



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 84346

(13) C2

(51) МПК (2006)

G01K 15/00

G05D 23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ САМОКАЛІБРУВАННЯ ДАТЧИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) а200613674

(22) 25.12.2006

(24) 10.10.2008

(46) 10.10.2008, Бюл.№ 19, 2008 р.

(72) ІВАНОВА КАТЕРИНА ПЕТРІВНА, UA, КУРСЬКА ТЕТЯНА МИКОЛАЇВНА, UA, СИДОРЕНКО ГОРИСЛАВ СТЕПАНОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ", UA

(56) SU 1200145 A, 23.12.1985

SU 1700394 A1, 23.12.1991

US 4627740, 09.12.1986

US 3499310, 10.03.1970

CA 1021591, 29.11.1977

US 2854844, 07.10.1958

US 4011552, 08.03.1977

(57) 1. Спосіб самокалібрування контактних датчиків температури, за яким у калібраторі розташовують первинний датчик, що калібрується, відтворюють задану температуру шляхом плавлення реперних металів, при досягненні стану теплової рівноваги між первинним датчиком та реперним металом перетворюють датчиком тепловий вплив в електричні сигнали, за параметрами яких визначають характеристики датчика за допомогою вимірювального пристрою, який відрізняється тим, що вимірювання електричних сигналів первинного датчика здійснюють при стаціонарному температурному режимі, значення температури якого нижче від температур фазових переходів реперних металів, знаходять середнє значення вимірюваної величини термоерс чи опору датчика в двох температурних точках реперних металів, потім за допомогою інтерполяційного рівняння визначають індивідуальну статичну характеристику перетворення даного первинного датчика, за її допомогою визначають температурну залежність термоерс чи опору датчика при вимірюванні температури контрольованого середовища і роблять висновок про придатність або непридатність даного первинного датчика для температурних вимірювань, при цьому

- для платинових термодатчиків опору інтерполяційне рівняння для діапазону температур від 0°C до 600°C та  $W_{100}=1,3910$  визначають за формулою  $W_t = I + At + Bt^2$ ,

де  $W_t$  - відносний опір термодатчика, а коефіцієнти  $A$  та  $B$  визначають при калібруванні датчиків в двох реперних точках температури плавлення металів,

- для термоелектричних датчиків інтерполяційне рівняння для діапазону температур від мінус 50°C до 1064,18°C визначають за формулою

$$E = \sum_{k=0}^8 a_k t^k,$$

де  $E$  - термоерс датчика,

$a_0=0$ ,  $a_1=5,40313308631 \cdot 10^0$ ,  $a_2=1,25934289740 \cdot 10^{-2}$ ,

$a_3=-2,32477968689 \cdot 10^{-5}$ ,  $a_4=3,22028823036 \cdot 10^{-8}$ ,

$a_5=-3,31465196389 \cdot 10^{-11}$ ,  $a_6=2,55744251786 \cdot 10^{-14}$ ,

$a_7=-1,25068871393 \cdot 10^{-17}$ ,  $a_8=2,71443176145 \cdot 10^{-21}$ .

2. Пристрій для самокалібрування контактних датчиків температури, що складається з калібратора, який містить корпус, в якому розміщені мініатюрний тигель з реперним металом, нагрівальний елемент, встановлений на поверхні тигля, і термометричний канал, та вмонтованого в термометричний канал калібратора первинного датчика, що калібрується, який відрізняється тим, що додатково в калібратор введений тигель з іншим реперним металом, причому корпус калібратора виконаний з металу, тиглі виконані з матеріалу з високими теплопровідністю, електричним опором, хімічною стійкістю при високих температурах та трисках у агресивних середовищах, такого як монокристалічний окис алюмінію, тобто сапфір, або нітрід бору, а нагрівальний елемент виконаний у вигляді нагрівального кабелю, який розташований між корпусом та тиглем у окисі магнію, яким заповнений простір між корпусом та нагрівальним кабелем.

(13) C2

(11) 84346

(19) UA

Винахід належить до вимірювальної техніки, а саме до вимірювання температури методами контактної термометрії та може бути використаний при вимірюванні температур технологічних процесів у металургійному виробництві, в атомній енергетиці, коксохімічній та нафтопереробній галузях промисловості.

Відомий спосіб калібрування первинних датчиків, при якому розміщують датчик, який калібрується, разом з еталонним термометром у термостаті, відтворюють постійні значення температури у заданому діапазоні у термостаті, досягають стану теплової рівноваги між датчиком, еталонним термометром та термостатованим середовищем, перетворюють датчиком та термометром тепловий вплив в електричні сигнали, за параметрами яких визначають метрологічні характеристики датчика та термометра, за допомогою вимірювального пристрою. Цей спосіб реалізується у метрологічних центрах та у лабораторіях, акредитованих на право проведення повірки (калібровки) [1,2].

Загальними недоліками цього способу є неможливість проведення калібрувальних робіт безпосередньо у місцях експлуатації, без порушення технологічного режиму, особливо в важко досяжних місцях, у технічно необслуговуваних приміщеннях.

