



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110663** (13) **C2**

(51) МПК (2016.01)

G01K 15/00

G01K 1/14 (2006.01)

G01K 7/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

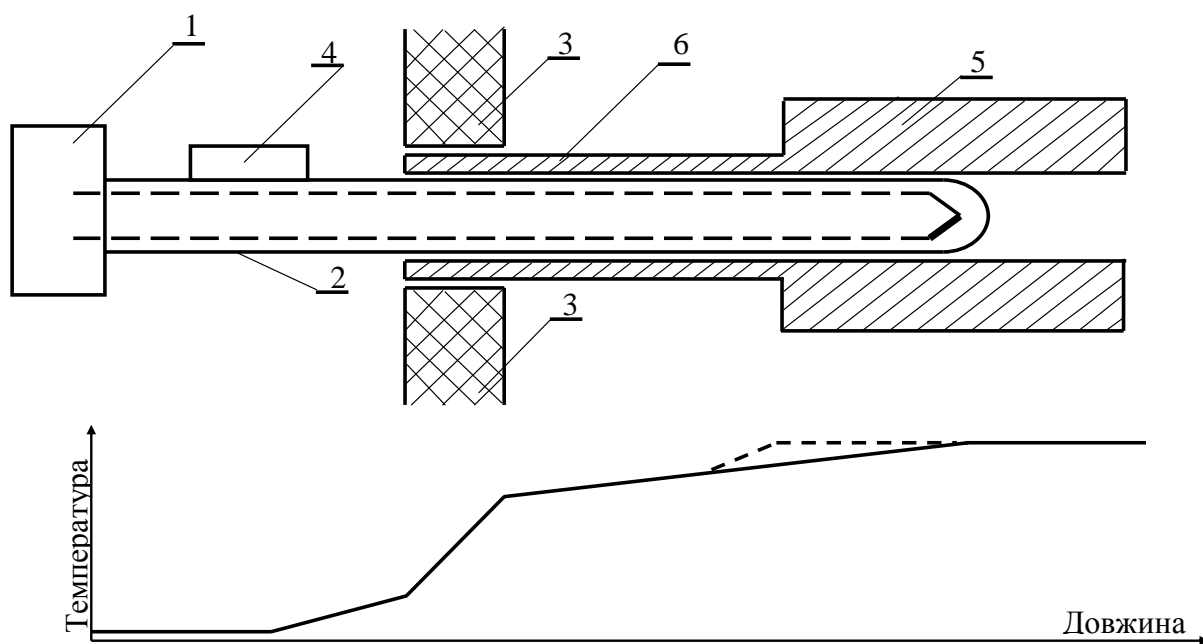
(21) Номер заявки:	а 2014 03896	(72) Винахідник(и):	Кочан Орест Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки:	14.04.2014	(73) Власник(и):	Кочан Орест Володимирович, вул. Львівська, 7, кв. 3, м. Тернопіль, 46009 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.01.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	Q Yang, R Kochan Investigation of Thermocouple's Drift Speed Influence on Error of their Heterogeneity Correction // Sensors & Transducers, 2013 URL: http://www.readperiodicals.com/201312/3259121951.html UA a200800167, 10.17.2009 Hiti M. et al. Measurement Device and Procedure for Thermocouple Inhomogeneity Detection // Elektrotehniski vesnik 72(4), 189-194, 2005 SU 1120185 A, 23.10.84 RU 2049313 C1, 27.11.1995 US 6449574 B1, 10.09.2002 UA 92192 C2, 11.10.2010 UA 38644 A, 15.05.2001
(41) Публікація відомостей про заявку:	27.10.2014, Бюл.№ 20		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.01.2016, Бюл.№ 2		

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ САМОДІАГНОСТИКИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

(57) Реферат:

Пропонований пристрій належить до засобів точного вимірювання середніх та високих температур і призначений для діагностики стану чутливих елементів (термопар) термоелектричних перетворювачів (ТЕП) під час їх експлуатації, зокрема, у високоточних системах вимірювання, контролю та керування температурою різних об'єктів (термоагрегатів). Пристрій для самодіагностики термоелектричного перетворювача на місці експлуатації містить закріплений у зоні вільних кінців термоелектричного перетворювача пристрій його переміщення вздовж осі та фіксації. При цьому робочий кінець термоелектричного перетворювача розміщено у термоізолюючій, виконаному у вигляді товстостінної металевої труби, яка кріпиться до стінки об'єкта вимірювання температури за допомогою тонкостінної труби. Обидві труби співвідносять зовнішньому діаметру чохла термоелектричного перетворювача, а їх внутрішні діаметри відповідають зовнішньому діаметру чохла термоелектричного перетворювача. Технічним результатом винаходу є створення пристрою самодіагностики стану (ступені деградації) електродів термопар, що входить у стандартизований ТЕП, на місці експлуатації без демонтажу та без використання еталонних (взірцевих) засобів.

