

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НОМІНАЛЬНО-СТАТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

© Володимир Столярчук, 2010

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Наведено алгоритм визначення значення диференційної термоелектрорушійної сили термопар з використанням ефекту Пельтьє.

Приведен алгоритм определения значения дифференциальной термоелектродвижущей силы термопары с использованием метода Пельтье.

Determination algorithm of thermocouple differential thermoelectromotive force value using Pelletier effect is proposed in the article.

Актуальність. За даними [1] найбільше вимірювань в практиці припадає на вимірювання температури. За контактного методу вимірювання температур найчастіше використовують термоелектричні перетворювачі? оскільки вони є генераторними (активними) перетворювачами температури на електричну напругу.

У ході експлуатації термоелектричних перетворювачів залежно від часу експлуатації, температури, при якій здійснюють вимірювання, умов експлуатації їхня НСХ змінюється. Зміна НСХ термоелектричних перетворювачів за тривалий час експлуатації може бути доволі істотною, як показано на рис.1 [2]. Іноді умови експлуатації не дають змоги демонтувати термоелектричні перетворювачі з об'єкта вимірювання, а тому завжди виникають ризики через незнання температури.

Постановка задачі. В таких умовах є завжди бажаним знаходження методів перевірки НСХ на об'єкті. Теорія термоелектричних явищ подає взаємозв'язок між трьома ефектами – ефектом Зеєбека, Пельтьє і Томсона.

Опис методики досліджень. Для спостереження ефекту Зеєбека достатньо приєднати до мілівольтметра термопару, що має гарячий і холодний спаї. При нагріванні чи при охолодженні одного із спаїв термопар в електричному колі виникає термоелектрорушійна сила (ТЕРС), що за різниці температур

декілька сотень градусів досягає десятки мілівольт напруги.

Виявити явище Пельтьє значно складніше, ніж ефект Зеєбека. Основна складість полягає в тому, що коефіцієнт Пельтьє для більшості металів має значення $10^{-3} \dots 10^{-2} \text{ В}$. Тому навіть за значних густин

електричного струму $(1 \dots 3) \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ у дротяних металевих зразках, що створюють термопару, різниця температур спаїв, що виникає внаслідок виділення і поглинання тепла, становить декілька градусів [3]. Реєстрацію такої кількості тепла (температури) здебільшого здійснюють, використовуючи калориметричні методи [4]. У літературі майже відсутні дані про значення коефіцієнта Пельтьє для металевих провідників. У [4] наведено значення коефіцієнта Пельтьє для різних металів (табл. 1).

Зазначимо, що значення коефіцієнта Пельтьє істотно залежить від температури. Наведені числові значення коефіцієнта Пельтьє дають підстави для створення методики визначення значення диференційної ТЕРС (чутливості термопар – α) через значення коефіцієнта Пельтьє (π), взаємозв'язок між якими є таким [5]

$$\pi = \alpha \cdot T. \quad (1)$$

Для промислових термоелектричних перетворювачів типів ХК і ХА орієнтовні значення коефіцієнта Пельтьє, обчислені за наведеним виразом (1), повинні бути такими, як подано у табл. 2

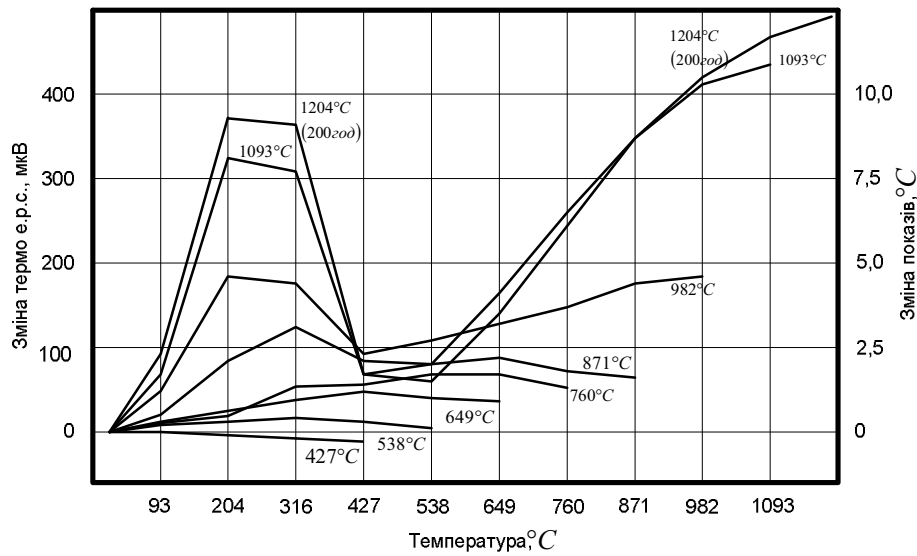


Рис. 1. Зміни НСХ термоелектричних перетворювачів під час експлуатації

Таблиця 1

Значення коефіцієнта Пельтьє для різних пар металів [4]