В якості прототипу використано спосіб калібрування за допомогою реперних точок [3]. Суть цього способу полягає у тому, що розташовують у калібраторі датчик, що калібрується, відтворюють задану температуру шляхом плавлення реперних металів, досягають стану теплової рівноваги між датчиком та реперним металом, перетворюють датчиком тепловий вплив в електричний сигнал, за параметрами якого визначають характеристики датчика за допомогою вимірювального пристрою [3].

До недоліків прототипу способу калібрування можна віднести відсутність можливості калібрування датчика з необхідною точністю та вірогідністю показів вимірювань при стаціонарному температурному режимі технологічного процесу, значення температури якого відрізняється від температур фазових переходів реперних металів.

В основу винаходу на спосіб поставлена задача підвищення точності та вірогідності вимірювання температури технологічного процесу у заданому температурному інтервалі за допомогою датчика, який самокалібрується. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в методі забезпечення самокалібрування датчиків температури, при якому розташовують у калібраторі датчик, що калібрується, відтворюють задану температуру шляхом плавлення реперних металів, досягають стану теплової рівноваги між датчиком та реперним металом, перетворюють датчиком тепловий вплив в електричний сигнал, за параметрами якого визначають характеристики датчика за допомогою вимірювального пристрою, згідно з пропозицією, вимірювання електричних сигналів датчика здійснюють при стаціонарному температурному режимі, значення температури якого відрізняється від температур фазових переходів ре-

перних металів, за допомогою інтерполяційних рівнянь для цих датчиків визначають індивідуальну статичну характеристику перетворювання даного датчика та за її допомогою розраховують температуру технологічного процесу, тобто визначають температурну залежність термо - е. р. с. чи опору датчика при вимірюванні температури контролюваного середовища:

- для платинових термоперетворювачів опору інтерполяційне рівняння для діапазону температур від 0°C до 600°C та  $W_{100} = 1,3910$  має вигляд

$$W_t = 1 + At + Bt^2 \quad (1)$$

Коефіцієнти А та В визначаються при калібруванні датчиків в двох реперних точках температури плавлення металів.

- для термоелектричних перетворювачів інтерполяційне рівняння для діапазону температур від мінус 50°C до 1064,18°C має вигляд

$$E = \sum_{k=0}^8 a_k t^k \quad (2)$$

$a_0=0$ ,  $a_1=5,40313308631 \cdot 10^0$ ,  
 $a_2=1,25934289740 \cdot 10^{-2}$ ,  
 $a_3=-2,32477968689 \cdot 10^{-5}$ ,  $a_4=3,22028823036 \cdot 10^{-8}$ ,  
 $a_5=-3,31465196389 \cdot 10^{-11}$ ,  $a_6=2,55744251786 \cdot 10^{-14}$ ,  
 $a_7=-1,25068871393 \cdot 10^{-17}$ ,  $a_8=2,71443176145 \cdot 10^{-21}$ .

Прототипом винаходу обрано пристрій [4], який являє собою калібратор, що складається з корпусу, в якому розташовано тигель з реперним металом, на поверхні тигля встановлено плівковий нагрівальний елемент, у реперному металі розміщено термометричний канал, в який вмонтовано датчик.

Недоліками прототипу є:

1). калібрування вимірювального датчика здійснюється в одній температурній точці, що призводить до зменшення вірогідності вимірювань температури технологічного процесу, який протікає у визначеному температурному інтервалі;

2). погіршення технічних характеристик плівкового нагрівального елемента при тривалому періоду експлуатації при температурах вище 600°C;

3). зміна структури матеріалу тигля з полікристалічного  $Al_2O_3$  при контакт з деякими реперними металами (наприклад, алюміній, мідь), в результаті дифузії реперного металу у матеріал тигля;

4). низька корозійна стійкість тигля з полікристалічного  $Al_2O_3$  при експлуатації у високотемпературному (більше 1000°C) агресивному середовищі.

В основу винаходу на пристрій поставлена задача підвищення точності та вірогідності вимірювання температури технологічного процесу у заданому температурному інтервалі при тривалій експлуатації та підвищення надійності матеріалу тигля.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в самокалібруючому датчику температурі, який являє собою калібратор, що складається з корпусу, в якому встановлено мініатюрний ти-

гель с реперним металом, нагрівального елемента, встановленого на поверхні тигля, термометричного каналу, в якому вмонтовано датчик, згідно з пропозицією, додатково введено тигель з іншим реперним металом, причому корпус виконано з металу, а тиглі зроблені з матеріалу, який має високі теплопровідність, електричний опір, хімічну стійкість при високих температурах та тисках у агресивних середовищах (наприклад, монокристалічний окис алюмінію (сапфір), нітрид бору), а нагрівач виконано у вигляді нагрівального кабеля, який розташовано між корпусом та тиглем у окису магнію. Запропонований спосіб самокалібровки характеризується наступними операціями:

