

которая учитывает интенсивности отказов задвижек, показывают непродолжительный срок эксплуатации задвижек и необходимость уточнения методики определения ВБР для определения показателей надежности теплоснабжения.

Выводы: 1) Подтвердилось предположение о необходимости учета интенсивностей отказов элементов тепловой сети, таких как задвижек при расчете вероятности безотказной работы. 2) В данной работе были рассмотрены только задвижки, учет других элементов требует дальнейшего рассмотрения. 3) Был рассмотрен небольшой по длине участок теплосети, увеличение длины участка, несомненно, приведет к еще большему различию ВБР, рассчитанной по методике [2] и по предлагаемой методике.

Список литературы:

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 40 с.
2. Методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения. Приказ № 154 Минэнерго России и Минрегион России.
3. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети: нормативно-технический материал. – М., 2004. – 68 с.
4. Теплоснабжение: учебник для высш. учеб. завед. / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.

УДК 62-519

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УНИФИЦИРОВАННЫМ
ВЫХОДНЫМ СИГНАЛОМ**

Степанова А.О., Атрошенко Ю.К.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: 04081992ermisinasascha@bk.ru

В основе работы любых температурных датчиков, использующихся в системах автоматического управления, лежит принцип преобразования измеряемой температуры в электрическую величину.

Спай, погружаемый в контролируруемую среду, называется рабочим концом термопары, а второй спай – свободным.

Принцип действия термопар основан на термоэлектрическом эффекте, заключающемся в том, что в замкнутом контуре, состоящем из двух разнородных проводников, течет ток, если места спаев проводников имеют различные температуры. Если взять замкнутый контур, состоящий из разнородных проводников (термоэлектродов), то на их спа-

ях возникнут термоЭДС $E(t)$ и $E(t_0)$, зависящие от температур этих спаев t и t_0 .

Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователей (НСХ) представляют зависимость термоЭДС E различных ТЭП от температуры рабочего спаев (температура свободных концов t_0 принята равной $0\text{ }^\circ\text{C}$) [1] (см. рис. 1).

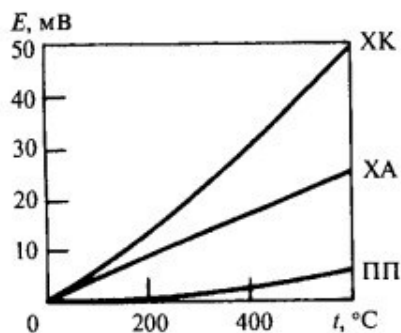


Рис. 1. Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователей

Принцип действия термоэлектрического преобразователя с унифицированным выходным сигналом (ТПУ) основан на преобразовании сигнала первичного преобразователя температуры в унифицированный выходной сигнал постоянного тока. Измерительный преобразователь вмонтирован в клемную головку термопары.

ТПУ имеют линейную зависимость выходного сигнала от температуры [2].

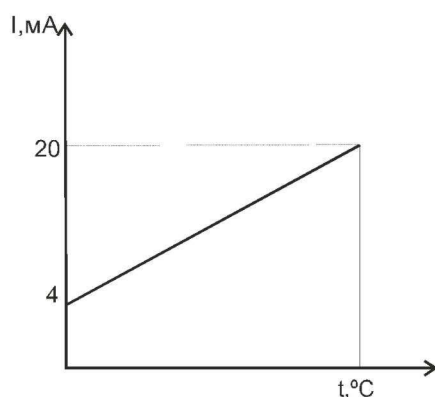


Рис. 2. Зависимость выходного сигнала ТПУ от температур

Задачей исследования является проверка гипотезы о линейности НСХ ТЭП типа ТХА (К).

Экспериментальное определение статической характеристики преобразователя производится с помощью малоинерционной трубчатой печи с терморегулятором МТП-2МР и калибратора-измерителя ИКСУ-260L.

Установка печи МТП-2МР состоит из печи МТП-2М и блока управления (терморегулятора) БУ-1М (БУ-1М-1). Она предназначена для нагрева средств измерения температуры в диапазоне от 100 до 1200 °С в лабораторных условиях при их поверке, калибровке, испытаниях. Блок управления предназначен для отображения текущего значения температуры и задания температуры установки, до которой нагревается печь.

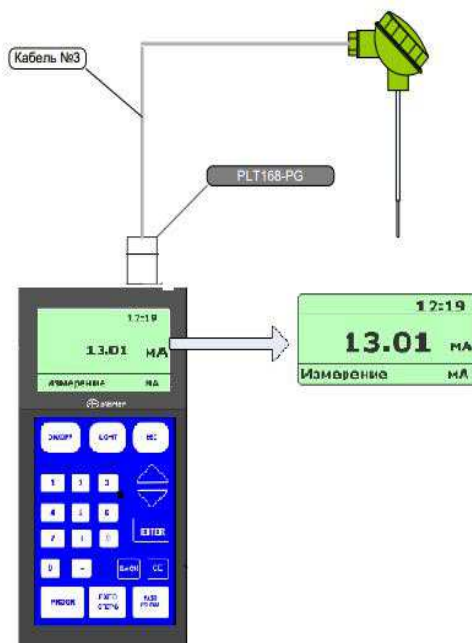


Рис. 3. Схема подключения калибратора-измерителя к ТПУ

Термоэлектрический преобразователь помещается рабочим концом в печь. Измерительный преобразователь вмонтирован в клемменную головку термопары. Для измерения значения токового выходного сигнала 0–5 или 4–20 мА термопреобразователя используется калибратор-измеритель эталонный типа ИКСУ-260L. Калибратор-измеритель ИКСУ-260L следует подключать к термопреобразователю с помощью соответствующего кабеля.