UA 110663 C2



Пропонований пристрій належить до засобів точного вимірювання середніх та високих температур і призначений для діагностики стану чутливих елементів (термопар) термоелектричних перетворювачів (ТЕП) під час їх експлуатації, зокрема, у високоточних системах вимірювання, контролю та керування температурою різних об'єктів (термоагрегатів).

Основою ТЕП є термопара [1], що являє собою два провідники (термоелектроди), виготовлені з різних металів або сплавів, з'єднані (спаяні, зварені або склепані) одними з кінців (це з'єднання називають робочим кінцем). Інші, не з'єднані між собою кінці, називають вільними кінцями. ТЕП [1, 2] звичайно містить термопару, захисний чохол, ізоляційні (звичайно, керамічні) втулки (буси) та головку, в якій розміщені контакти (клеми), до яких під'єднують вільні кінці термопар і які служать виходом ТЕП (з їх допомогою останній вмикається у вимірювальне коло). Різні типи ТЕП забезпечують вимірювання температури в діапазоні від мінус 50 до 2500 °С. Порівняно з іншими давачами, ТЕП забезпечують на сьогодні вищу точність вимірювання температур вище 700 °С в промисловості, на транспорті та наукових дослідженнях, в умовах, коли через властивості об'єкта вимірювання (відмінність властивостей об'єкта від абсолютно чорного тіла) або оточуючого середовища (присутність диму або парів, відсутність прямого оптичного доступу), оптичні пірометри (які вимірюють температуру за випромінюванням об'єкта вимірювання) мають високі методичні похибки.

Однак границя основної допустимої похибки термопар досить велика. Наприклад, для термопар типу ПП (платина - платина +10 % родію), що на сьогодні мають найвищу точність, границя основної допустимої похибки при 1000 °С досягає 2,4 °С [2, 3]. Термопар з неблагородних металів мають в 2...3 рази вищі похибки. Наприклад, для термопар типу ХА (хромель - алюмель) границя основної допустимої похибки при 1000 °С досягає 7,4 °С [2, 3]. Крім того, функція перетворення (ФП) термопар не залишається незмінною - в процесі експлуатації, під час тривалої дії високих температур, електроди термопар деградують за рахунок окислення, дифузії домішок, росту міжкристалічних напружень тощо [4, 5]. Ця деградація проявляє себе, згідно з [4-6], як часова зміна (дрейф) ФП термопар (може перевищувати границю основної допустимої похибки в декілька разів, див. [2, 6, 7]), так і як похибка від набутої термоелектричної неоднорідності [8].

Справа в тому, що швидкість дрейфу ФП термопар значною мірою визначається температурою, при якій вони експлуатуються [2, 6, 7]. Тому різні ділянки електродів термопар, які знаходяться в зоні градієнта температурного поля (тобто саме ті ділянки, які генерують термо-е.р.с.), дрейфують по-різному. Якщо ділянки, що експлуатувалися при одній температурі (якій відповідало деяке значення дрейфу ФП кожної ділянки), в результаті зміни профілю температурного поля об'єкта вимірювання температури перейдуть в іншу температуру, то зміняться значення їх похибки від дрейфу ФП. Це означає, що зміниться сумарна термо-е.р.с. термопар, незважаючи на те, що температура робочого і вільних кінців не змінилася. Таке явище називається похибкою від набутої в процесі тривалої експлуатації термоелектричної неоднорідності електродів термопар. Ця похибка вважається одною з найбільш небезпечних [9, 10], її наявність привела до надто категоричного висновку, що похибку термопар коригувати взагалі неможливо [8].

Однак, якщо коригуючу поправку визначати на місці експлуатації ТЕП, при умові стабільності профілю температурного поля об'єкта вимірювання температури, деградація термоелектродів проявляє себе лише як часовий дрейф. Для його корекції запропоновано ряд технічних рішень.

