

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТУ ПЕЛЬТЬЄ В ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

© В.Столярчук, 2011

Національний університет «Львівська політехніка», вул.С.Бандери,12, 79013, Львів. Україна.

В статті приведені результати дослідження ефекту Пельтьє в термоелектричних перетворювачах ХК.

В статье приведены результаты исследования эффекта Пельтье в термоэлектрических преобразователях ХК.

Results of the Peltier effect research in Ch-Co thermoelectric transducers are notified in the article.

В сучасній термометрії широкого застосування знайшов ефект Зеєбека, що реалізовується в термоелектричних перетворювачах. Робота термоелектричного перетворювача при високих температурах в різних середовищах приводить до змін номінально-статичної характеристики (НСХ), а деколи до значних змін, що обумовлює великі похибки вимірювання температури [1].

Поряд з ефектом Зеєбека існує ще два ефекти, котрі між собою пов'язані фізично, це ефект Пельтьє і Томсона. Останні два ефекти в практичній термометрії не використовувалися.

Враховуючи, що зміни НСХ в багатьох випадках є суттєвими, а умови експлуатації термоелектричних перетворювачів є такими, що не дозволяють демонтувати перетворювачі з об'єкту для калібрування чи перевірки метрологічних характеристик, постає питання: чи можна використати ефект Пельтьє для цієї мети.

Вирішення цієї задачі лежить в площині співвідношення теплового обміну термоелектричного перетворювача з об'єктом вимірювання та тепловими процесами в самих термоперетворювачах. На рис.1 [2] схематично зображені теплові процеси в термопарі під час проходження електричного струму. На рис.1а зображені теплові процеси при пропусканні струму від додатнього термоелектроду до від'ємного і на рис.1б навпаки.

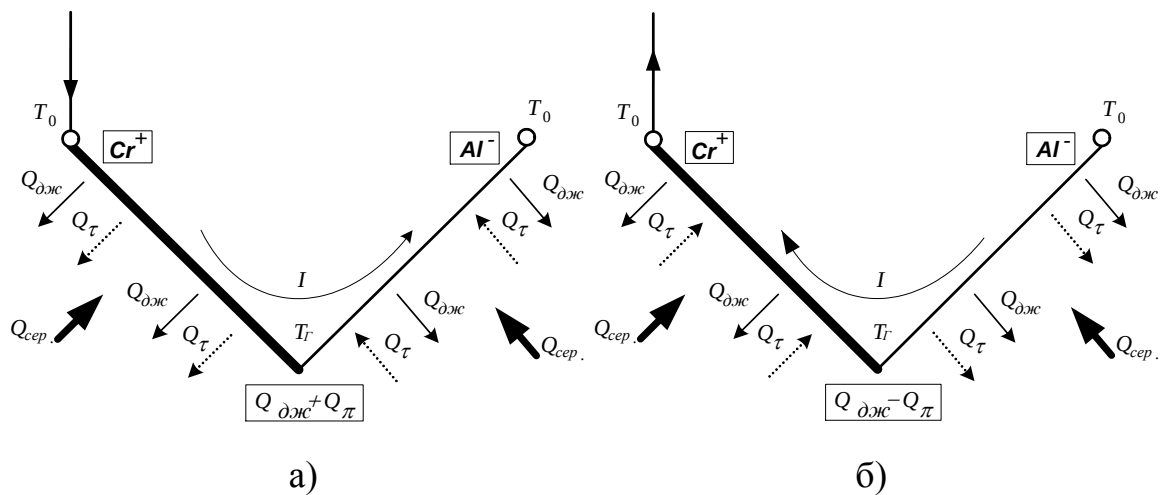


Рис.1 Теплові процеси в термоелектричному перетворювачі при пропусканні по термоелектронах постійного струму

Оскільки т.е.р.с. термоелектричного перетворювача залежить від різниці температур між гарячим і холодним кінцями, то з цієї точки зору нас в найбільшій мірі цікавить співвідношення $Q_{дж}$ і Q_{π} . Виділення (поглинання) тепла Q_{π} може служити тестовим сигналом для визначення зміни т.е.р.с. перетворювача. Очевидно, що $Q_{дж}$ і Q_{π} визначаються значенням струму через перетворювач. Обґрунтованих рекомендацій з вибору струму для металевих термоперетворювачів поки що немає. Для реєстрації температури гарячого спаю перетворювача бажано, щоб Q_{π} переважало $Q_{дж}$.

На рис.2 подані співвідношення для $Q_{дж}$ і Q_{π} в залежності від значення струму та температури гарячого кінця термоперетворювача. $Q_{дж}$ залежить від значення струму та опору R термоелектродів.

$$Q_{дж} = I^2 R, \text{ а } Q_{\pi} = \Pi I$$

Значення опору термоелектродів приймалося рівним 0,1 Ом. Це значення опору практично легко забезпечити вибором потрібного діаметру термоелектродів.

