – метода калибраторов и метода тестовых тепловых воздействий на термопару за счет эффектов Пельтье и Джоуля.

Функциональный оператор данного способа контроля имеет вид

$$C_{\psi} = \psi_3 \frac{(1 + \psi_1)(1 - \psi_2)^2}{(1 + \psi_2)(1 - \psi_1)^2}, \quad (2)$$

где $\psi_1 = \frac{\Delta y_3^{\text{II}}}{\Delta y_2^{\text{II}}}$, $\psi_2 = \frac{\Delta y_3^{\text{I}}}{\Delta y_2^{\text{I}}}$, $\psi_3 = \frac{\Delta y_2^{\text{I}}}{\Delta y_2^{\text{II}}}$ – тестовые РМ; $\Delta y_2^{\text{I}}, \Delta y_3^{\text{I}}$ – разности первого порядка, полученные при действии тестов в окрестности номинальной точки (фазового перехода); $\Delta y_2^{\text{II}}, \Delta y_3^{\text{II}}$ – разности первого порядка, полученные при действии тестов в окрестности рабочей точки.

Абсолютная погрешность нелинейности функционального оператора рассчитывается по следующей формуле

$$\Delta_{\text{нел}} C_{\psi} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial C_{\psi}}{\partial \psi_i} \Delta_{\text{нел}} \psi_i, \quad (3)$$

где $\Delta_{\text{нел}} \psi_i$ – абсолютная погрешность нелинейности тестовой РМ ψ_i .

Относительная погрешность нелинейности функционального оператора (2) определяется

$$\delta_{\text{нел}} C_{\psi} = \frac{(3 + \psi_1)}{(\psi_1^{-1} - \psi_1)} \cdot \delta_{\text{нел}} \psi_1 + \frac{(-3 + 2\psi_2 + \psi_2^2)}{(\psi_2^{-1} - \psi_2)(1 - \psi_2)} \cdot \delta_{\text{нел}} \psi_2 + \delta_{\text{нел}} \psi_3. \quad (4)$$

Проведем расчет погрешности нелинейности функционального оператора (2) при таких исходных данных: термopара градуировки хромель-капель, $T_x = 300^\circ\text{C}$, $T_n = 320^\circ\text{C}$, $+\theta = 10^\circ\text{C}$, $-\theta = -7^\circ\text{C}$.

Относительная погрешность нелинейности функционального оператора при $\psi_1 = \psi_2 = 0,1$ и $\psi_3 = 0,9$ составила $\delta_{\text{нел}} C_\psi = 0,14\%$.

Проведенные исследования указывают на возможность оценки значения выходного сигнала ТЭП после тестовых воздействий через линейное приближение. Было установлено, что погрешность нелинейности функционального оператора зависит от рабочей точки, в окрестности которой проводятся тестовые воздействия, от значений тестов и от соотношения тестов.

Список литературы: 1. Кондрашов С.И. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах/ монографія – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – 224 с. 2. Чуніхіна Т.В. Тесто-калібрувальні методи підвищення точності електричних вимірювальних перетворювачів: дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: 05.11.05 / Чуніхіна Тетяна Віталіївна. – Харків, 2010. – 203 с.

УДК 681.3.088.8

ОРЛОВА К. М., ХАРЧЕНКО О. Л., доц., канд. техн. наук

ОБГРУНТУВАННЯ ЦИФРОВОГО МЕТОДА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АМПЛІТУДНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЗА ВИБІРКОВИМИ МИТТЄВИМИ ЗНАЧЕННЯМИ

Постійний розвиток науки, приладобудування, підвищення потреб споживачів продукції вимагають підвищення точності вимірювань. При цьому широке застосування як носії інформації знаходять модульовані сигнали, завдяки чому роль методів і засобів вимірювання характеристик амплітудно-модульованих (АМ) сигналів постійно зростає.

Лідером в цьому напрямку виступають цифрові вимірювальні прилади. На цей час вимірювачі модуляції, аналогові та цифрові, базуються на методі двократного детектування [1-3]. Цей метод призводить до суттєвого обмеження функціональних можливостей вимірювача, подальшого підвищення його метрологічних характеристик, зменшення частоти несучої, автоматизації вимірювань, використання сучасної інтегральної мікросхемотехніки, зокрема мікропроцесорів.

Модуляція здійснюється шляхом схемного впливу модулюючого сигналу (обвідної) на один з інформаційних параметрів несучого сигналу. Найчастіше у вимірювальній техніці в якості несучого застосовується гармонічний сигнал $i(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$, де A , ω , φ – амплітуда, кругова частота та фазовий зсув відповідно. Цифрові амплітудні модулометри засновані на вимірюванні максимального $U_{\text{макс}}$ і мінімального $U_{\text{мін}}$ значень модульованого сигналу і обчислення за цими значеннями коефіцієнта амплітудної модуляції.