У [11] було запропоновано калібрування ТЕП за допомогою температурного калібруатора, який являє собою розміщену поряд з робочим кінцем термопар капсулу, де знаходиться невелика кількість чистого металу або сплаву з відомою температурою фазового переходу (плавлення або затвердіння). При калібруванні, під час стаціонарного нагріву або охолодження, на вихідній термо-е.р.с. ТЕП створюється "плато" - тимчасово термо-е.р.с. не змінюється через те, що вся теплота споживається (при плавленні) фазовим переходом (або виділяється при затвердінні). Тому вихідна термо-е.р.с. ТЕП не змінюється. За значенням термо-е.р.с. "плато" та відомою температурою фазового переходу можна визначити похибку вимірювального каналу, який містить ТЕП, що калібрується, та використати її для корекції похибки вимірювання температури [12]. Але таке калібрування для термопар, що мають значну набуту термоелектричну неоднорідність, необхідно проводити після кожної зміни профілю температурного поля об'єкта. Крім того, температурні калібруатори не випускаються.

У [13] було запропоновано проводити перевірку робочого ТЕП на місці його експлуатації за допомогою еталонного (взірцевого) ТЕП, що вставляється в спеціальний канал робочого ТЕП. Перевагою такого рішення є те, що еталонні (взірцеві) ТЕП випускаються, а недолік –

необхідність перевірки після кожної зміни профілю температурного поля об'єкта – залишається аналогічним до [11].

Спільним недоліком технічних рішень [11-13] є те, що вони вимагають використання на місці експлуатації еталонних (взірцевих) засобів вимірювання (температурного калібратора або ТЕП), що викликає ряд проблем, зокрема, це суперечить діючим правилам експлуатації такого обладнання.

Для усунення цього недоліку у [14] було досліджено спосіб оцінки похибки термодатчиків на місці експлуатації за ефектом Пельтьє. При цьому під час оцінки похибки через термодатчик пропускають відомий постійний струм. Крім нагріву термоелектродів струмом (теплота Томпсона), за рахунок ефекту Пельтьє виникає додатковий нагрів або охолодження (залежно від напрямку струму) робочого кінця термодатчика. За відомим струмом і результатами вимірювання температури тестованою термодатчиком безпосередньо після проходження струму через неї можна обчислити поточне значення чутливості термодатчика, а тим самим визначити її похибку в умовах експлуатації.

Проведені у [14] дослідження показали, що при оцінці похибки термодатчиків на місці експлуатації за допомогою ефекту Пельтьє необхідно враховувати поточну тепловіддачу робочого кінця термодатчика, тому слід провести попередні дослідження ТЕП під час приймальних випробовувань. Оцінка невиключеної похибки визначення похибки термодатчика таким способом у [14] не проведена. Але навіть побіжна оцінка такої похибки показує, що вона буде мати біля 20 складових, тому доцільність використання способів визначення похибки ТЕП за допомогою ефекту Пельтьє залишається не доведеною.

Прототипом пропонованого технічного рішення служить спосіб самодіагностики термодатчиків на місці експлуатації, запропонований в [15]. Про стан електродів термодатчика (ступінь їх деградації) судять за зміною генерованої цією термодатчиком термо-е.р.с. при тимчасовій заданій зміні профілю температурного поля вздовж її термоелектродів коли температура робочого кінця залишається сталою. Задану зміну профілю температурного поля створюють додатковим нагрівачем і контролюють додатковою термодатчиком. Далі визначають еквівалентний час експлуатації термодатчика шляхом співставлення результатів вимірювання зміни генерованої термодатчиком термо-е.р.с. з обчисленою сумарною зміною термо-е.р.с. всіх ділянок, на які розбита термодатчик. Складові згаданої сумарної зміни обчислюються відповідно до температури експлуатації кожної ділянки (температури до зміни профілю температурного поля), температури цих ділянок після зміни профілю температурного поля та часу експлуатації термодатчика (в даному випадку час експлуатації є шуканою змінною). Залежності для обчислення зміни термо-е.р.с. ділянок можна отримати шляхом обробки результатів попередніх експериментальних досліджень часового дрейфу ФП однотипних термодатчиків. Рівність вимірюваної зміни генерованої термодатчиком термо-е.р.с. та обчисленої сумарної зміни термо-е.р.с. всіх ділянок досягається для деякого часу експлуатації, який є еквівалентним часом експлуатації електродів термодатчика. При хороших умовах експлуатації ТЕП (крайніх за умови згаданих експериментальних досліджень) еквівалентний час експлуатації електродів його термодатчика буде меншим за фізичний (дійсний) час експлуатації. При експлуатації ТЕП у важких умовах (наявність забруднюючих домішок, різких перепадів температури тощо) еквівалентний час експлуатації електродів його термодатчика буде більшим за фізичний (дійсний) час експлуатації.