На сьогодні майже відсутні результати досліджень ефекту Пельтьє в металевих термopарах. Термоелектричні перетворювачі мають найбільше практичне використання. Можливість використання ефекту Пельтьє, як тестового сигналу при тестуванні метрологічних характеристик термоелектричних перетворювачів є надзвичайно актуальною задачею.

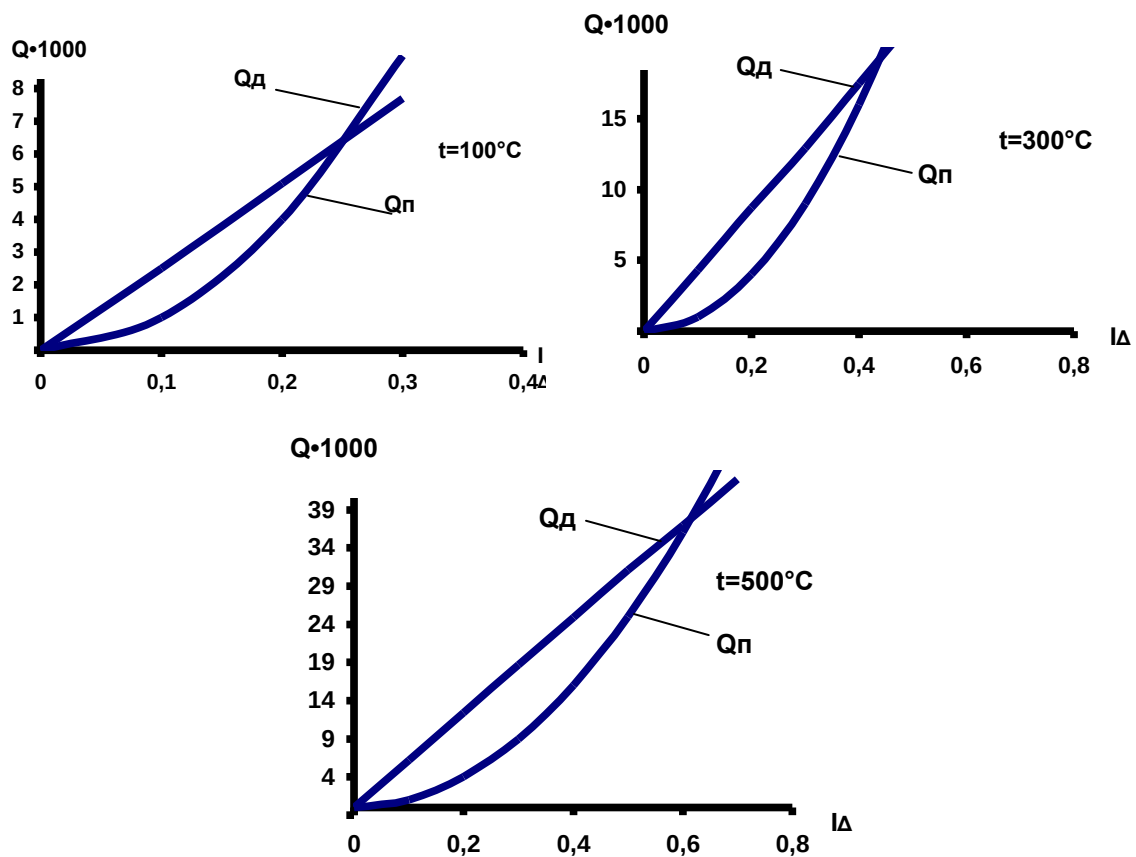


Рис.2 Залежності $Q_{дж}$ і $Q_{п}$ від значення струму при різних температурах об'єкту вимірювання

Одним із основних питань, що виникають в метрології вимірювання температури при використанні ефекту Пельтьє є:

- встановлення значень струму в залежності від опору термоелектронів для забезпечення найбільшої різниці між теплотою від ефекту Джоля і ефекту Пельтьє;
- встановити залежності виділення і поглинання тепла Пельтьє в залежності від температури середовища, в якому знаходиться робочий спай термопари;
- встановити залежності впливу розмірів спаю термопари на зменшення впливу температури середовища на т.е.р.с. від ефекту Пельтьє.
- формування вимірювальної схеми для найбільш ефективного визначення значень ефекту Пельтьє в металевих термопарах.

