Д.С. Сивков; рук. Ю.К. Атрошенко, ассистент, НИ ТПУ, г.Томск

**ИССЛЕДОВАНИЕ НОМИНАЛЬНЫХ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ВЫХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ**

Одними из самых распространенных средств измерения температуры являются термоэлектрические преобразователи (ТЭП). Выходным сигналом ТЭП является ТЭДС, возникающее в результате действия эффектов Томпсона и Зеебека. Современные ТЭП могут изготавливаться вместе с микропроцессорным блоком, формирующим на выходе термопары унифицированный токовый сигнал. Независимо от вида выходного сигнала основное требование, предъявляемое к номинальной статической характеристике (НСХ) ТЭП это ее линейность. [1]

Исследование НСХ ТЭП проводилось с использованием эталонного калибратора температуры. Номинальная статическая характеристика определялась экспериментально для двух термопар типа K(ХА) с выходными сигналами ТЭДС и унифицированным токовым сигналом 4-20 мА, а также для двух термопар L(ХК) с выходными сигналами ТЭДС и унифицированным токовым сигналом 4-20 мА.

Кроме того, полученные зависимости сравнивались с номинальной статической характеристикой исследуемых термопар (рис. 1, табл. 1).



Рис. 1. Статические характеристики для ТЭП типа К(ХК): *1*– НСХ, *2* – экспериментальная СХ

Анализ рис. 1 показывает, что номинальная статическая характеристика преобразователя более близка к линейной, чем реальная. Это связано с тем, что при длительной эксплуатации преобразователя его статическая характеристика искажается.

Из рис. 1 и табл. 1 видно, что полученная реальная статическая характеристика преобразователя существенно отличается от номинальной.

**Таблица 1. Номинальная и реальная**

**статическиие характеристики ТЭП типа К (ХА)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| t, ̊C  | *E*0, мВ | E, мВ | Δ, мВ |
| 0 | 0,000 | 0,854 | 0,854 |
| 100 | 4,096 | 1,640 | -2,456 |
| 200 | 8,138 | 4,728 | -3,41 |
| 300 | 12,209 | 8,410 | -3,799 |
| 400 | 16,397 | 12,68 | -3,717 |
| 500 | 20,644 | 17,554 | 3,090 |

Таким образом, дальнейшее исследование статической характеристики на линейность производится не для номинальной, а для реальной статической характеристики конкретных преобразователей.

Полученные зависимости аппроксимированы с помощью метода наименьших квадратов [2] функцией вида , *E(t)* – выходная ТЭДС, *I(t)* – выходной унифицированный токовый сигнал.

Значения коэффициентов для каждого вида исследуемых термопар приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Расчетные коэффициенты**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| НСХ | Вид вых.сигнала | *a* | *b* | *c* |
| К(ХА) | ТЭДС | 2,967·10-5 | 2,197·10-2 | -0,85 |
| Униф. токовый сигнал | 4,579·10-5 | 7,156·10-3 | 0,51 |
| L(ХК) | ТЭДС | 7,769·10-5 | 3,408·10-2 | -1,50 |
| Униф. токовый сигнал | 7,093·10-5 | 3,944·10-2 | -2,12 |

Полученные аппроксимирующие зависимости представлены на рис. 2-5.



Рис.2. Статическая характеристика ТЭП типа К(ХА) с выходным сигналом ТЭДС:

*1* – зависимость полученная с помощью МНК, *2* – экспериментальные значения



Рис.3. Статическая характеристика ТЭП типа К(ХА) с унифицированным выходным сигналом: *1* – зависимость полученная с помощью МНК, *2* – экспериментальные значения



Рис.4. Статическая характеристика ТЭП типа К(ХК) с выходным сигналом ТЭДС:

*1* – зависимость полученная с помощью МНК, *2* – экспериментальные значения



Рис.5. Статическая характеристика ТЭП типа К(ХК) с унифицированным выходным сигналом: *1* – зависимость полученная с помощью МНК, *2* – экспериментальные значения

На рис. 6 приведены статические характеристики термопреобразователей типа K(XA) с различными выходными сигналами.



Рис.6. Экспериментальная СХ для ТЭП типа К(ХА): *1* – для ТЭП с выходным сигналом ТЭДС, *2* – для ТЭП с унифицированным токовым сигналом

Из рис. 6 видно, что статические характеристики термопреобразователей практически совпадают, что говорит, о том, что преобразование выходного сигнала термопары в унифицированный токовый сигнал происходит практически без искажений.

Таким образом, получены следующие выводы:

1) полученные аппроксимирующие зависимости достаточно точно описывают статические характеристики, полученные экспериментальным путем, среднее отклонение от линейных зависимостей составило 0,92 мВ.

2) экспериментальные статические характеристики для ТЭП с одинаковыми НСХ и различными видами выходного сигнала достаточно близки.

3) коэффициент *a* в аппроксимирующих выражениях стремится к нулевому значению, поэтому статические характеристики исследуемых термопар, полученные экспериментально, можно считать практически линейными в широком диапазоне температур, однако, применение их для проведения технических измерений не возможно в связи с превышением допускаемой погрешности измерений.

**Библиографический список**

1. **Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С.** Теплотехнические измерения и приборы: Учебник. - Москва: Изд-во МЭИ, 2005. – 459 с.
2. **Линник Ю.В.** Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. - Изд. 2-е, доп. и испр. - Москва: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. - 349 с.