За значенням отриманого еквівалентного часу експлуатації термодатчика обчислюють похибку від часового дрейфу ФП термодатчика і похибку від неоднорідності її термоелектродів в даних умовах експлуатації та порівнюють ці похибки з допустимими значеннями. Відповідно до результатів самодіагностики (еквівалентного часу експлуатації та можливих похибок часового дрейфу та від набутої неоднорідності) приймають рішення про продовження експлуатації ТЕП або про його заміну.

Для реалізації цього способу в стандартизований ТЕП введено розміщений в зоні градієнта профілю температурного поля об'єкта вимірювання нагрівач, в центрі якого розміщено додаткову термодатчик. При цьому виводи нагрівача та додаткової термодатчика підключені до контактів головки термоелектричного перетворювача і далі – до входів (додаткова термодатчик) та виходів (нагрівач) системи регулювання температури. Для створення можливості використання стандартизованої головки ТЕП виводи нагрівача підключені до робочого кінця додаткової термодатчика і до одного з вільних кінців термодатчика, що вимірює температуру об'єкта. Для підвищення технологічності конструкції нагрівач реалізовано як напилене покриття довгої чотириканальної втулки (буси), зверху захищене тонким шаром високотемпературної емалі. Для розміщення додаткової термодатчика в центрі та на кінцях втулки зроблені вирізи, що відкривають доступ до двох каналів.

Прототип дає змогу реалізувати самодіагностику ТЕП (його чутливого елемента - термопари) на місці експлуатації, без використання еталонних (взірцевих) засобів. Єдиною умовою проведення самодіагностики є сталість температури робочого кінця за час проведення самодіагностики (10-30 хвилин залежно від діаметра термоелектродів), або настільки мала її зміна, що нею можна нехтувати. Про цю зміну можна судити за результатами вимірювання температури до і після самодіагностики, за незмінністю керуючого впливу (потужність нагріву відповідає значенню, характерному для незмінної температури об'єкта вимірювання) та відсутністю змін умов експлуатації об'єкта вимірювання (відкривання заслінок, завантаження або вивантаження об'єктів термооброблення).

Основним недоліком прототипу є неможливість самодіагностики стандартизованих ТЕП - для реалізації способу, запропонованого в [15], необхідно внести в конструкцію стандартизованого ТЕП відповідні зміни. Хоча ці зміни, як показано в [15], досить невеликі (використовуються майже всі деталі стандартизованого ТЕП), однак для самодіагностики ТЕП згідно з прототипом вони є обов'язковими.

Задачею винаходу є створення пристрою самодіагностики стану (ступеня деградації) електродів термопари, що входить у стандартизований ТЕП, на місці експлуатації без демонтажу та без використання еталонних (взірцевих) засобів.

Суть запропонованого пристрою полягає у тому, що ТЕП оснащують двома додатковими пристроями - переміщення ТЕП та термовирівнювачем. Пристрій переміщення ТЕП закріплений у зоні його вільних кінців і служить для його переміщення вздовж осі та фіксації. У термовирівнювачі розміщено робочий кінець ТЕП. Сам термовирівнювач виконаний у вигляді товстостінної металевої труби, яка кріпиться до стінки об'єкта вимірювання температури і служить для зменшення впливу на температуру робочого кінця ТЕП змін температури, викликаних градієнтом температури в середині об'єкта вимірювання та малих тимчасових змін температури об'єкта вимірювання (при великих змінах температури об'єкта вимірювання результати самодіагностики необхідно ігнорувати як помилкові). Кріплення термовирівнювача до стінки об'єкта вимірювання можна реалізувати за допомогою, наприклад, тонкостінної труби, співвісної з чохлам діагностованого ТЕП та термовирівнювачем (можливі інші варіанти кріплення). В такому випадку внутрішні діаметри тонкостінної труби та термовирівнювача повинні відповідати зовнішньому діаметру чохла ТЕП.