Критерієм вибору значення струму через робочий спай перетворювача може бути максимальне відношення $Q_{дж}/Q_{п}$, тобто

$$Q_{п}/Q_{дж} \rightarrow \max, \text{ або } \frac{\Pi}{R_i I} \rightarrow \max$$

Співвідношення між $Q_{п}$ і $Q_{дж}$ при різних значеннях струму який протікає по термоелектродах перетворювача та при різних температурах об'єктів, де вимірюється температура подані на рис.2

Якщо для термоелектричного перетворювача ХК при 100°C коефіцієнт Пельтьє має значення 25,7 мВ, то значення RI повинно бути значно меншим, щоб вплив теплоти, що виділяється від ефекту Джоуля не впливало на нагрівання чи охолодження робочого спаю від ефекту Пельтьє.

Проведені дослідження свідчать, що вплив ефекту Джоуля на процес охолодження робочого спаю від ефекту Пельтьє є суттєвим і залежить від діаметру термоелектродів і температури робочого спаю.

Нами проведені вимірювання напруги на кінцях термоелектричного перетворювача за схемою, зображеною на рис.3.

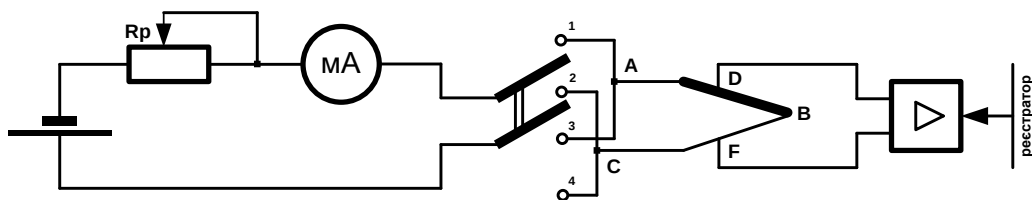


Рис.3 Схема реєстрації ефекту Пельтьє

Електричний струм пропускався через спай термоперетворювача в протилежних напрямках. Час проходження струму визначався за встановленням незмінних показів термоперетворювача. В цей момент часу реєстрували значення напруги U_1 і U_2 :

$$\begin{aligned} U_1 &= IR + E_{\Sigma 1} \\ U_2 &= -IR + E_{\Sigma 2} \end{aligned}, \quad (1)$$

де I - значення струму; R – опір термоелектронів на ділянці DBF; $E_{\Sigma 1}$ і $E_{\Sigma 2}$ – т.е.р.с. при двох напрямках струму від ефектів Джоуля і Пельтьє, $E_{\Sigma 1}$ і $E_{\Sigma 2}$ вимірювали при виключеному струмі.

$$\begin{aligned} E_{\Sigma_1} &= E_T + E_{\Pi} \\ E_{\Sigma_2} &= E_T - E_{\Pi} \end{aligned} \quad (2)$$

де E_T – т.е.р.с. термоелектричного перетворювача, що генерується від впливу ефекту Джоуля;

E_{Π} – т.е.р.с., що генерується від впливу (нагрівання, охолодження) ефекту Пельтьє.

Тоді

$$E_{\Sigma_1} + E_{\Sigma_2} = 2E_T, \quad (3)$$

$$E_{\Sigma_1} - E_{\Sigma_2} = 2E_{\Pi} \quad (4)$$

Одержані результати досліджень ефекту Пельтьє для термоелектричних перетворювачів ХК, що виготовлені з термоелектродів різних діаметрів при кімнатній температурі зведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень т.е.р.с. від ефекту Пельтьє

Термоперетворювач	Діаметр термоелектродів, мм	I, А	E_{Π} , мВ
ХК	0,25	0,01	1,46
		0,05	2,84
		0,10	1,56
		0,15	1,25
		0,2	0,83
	1,6	0,01	0,36
		0,05	0,78
		0,10	0,45
		0,15	0,31
		0,2	0,19
		0,25	0,08

Висновок. Для забезпечення можливості реєстрації ефекту Пельтьє в металевих термоелектричних перетворювачах потрібно вибирати певне значення струму яке визначається температурою об'єкту вимірювання та діаметром

термоелектронного дроту. Очевидно, що при великих теплових потужностях об'єкту, де вимірюється температура будуть виникати нові проблеми.

Для вимірювання т.е.р.с. від ефекту Пельтьє в умовах експлуатації потрібно синтезувати нові вимірювальні схеми та засоби реєстрації.

Література

1. Луцик Я.Т., Гук О.П., Лах О.І., Стадник Б.І. Вимірювання температури: теорія та практика. Львів: Бексід-Біт. -2006. -580ст.
2. В.Лозбін, В.Столярчук, А.Гук. вивчення властивостей термоелектричних перетворювачів з використанням ефекту Пельтьє. Вимірювальна техніка та метрологія. № , Львів, 2005т. –с.