Залізо-константан		Мідь-нікель		Свинець-константан	
T, K	$\pi, мВ$	T, K	$\pi, мВ$	T, K	$\pi, мВ$
273	13,0	292	8,0	293	8,7
299	15,0	328	9,0	383	11,8
403	19,0	478	10,3	508	16,0
513	26,0	563	8,6	578	18,7
593	34,0	613	8,0	633	20,6
833	52,0	718	10,0	713	23,4

Таблиця 2

Обчислені значення коефіцієнта Пельтьє для термопар типів ХК і ХА

Термопара ХК		Термопара ХА	
T, K	$\pi, мВ$	T, K	$\pi, мВ$
373	25,7	373	15,2
473	34,4	473	19,2
573	43,7	573	23,3
673	59,9	673	27,5
773	62,2	773	31,9
873	58,3	873	36,2
973	80,3	973	40,5
1073	89,0	1073	44,6
		1173	48,6
		1273	52,5
		1373	56,3
		1473	59,9
		1573	63,4

З першого погляду табл. 2 наводить на думку, що значення коефіцієнта Пельтьє є таким, що не повинно бути труднощів під час його вимірювання.

У реальних об'єктах, де працюють термоелектричні перетворювачі, потрібно враховувати кількість тепла, що виділяється або поглинається із спаю термоелектричного перетворювача, і наскільки ця кількість тепла може змінити температуру об'єкта, щоб можна було зареєструвати цю зміну температури.

Припустимо, що термоелектричний перетворювач (тип *ХК*) помістили у воду масою 1 кг за температури 100 °С. При пропусканні електричного струму 3,0 А через спай термоелектричного перетворювача, маса якого становить 10 г, кількість тепла, що виділяється або поглинається у спаї, можна виразити

$$Q = \pi \cdot I \cdot t, \quad (2)$$

де t – час протікання струму; I – струм протікання; коефіцієнт π – при 100 °С для термопари типу *ХК* має значення 27,7 мВ. Звідси кількість тепла Пельтьє становитиме

$$Q_{\pi} = 25,7 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot t = 0,0771 \cdot t \quad (Вм). \quad (3)$$

Кількість тепла, потрібна для зміни температури води при 100 °С на 1 °С, дорівнюватиме

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T. \quad (4)$$

Питома теплоємність води - c – приблизно дорівнює $4200 \frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$. Тобто для зміни температури води на 1 °С потрібно 4200 Дж, або 11,676 Вт · год. І тоді:

$$t = \frac{11,676 Вм \cdot год}{0,0771 Вм} \approx 151 год.$$

Отже, для того щоб підігріти чи охолодити 1 кг води на 1 °С, за повної ізоляції відведення тепла від води потрібно 151 год. Очевидно, що для підігрівання (охолодження) 10 г води буде потрібно тільки 1,5 год.

При зміні температури спаю на 1 °С можна одержати приблизно 40 мкВ. Щоб зареєструвати таке значення ТЕРС, потрібні стабільні підсилювачі напруги з коефіцієнтом підсилення 1000 і більше.

Очевидно, що, зібравши вимірювальне коло, яке зображене на рис.2 і виконавши декілька реєстрацій сигналу, можна визначити значення ТЕРС.

При протіканні електричного струму від точки A до C одержимо в точках під'єднання DF електричну напругу, яку можна записати так

$$U'_{DF} = I \cdot r + E_{T1}, \quad (5)$$

де $I \cdot r$ – спадок напруги на ділянці DF ; E_{T1} – ТЕРС, яку розвиває термопара DBF .

У разі пропускання електричного струму від точки C до точки A матимемо

$$U''_{DF} = -I \cdot r + E_{T2}. \quad (6)$$

Оскільки сумарний опір ділянки кола $-r$ – між точками D і F можна вибрати достаньо малим при діаметрі термоелектродів 0,5 мм і більше, то і його зміна зі зміною температури мало впливатиме на U_{DF} . Зміну U_{DF} за (5) в часі можна зобразити залежністю, наведеною на рис. 3, це крива $-a$ – і за (6) це крива $-b$.