- розташовують самокалібруючий датчик у контрольоване середовище зі стаціонарним температурним режимом;

- виводять температуру нагрівального елемента приблизно на  $5^{\circ}\text{C}$  вище температури плавлення першого реперного металу, значення якої відповідає мінімальному значенню температури контрольованого середовища;

- використовують дві швидкості нагріву:

- а) форсований режим -  $5^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$  до температури, яка складає 90% від температури плавлення реперного металу;

- б) м'який режим -  $1^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$ ;

- фіксують плато плавлення по стабілізації показань датчика;

- фіксують не менш трьох значень величини термо - е. р. с. або опору датчика, які відповідають температурі плавлення першого реперного металу;

- знаходять середнє значення вимірювальної величини термо - е. р. с. або опору датчика.

Алгоритм отримання плато плавлення другого реперного металу, значення температури якого знаходиться біля максимального значення температури контрольованого середовища, аналогічний вищенаведеному. За одержаними середніми значеннями вимірювальної величини термо - е. р. с. або опору датчика в двох температурних точках технологічного режиму, використовуючи інтерполяційні рівняння для цих датчиків [1], визначають температурну залежність термо - е. р. с. чи опору датчика при вимірюванні температури контрольованого середовища:

- для платинових термоперетворювачів опору інтерполяційне рівняння для діапазону температур від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $600^{\circ}\text{C}$  та  $W_{100} = 1,3910$  має вигляд

$$W_t = 1 + At + Bt^2 \quad (1)$$

Коефіцієнти А та В визначаються при калібруванні датчиків в двох реперних точках температури плавлення металів.

- для термоелектричних перетворювачів інтерполяційне рівняння для діапазону температур від мінус  $50^{\circ}\text{C}$  до  $1064,18^{\circ}\text{C}$  має вигляд

$$E = \sum_{k=0}^8 a_k t^k \quad (2)$$

$a_0 = 0$ ,  $a_1 = 5,40313308631 \cdot 10^{\circ}$ ,  
 $a_2 = 1,25934289740 \cdot 10^{-2}$ ,

$a_3 = -2,32477968689 \cdot 10^{-5}$ ,  $a_4 = 3,22028823036 \cdot 10^{-8}$ ,

$a_5 = -3,31465196389 \cdot 10^{-11}$ ,  $a_6 = 2,55744251786 \cdot 10^{-14}$ ,

$a_7 = -1,25068871393 \cdot 10^{-17}$ ,  $a_8 = 2,71443176145 \cdot 10^{-21}$ .

На Фіг. показано конструкцію для реалізації запропонованого способу калібровки датчика, яка містить металевий корпус - 1, заповнений окисем магнію 2, в якому знаходиться нагрівальний елемент 3, розміщений на поверхні тигля з сапфіру 4. В тиглі заплавлено реперні метали 5, 6. Датчик 7 знаходиться у термометричному каналі, який встановлено у реперному металі 6.

Запропонований пристрій працює наступним чином:

- первинний датчик розміщують у термометричному каналі;

- самокалібруючий датчик температури розміщують у контрольованому середовищі;

- автоматично збільшують температуру датчика за допомогою нагрівального елемента до значень вище температури плавлення низькотемпературного реперного металу десь на  $5^{\circ}\text{C}$ ;

- при досягненні стану теплової рівноваги між датчиком та низькотемпературним реперним металом фіксують показання первинного датчика, які передаються на блок індикації;

- аналогічно проводяться такі ж самі операції для фіксації плато плавлення високотемпературного реперного металу;

- по отриманим значенням термо - е. р. с. або опору можна зробити висновок про придатність даного первинного датчика для температурних вимірювань та вносити відповідні корекції до показань при його використанні.

З переліченого вище запропонований пристрій має наступні переваги:

- зменшення похибки вимірювання в діапазоні температур, при використанні двох реперних металів,

- підвищення надійності при тривалій експлуатації у агресивному середовищі за рахунок застосування в якості матеріалу тигля монокристалічного  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , який має більш високі фізико-механічні характеристики порівняно с традиційними матеріалами;

- забезпечення бездемонтажної калібровки датчиків безпосередньо в місцях експлуатації в умовах технологічних процесів.

Практична реалізація показала наступні переваги:

- використання при калібруванні двох реперних металів, які мають відомі характеристики та мініатюрної конструкції тигля з монокристалічного  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , дозволяє розташовувати самокалібруючий датчик стаціонарно в різні діагностичні вікна об'єкта та експлуатувати в період тривалого часу в різних агресивних середовищах;

- розташування датчика та вимірювання термо - е. р. с. або опору датчика при здійсненні фазових переходів реперних металів дає можливість оцінити придатність датчика для подальшої експлуатації без порушення технологічного процесу та

про вірогідність температурних вимірювань в будь-який момент часу;  
 - підвищення точності та вірогідності температурних вимірювань в діапазоні температур тех-

нологічного процесу за рахунок використання двох реперних металів.

