

УДК 537.32

ГРАДУЮВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ СЕНСОРІВ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ

Академік НАН України Л. І. Анатичук, к. ф.-м. н. Р. Р. Кобилянський,
к. ф.-м. н. І. А. Константинович

Інститут термоелектрики НАН і МОН України
Україна, м. Чернівці
anatykh@inst.cv.ua

В роботі приведено результати експериментальних досліджень вольт-ватної чутливості термоелектричних сенсорів теплового потоку. Розроблено установку, де реалізовано абсолютний метод визначення індивідуальної статичної функції перетворення термоелектричного сенсора теплового потоку при кондуктивному способі підведення теплової енергії. Реалізовано метод градуювання термоелектричних сенсорів з використанням допоміжного високочутливого сенсора теплового потоку.

Ключові слова: термоелектричний сенсор, тепловий потік, вольт-ватна чутливість.

Актуальним є питання градуювання термоелектричних сенсорів теплового потоку, які використовуються в приладах для вимірювання інтегральних теплових втрат на ділянках теплотрас та інтегральних теплових потоків біологічних об'єктів. Зазвичай градуювання сенсорів проводиться абсолютним методом з використанням запірного нагрівника та диференційних вимірювальних термопар, які є індикатором нульового перепаду температур [1]. Однак таке градуювання потребує підвищення точності вимірювань, оскільки такі сенсори є засобами вимірювальної техніки. Підвищити точність можна за рахунок використання допоміжного високочутливого термоелектричного сенсора теплового потоку [2]. Тому метою роботи є розробка установки для градуювання термоелектричних сенсорів теплового потоку вдосконаленим методом та дослідження вольт-ватної чутливості таких сенсорів.

Градуювання термоелектричних сенсорів теплового потоку полягає у встановленні статичної функції перетворення та оцінки похибки її визначення. Особливістю таких вимірювань є те, що кожний конкретний сенсор має свої функцію перетворення та похибку її визначення, які знаходять експериментально при індивідуальному градуюванні. Для визначення індивідуальної функції перетворення k встановлюють залежність між вхідним тепловим впливом q ($\text{Вт}/\text{м}^2$) на чутливий елемент сенсора та його вихідним електричним сигналом E (мВ):

$$k = q/E . \quad (1)$$

Для визначення індивідуальної функції перетворення сенсорів, що призначені для роботи в широкому діапазоні температур, більш прийнятним є градуювання з кондуктивним підведенням теплової енергії. Такий метод зводиться до того, що сенсор, який градується, розташовують з надійним контактом між відповідними поверхнями нагрівника і стоку тепла (тепловідводу). При цьому тепла енергія від джерела тепла передається на сенсор шляхом теплопровідності і тим краще, чим надійніше забезпечено тепловий контакт дотичних поверхонь [2].

В Інституті термоелектрики НАН та МОН України розроблено установку (рис.1), де реалізовано абсолютний метод визначення індивідуальної статичної функції перетворення сенсора при кондуктивному способі підведення нормованого значення поверхневої густини теплового потоку. Тут в якості джерела тепла використано ізотермічний нагрівник 2, що забезпечує на теплосприймаючій поверхні сенсора 1 рівномірну постійну температуру. Рівномірність теплового потоку на виході з цього сенсора досягається шляхом контакту з тепловідводом 5 із високотеплопровідного матеріалу. Температура гарячої грані сенсора 1 контролюється термопарою 3, а температура холодної грані контролюється термопарою 4 і задається тепловідводом 5, через який циркулює вода заданої температури. Робочі спай вимірювальних термопар 3 та 4 знаходяться в центрі тепловирівнювальних пластин 7. Для реалізації такого методу градуювання передбачено допоміжний термоелектричний сенсор 8, значення сигналу якого підтримують на нульовому рівні за рахунок роботи компенсаційного нагрівника 6. За дотримання означених умов весь тепловий потік від основного нагрівника 2 направляється через сенсор, що градується.