Запропонований пристрій, як і прототип, базується на тому, що, згідно з [16], часовий дрейф та похибка від набутої неоднорідності є різними проявами одного процесу - деградації електродів термопари. Ці прояви тісно пов'язані - для однієї і тієї ж термопари максимальне значення часового дрейфу її ФП рівне максимальному значенню похибки, викликаному набутою неоднорідністю її електродів.

Згідно з [16], часовий дрейф термо-е.р.с. термопари $E_{\Sigma DR}^T$, одержаний в результаті експериментальних досліджень однотипних термопар в аналогічних умовах експлуатації, описується функцією

$$E_{\Sigma DR}^T = \sum_{i=1}^n E_{DRi} = \sum_{i=1}^n \varphi_i(t_{Ei}, t_{Di}, \tau), \quad (1)$$

де n - номер ділянки, на які умовно розбита термопара (умовою розбиття є настільки мала різниця часових дрейфів для температур кінців ділянок, що цією різницею можна нехтувати); t_{Ei} - температура експлуатації i -тої ділянки, причому $i = \overline{1, n}$; t_{Di} - температура, в якій ділянка опинилася після зміни профілю температурного поля; τ - фізичний час експлуатації ділянок, тобто термопари в цілому.

При зміні профілю температурного поля отримано експериментальне значення зміни генерованої термопарою термо-е.р.с. $\Delta E_{\Sigma NEOD}^E$, викликане термоелектричною неоднорідністю її електродів (якщо би електроди були однорідними, то зміна $\Delta E_{\Sigma NEOD}^E$ була би близькою до нуля, такий результат можна отримати на початку експлуатації термопари, коли електроди термопари ще практично однорідні). Для даних умов експлуатації обчислимо також згідно з (1), теоретичне значення цієї зміни $\Delta E_{\Sigma DR}^T$, що відповідає новим значенням t_{Ei} та t_{Di} (в цьому випадку $t_{Di} \neq t_{Ei}$). Якщо температура робочого кінця стала, то зміна генерованої термо-е.р.с. $\Delta E_{\Sigma NEOD}^E$ рівна похибці неоднорідності діагностованої термопари.

Як відомо з [16], похибки неоднорідності та часового дрейфу є проявами одного і того ж явища (деградації електродів термопар), крім того, вони можуть бути обчислені на основі (1).

При обчисленні часового дрейфу, згідно з [16], слід прийняти $t_{Di} = t_{Ei}$, а змінною буде час експлуатації τ . При обчисленні похибки від набутої неоднорідності для деякого фіксованого часу $\tau = \text{const}$, що відповідає моменту зміни профілю температурного поля, слід враховувати, що $t_{Di} \neq t_{Ei}$.

Таким чином, в ідеальному випадку, повинна виконуватися рівність

$$\Delta E_{\Sigma \text{NEOD}}^E = \sum_{i=1}^n \varphi_i(t_{Ei}, t_{Di}, \tau) - \sum_{i=1}^n \varphi_i(t_{Ei}, t_{Ei}, \tau). \quad (2)$$

Якщо рівність (2) справджується, то це означає, що діагностований ТЕП експлуатується в умовах, які в цілому відповідають умовам дослідження однотипних ТЕП. Якщо рівність (2) не справджується, то відрізняються або умови експлуатації діагностованого ТЕП від умов досліджень аналогічних ТЕП, або індивідуальні властивості діагностованого ТЕП від досліджуваних. В обох випадках можна знайти такий еквівалентний час τ_E експлуатації діагностованого ТЕП (точніше його чутливого елемента - термопари), який відповідав би (з точки зору ступеня деградації електродів цієї термопари) часу експлуатації досліджуваних однотипних ТЕП (а значить і похибки діагностованої термопари відповідали би похибкам досліджуваних однотипних термопар). Умову, що дозволяє визначити еквівалентний час експлуатації τ_E можна сформулювати наступним чином

$$\Delta E_{\Sigma \text{NEOD}}^E - \sum_{i=1}^n \varphi_i(t_{Ei}, t_{Di}, \tau_E) - \sum_{i=1}^n \varphi_i(t_{Ei}, t_{Ei}, \tau_E) \rightarrow 0. \quad (3)$$

Значення τ_E з умови (3) може бути знайдене довільним способом. Якщо функції φ_i задані аналітично та є однорідними, доцільне аналітичне знаходження τ_E . В іншому випадку можна застосувати довільні чисельні методи (поділу відрізка навпіл, Ньютона, хорд тощо). Слід відзначити, що похибка визначення τ_E , відносно похибки вимірювання температури, є похибкою другого ступеня малості, тому висока точність його знаходження не потрібна.