Порядок проведения эксперимента: в отверстие печи помещен поверяемый термоэлектрический преобразователь; термопреобразователь подключен с помощью соответствующего кабеля к разъему «Измерение» ИКСУ-260L; в режиме «Измерение», выбран «ТП»; выбран НСХ преобразователя (ТХА (К)). При работе выбран пункт «Автоматическая».

По таблице экспериментальных данных (см. табл. 1) определяем зависимость выходного сигнала термопреобразователя I (мА) от значения температуры t (°С), до которой нагревается печь. Определение зависимости производится методом наименьших квадратов.

Таблица 1. – Таблица экспериментальных данных

$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{мА}$
50	5,431
100	5,845
150	6,702
200	7,579
250	8,187
300	8,881
350	9,667
400	10,506
450	11,267
500	11,965
550	12,786
600	13,595
650	14,402
700	15,193

Для определения линейной эмпирической зависимости типа $I = a + b \cdot t$ записывается функционал:

$$F = \sum_{i=1}^n (I_{i\text{Э}} - I_{i\text{Т}})^2 = \min, \quad (1)$$

где n – число измерений; $I_{i\text{Э}}$ – экспериментальное значение выходного сигнала; $I_{i\text{Т}}$ – значение выходного сигнала, рассчитанное функциональной зависимостью для заданного значения входного сигнала t_i .

Если подставить в функционал (1) теоретическую формулу $I_{i\text{Т}} = a + b \cdot t$ получится:

$$F = \sum_{i=1}^n (I_{i\text{Э}} - (a + b \cdot t))^2 = \min. \quad (2)$$

Функционал (2) достигает минимального значения при равенстве нулю частных производных от функционала по параметрам:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (I_{i\text{Э}} - (a + b \cdot t)) \cdot (-1) = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial F}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (I_{i\text{Э}} - (a + b \cdot t)) \cdot (-t) = 0. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) записываем в виде системы уравнений для определения коэффициентов a, b :

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n I_{i\text{Э}} = \sum_{i=1}^n a + b \sum_{i=1}^n t_i \\ \sum_{i=1}^n I_{i\text{Э}} \cdot t_i = a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n t_i^2 \end{cases}. \quad (5)$$

Решение системы уравнений (5) относительно a , b :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n I_{i\Theta} \cdot t_i \cdot \sum_{i=1}^n t_i - \sum_{i=1}^n I_{i\Theta} \cdot t_i^2}{\sum_{i=1}^n t_i \cdot \sum_{i=1}^n t_i - n \cdot \sum_{i=1}^n t_i^2}, \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n I_{i\Theta} - n \cdot a}{\sum_{i=1}^n t_i}.$$

Зависимость, полученная по экспериментальным данным, имеет вид $I = 4,617 + 0,0149 \cdot t$ ($a = 4,671$; $b = 0,0149$).

На рисунке 4 изображен график полученной статической характеристики преобразователя и график полученных экспериментальных точек.

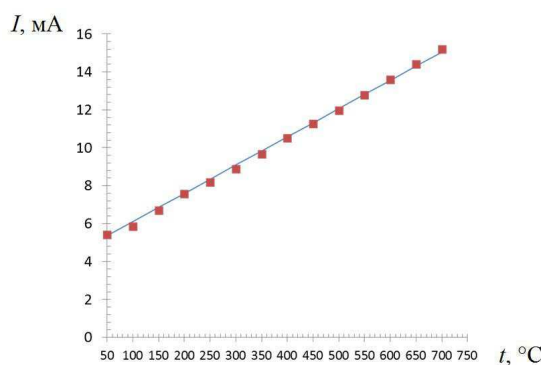


Рис. 4. График статической характеристики преобразователя и экспериментальных точек

Из представленного графика видно, что полученная зависимость близка к экспериментальным данным. Можно заключить, что статическая характеристика преобразователя ТПУ 0304/М1-Н является линейной.

Список литературы:

1. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с.
2. Термопреобразователь универсальный ТПУ 0304. Руководство по эксплуатации. – М.: Издательство «Элемер», 2012. – 52 с.

УДК 681.5

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

Шашев Д.В., Шидловский С.В., д.т.н.

Томский государственный университет, г. Томск,

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: dshashev@mail.ru

В настоящее время системы машинного (технического) зрения позволяют качественно решать различные задачи по автоматизации технологических процессов в различных областях (энергетика, машиностроение и т. д.).