З настанням регулярного режиму і вимірявши напруги U'_{DF} і U''_{DF} , можна обчислити значення E_{T1} і E_{T2}

$$U'_{DF} + U''_{DF} = E_{T1} + E_{T2} \quad (7)$$

$$E_{T1} = E_{ХК} + E_{\pi},$$

$$E_{T2} = E_{ХК} - E_{\pi}$$

де $E_{ХК}$ – ТЕРС термопари від дії тепла Джоуля; E_{π} – ТЕРС термопари від дії ефекту Пельтьє.

$$\begin{cases} E_{T1} + E_{T2} = 2E_{ХК} \\ E_{T1} - E_{T2} = 2E_{\pi} \end{cases} \quad (8)$$

Очевидно, що внесок E_{π} в E_{T1} і E_{T2} не є однаковим через різні причини неоднакових за значенням умов теплообміну робочого спаю B (рис. 2) з середовищем, в якому вимірюється температура, а також з термоелектродами термопари при охолодженні і нагріванні спаю. Це можна зробити тільки за певних умов.

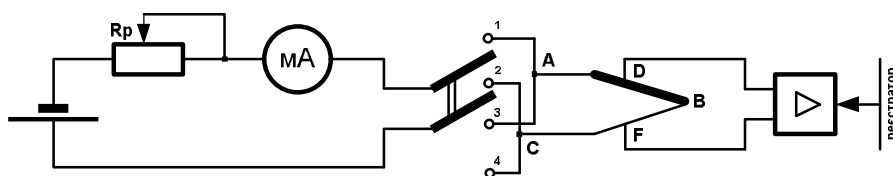


Рис. 2. Схема реєстрації ефекту Пельтьє

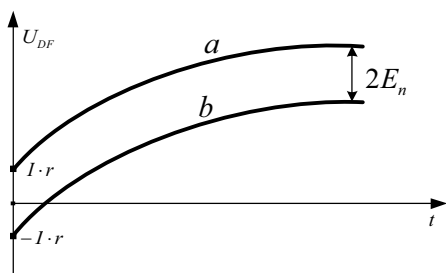


Рис. 3. Зміна напруги між точками D і F в часі, при пропусканні струму в різних напрямках

За такого наближення можна обчислити значення коефіцієнта ТЕРС - α – термопари, а також значення коефіцієнта Пельтьє - π – для температури - T – за формулою (1).

Вплив умов теплообміну на значення ТЕРС, що розвивається від ефекту Пельтьє (взявши до уваги, що в однакових умовах теплообміну нагрівання і охолодження робочого спаю при рівних значеннях струму, але різної полярності, приводить до рівного за

абсолютним значенням зміни температури) потрібно провадити за дещо іншою вимірювальною схемою.

Висновок. Наведений алгоритм дослідження ефекту Пельтьє дає можливість здійснювати ідентифікацію НСХ термоелектричних перетворювачів з відповідними умовами теплообміну.

1. Луцик Я.Т., Буняк Л.К., Рудавський Ю.К., Стадник Б.І. *Енциклопедія термометрії*. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2003. – 428 с.
2. Белевцев А., Богатов В., Коржавин А., Петров Д., Улановский А. *Термоэлектрические преобразователи температуры. Теория, практика, развитие*. <http://www.cta.ru>.
3. Луцик Я.Т., Гук О.П., Лах О.І., Стадник Б.І. *Вимірювання температури: теорія та практика*. – Львів: Бескид-Біт, 2006. – 580 с.
4. Бабишев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. и др. *Физические величины. Справочник / Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З.* – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 628 с.
5. <http://speedhardware.euro.ru/holod.htm>.

УДК 537.32

ПРИСТРІЙ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ВІЛЬНИХ КІНЦІВ ПЕРВИННИХ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Оксана Бойко¹, Зенон Готра^{2,3}, Олександра Готра¹, Наталія Костів³, 2010

¹ Львівський національний медичний університет ім. Д.Галицького, кафедра медичної інформатики, 79010, м. Львів, вул. Пекарська, 69

² Жешівська політехніка, республіка Польща

³ Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра електронних приладів, вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Запропоновано пристрій компенсації температури вільних кінців термоелектричних перетворювачів з температурозалежним джерелом живлення.

Предложено устройство компенсации температуры свободных концов термоэлектрических преобразователей с температурозависимым источником питания.

Had offered the device of compensation temperature of the thermoelectric converters free terminals with temperature dependent power source.

Вступ. Температура є важливим параметром технологічних процесів у різних галузях промисловості. Функціонування таких галузей виробництва, як металургія, енергетика, авіаційна та космічна техніка, видобування та транспортування нафти й газу, експлуатація атомних та теплових електростанцій значною мірою

залежать від достовірного вимірювання температури. Від точності вимірювання і контролю температури істотно залежить якість продукції, що випускається, а також безпека роботи окремих енергетичних об'єктів. Для вимірювання і контролю температури широко використовують первинні термоелектричні перетворювачі.