Знаючи еквівалентний час експлуатації термопари τ_E можна визначити за допомогою (1) відповідні до цього часу максимальні межі часового дрейфу ФП термопари та максимальну похибку від набутої неоднорідності при характерних для даного об'єкта вимірювання змінах профілю температурного поля, а також прийняти рішення про заміну ТЕП (в цілому або, при можливості, лише його термопари). Зібрати часткові дані про характерні зміни профілю температурного поля можна шляхом попередніх досліджень розподілу температури на місці встановлення ТЕП.

В прототипі зміну профілю температурного поля створюють за рахунок нагріву ділянок термопари, що вимірює температуру об'єкта, за допомогою додаткового нагрівача, який повинен знаходитися в зоні максимального градієнта профілю температурного поля. Введення цього нагрівача, а також додаткової термопари, яка контролює зміну його температури, поперше, ускладнює конструкцію ТЕП, і, по-друге, не дозволяє проводити таким пристроєм самодіагностику стандартизованих ТЕП. В пропонованому пристрої зміна профілю температурного поля проводиться за рахунок зміни глибини занурення ТЕП. Тому немає необхідності введення в склад ТЕП додаткових елементів, проводити за допомогою пропонованого пристрою самодіагностику стандартизованих ТЕП цілком можливо.

Конструктивну схему пристрою, що реалізує пропонований пристрій, ілюструє фіг. 1. На ній представлено стандартизований ТЕП, що складається з головки 1 та чохла 2, розміщений в стінці 3 об'єкта вимірювання температури. Термопара, яка є чутливим елементом ТЕП і розміщена у чохлі 2, показана штриховими лініями. До чохла 2 прикріплено пристрій 4 переміщення вздовж осі та фіксації стандартизованого ТЕП. Робочий кінець стандартизованого ТЕП розміщено у термовирівнювачі 5, виконаному у вигляді товстостінної металевої труби, що забезпечує високу теплопровідність. Термовирівнювач 5 кріпиться до стінки 3 об'єкта вимірювання температури за допомогою тонкостінної труби 6, співвісної з трубою термовирівнювача 5 та чохлом діагностованого термоелектричного перетворювача 2. При цьому внутрішні діаметри труб термовирівнювача 5 та тримача 6 відповідають зовнішньому діаметру чохла 2 діагностованого ТЕП.

Внизу на кресленні показано приблизний профіль температурного поля об'єкта вимірювання температури. Як видно з кресл., максимальний градієнт профілю температурного поля

припадає на ділянки діагностованого ТЕП, що знаходяться у зоні термоізолюючої стінки об'єкта вимірювання температури.

Під час проведення самодіагностики спочатку вимірюють термо-е.р.с. термопари ТЕП при дії профілю температурного поля об'єкта вимірювання температури, при якому ТЕП постійно експлуатується. Потім пристрій 4 переміщує ТЕП вздовж осі та фіксує у новому профілі температурного поля (самодіагностики). Ділянки термопари, що генерували термо-е.р.с., тобто знаходилися в зоні градієнта температурного поля, змінюють свою температуру. Відповідно, якщо ФП цих ділянок не змінювалися через тривалу експлуатацію (не деградували), то їх ФП однакові, генерована термо-е.р.с. зміниться мало (лише через наявність малої початкової неоднорідності електродів термопари, розглянутої, наприклад, у [17]). Якщо ФП цих ділянок змінилися через тривалу експлуатацію (деградували), то їх ФП не однакові, генерована термо-е.р.с. зміниться відповідно до ступеня деградації цих ділянок (проявить себе набута в процесі експлуатації термоелектрична неоднорідність електродів термопари, розглянута, наприклад, у [8, 16]). Вимірявши цю термо-е.р.с. (при зміненому за рахунок осьового переміщення діагностованого ТЕП профілі температурного поля) та порівнявши її з попередніми результатами вимірювання (у профілі температурного поля постійної експлуатації ТЕП), можна судити про ступінь деградації електродів термопари, що є чутливим елементом діагностованого ТЕП.