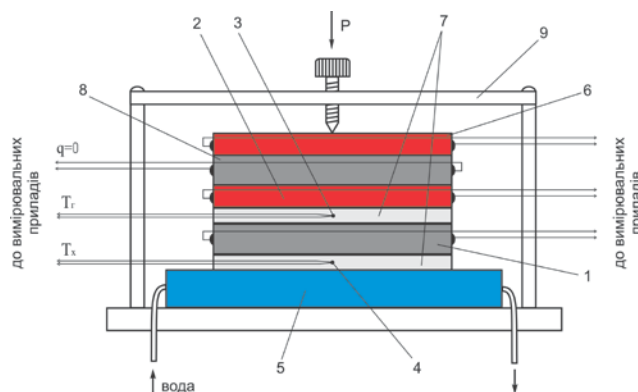


Рис.1. Схема експериментальної установки визначення вольт-ватної чутливості термоелектричного сенсора абсолютним методом:

1 – термоелектричний сенсор, що градується, 2 – нагрівник, 3 – термопара для контролю температури гарячої сторони сенсора, 4 – термопара для контролю температури холодної сторони сенсора, 5 – тепловідвід, 6 – компенсаційний нагрівник, 7 – теплоізолюючі пластини, 8 – допоміжний термоелектричний сенсор, 9 – притискний механізм

Індивідуальна статична функція перетворення термоелектричного сенсора площею S за результатами прямих вимірювань його термоЕРС при заданій постійній електричній потужності W , яка підводиться до нагрівника 2, визначається за формулою

$$k = W / (E \cdot S). \quad (2)$$

В подальшому залежність (2) використовують для переведення показів термоелектричного сенсора в значення густини теплового потоку. Результати градування та проведених експериментальних досліджень вольт-ватної чутливості термоелектричного сенсора абсолютним методом приведено на рис. 2.

Таким чином, розроблена установка реалізує абсолютний метод визначення індивідуальної статичної функції перетворення термоелектричного сенсора теплового потоку при кондуктивному способі підведення теплової енергії. Було вдосконалено метод градування термоелектричних сенсорів з використанням допоміжного високочутливого сенсора теплового потоку, що дає можливість підвищити точність експериментального визначення вольт-ватної чутливості таких сенсорів.

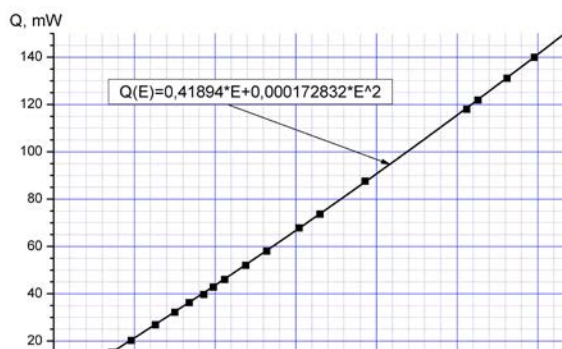


Рис. 2. Градувальна крива термоелектричного сенсора теплового потоку (точки – експериментальні значення, крива – апроксимація експериментальних значень многочленом)

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Анатичук Л. І., Гаврилюк М. В., Кобилянський Р. Р. Експериментальні дослідження короткозамкнених термоелементів // Термоелектрика.– 2010.– № 4.– С. 56–61.
2. Лухтан Т. О., Коломієць Д. П., Ковтун С. І., Воробйов Л. Й. Метрологічна атестація термоелектричних перетворювачів теплового потоку // Ukrainian Food Journal.– Vol. 1.– N 3.– 2012.– Р. 60–63.
3. ДСТУ 3756-98. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. – 2000.

L. I. Anatyshuk, R. R. Kobylianskiyi, I. A. Konstantinovich

Calibration of heat flux thermoelectric sensors.

This paper presents the results of experimental research on the volt-watt sensitivity of heat flux thermoelectric sensors. An installation is developed that realizes an absolute method for determination of individual static conversion function with a conductive thermal energy supply. A method for calibration of thermoelectric sensors with the use of additional high-sensitivity heat flux sensor is realized.

Keywords: *thermoelectric sensor, heat flux, volt-watt sensitivity.*