Щоби уникнути похибки від зміни температури робочого кінця термопари діагностованого ТЕП при зміні глибини його занурення (тобто впливу на результат самодіагностики профілю температурного поля в зоні робочого кінця діагностованого ТЕП) використано термовирівнювач 5. За рахунок високої теплопровідності металу, з якого він виготовлений, він вирівнює профіль температурного поля в зоні робочого кінця діагностованого ТЕП (як це показано штриховими відрізками на графіку внизу кресл.). Для підвищення ефективності вирівнювання температури термовирівнювач 5 повинен мати достатню товщину та хороший тепловий контакт з діагностованим ТЕП. Одночасно термовирівнювач 5 не повинен значно збільшувати тепловий зв'язок робочого кінця ТЕП із зовнішнім середовищем через те, що це приведе до похибки вимірювання температури - такий тепловий зв'язок буде знижувати температуру робочого кінця ТЕП. Тому термовирівнювач 5 кріпиться до стінки 3 об'єкта вимірювання температури тонкостінною трубою, яка забезпечує лише достатню механічну жорсткість кріплення термовирівнювача 5. Крім того, масивний термовирівнювач 5 зменшує вплив малих тимчасових змін температури об'єкта вимірювання, які впливають на експериментальне значення зміни генерованої термопарою термо-е.р.с. $\Delta E_{\Sigma \text{NEOD}}^E$. Результат визначення $\Delta E_{\Sigma \text{NEOD}}^E$, на який впливає не тільки набута термоелектрична неоднорідність електродів термопари, викликає похибку визначення еквівалентного часу експлуатації діагностованого ТЕП (точніше його термопари) та знижує достовірність самодіагностування. Тому при великих змінах температури об'єкта вимірювання результати самодіагностики необхідно ігнорувати як недостовірні (помилкові).

Як видно із представленого вище, запропонований пристрій забезпечує самодіагностику стандартизованих ТЕП і має нескладну конструкцію.

При такій самодіагностиці немає необхідності використання взірцевих засобів, вона може бути проведена практично в довільний момент, єдиною умовою її проведення є сталість температури об'єкта вимірювання на час проведення самодіагностики (для термопар з діаметром електродів до 1,5 мм - 10...15 хвилин). Тому така самодіагностика може бути широко використана для підвищення метрологічної надійності систем вимірювання та керування температурою різноманітних термоагрегатів, особливо тих, які вимагають високої точності підтримання температурних режимів. Також запропонований пристрій доцільно використовувати у вимірювальних та керуючих системах, давачі яких працюють в складних, слабо вивчених умовах, при наявності агресивних речовин, які можуть відносно швидко змінити ФП термопар. В цих умовах самодіагностика може значно підвищити метрологічну надійність вимірювальних та керуючих систем.

1. Гордов А.Н. Основы пирометрии / Гордов А.Н. - Москва: Металлургия, 1971. - 447 с.

2. Бычковский Р.В. Контактные датчики температуры / Р.В. Бычковский - Москва: Металлургия, 1978. - 240 с.

3. ГОСТ 3044-84. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статистические характеристики преобразования. - М.: Изд-во стандартов, 1984.

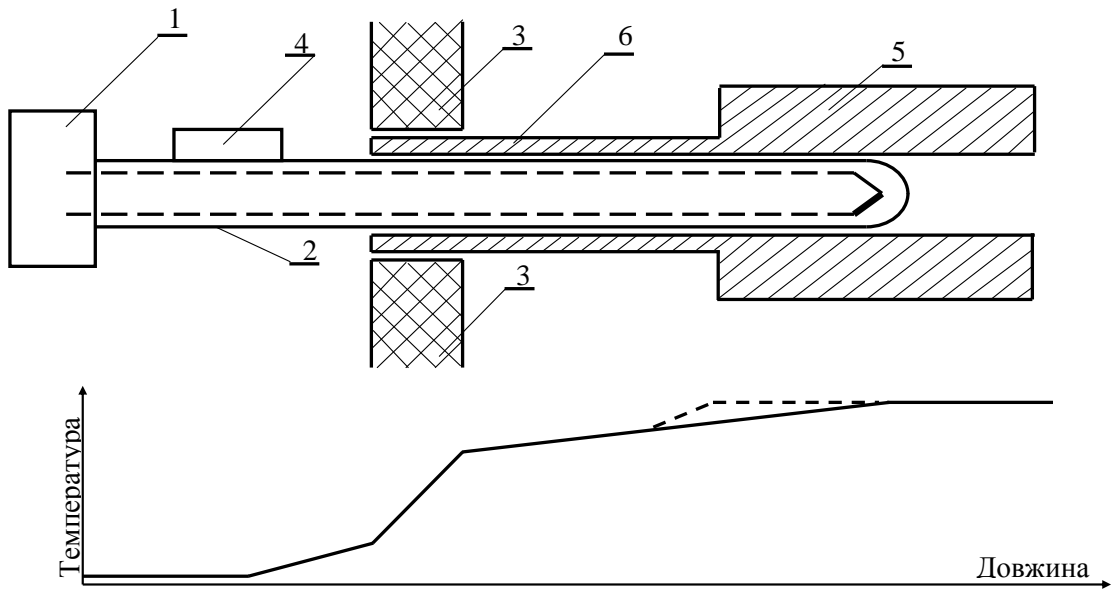
4. Куритный И.П. Материалы высокотемпературной термометрии / И.П. Куритный, Г.С. Бурханов, Б.И. Стадник. - Москва: Металлургия, 1986. - 205 с.

5. Павлов Б.П. Термоэлектрическая неоднородность электродов термопар / Павлов Б.П. - Москва: Изд-во стандартов, 1979. - 109 с.

6. Датчики для измерения температуры в промышленности / Г.В. Самсонов, А.И. Киц, О.А. Кюздени и др. - Киев.:Наукова думка, 1972. - 223 с.
7. Рогельберг Н.А. Изменения термоэлектрической силы проволок из хромеля и алюмеля при нагреве на воздухе при 800 °С продолжительностью до 10000 ч. Том III. / Рогельберг Н.А., Пигидина Э.Н., Покровская Г.Н. и др. - Сб. Исследование сплавов для термопар. – Труды института Гипроцветметобработка. - Москва: Металлургия, 1969.
8. Киренков И.И. Некоторые законы термоэлектрической неоднородности/ И.И. Киренков // Исследование в области температурных измерений: Сб. тр. - Москва: ВНИИМ. - 1976. - С. 11-15.
9. Southworth D.J. Temperature Calibration with Isotech Block Baths / Southworth D.J. - Handbook of Isothermal Corporation Limited 1999.
10. Sloneker K.C. Thermocouple inhomogeneity / K.C. Sloneker // Ceramic industry. - Volume 159. - Issue number 4. - April 2009. P. 13-18.
11. Alf Hundves, Henz G. Buschfort. Self calibrating temperature sensing proube and proube-indicator combination-Unated State Patent 3.499.340. 73-1, G01-15/00.
12. Саченко А.А. Измерение температуры датчиками со встроенными калибраторами / А.А. Саченко, В.Ю. Мильченко, Кочан В.В. - Москва: Энергоатомиздат, 1986. - 96 с.
13. Пат. № 2262087, Российская федерация, МПК G01K 15/00. Способ бездемонтажной оценки достоверности показаний термоэлектрического преобразователя / Шевченко А.И., Каржавин В.А., Каржавин А.В., Белевцев А.В. - заявл. 10 октября 2005 г.
14. Столярчук В.П. Ідентифікація статичних та динамічних характеристик термоперетворювачів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня к.т.н. по спеціальності 05.11.04 - прилади та методи вимірювання теплових величин - Львів, 2012.
15. Пат. 200800167 Україна, МПК G01K 15/00. Спосіб корекції похибки головної термопари. / Кочан О.В., Кочан Р.В. - заявл. 03.01.2008.
16. Кочан О.В. Оцінка максимальної похибки неоднорідних термопар / О.В. Кочан, Р.В. Кочан, В.Я. Яскілка, Н.М.Васильків // Вісник Тернопільського Державного Технічного Університету. - 2007. - № 1-С. 122-129.
17. Бейлин В.М. Влияние термоэлектрической неоднородности на градуировочную характеристику термопар / В.М. Бейлин // Исследование сплавов для термопар. - Москва: Металлургия, 1976. - С. 87-95.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Пристрій для самодіагностики термоелектричного перетворювача на місці експлуатації, що містить закріплений у зоні вільних кінців термоелектричного перетворювача пристрій його переміщення вздовж осі та фіксації, який **відрізняється** тим, що робочий кінець термоелектричного перетворювача розміщено у термовирівнювачі, виконаному у вигляді товстостінної металевої труби, яка кріпиться до стінки об'єкта вимірювання температури за допомогою тонкостінної труби, причому обидві труби співвісні з чохлом діагностованого термоелектричного перетворювача, а їх внутрішні діаметри відповідають зовнішньому діаметру чохла термоелектричного перетворювача.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601