



УКРАЇНА

(w)UA,,, 9774

«i»

C1

&lt;5i&gt;5 JGJLLK\_7/P4

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

(20)94311443,29.07.93

(21)4337146/SU

(22)02.12.87

(46)30.09.96. Бюл. №3

(56) 1. Авторское свидетельство СССР  
№ 1280338, кл. G 01 K 7/02, 1985.2. Авторское свидетельство СССР  
№ 1177691, кл.в 01 K15/00, 1983 (прототип).(71) Львівський політехнічний Інститут ім. Ле  
нінського комсомолу і Підприємство п/я В-  
2119(72) Бардило Петро Ілліч, Тріщ Григорій Гри  
горович, Лах Олег Іванович(73) Державний університет "Львівська  
політехніка" (UA) і Львівське акціонерне то  
вариство "Термоприлад" (UA)

(57) Способ определения температуры, заключающийся в измерении термо-ЭДС, установленной на объекте первой термопары с дополнительным термоэлектродом, идентичным по материалу одному из основных термоэлектродов, отличающийся тем, что измеряют термо-ЭДС второй термопары, образованной вторым основным термоэлектродом первой термопары и дополнительным термоэлектродом, выполненным с диаметром, отличным от диаметра второго основного термоэлектрода, и по измеренным термо-ЭДС находят значение коэффициента термо-ЭДС первой термопары, по которому определяют искомую температуру.

C  
>

O

O

Изобретение относится к области термометрии и может быть использовано для измерения температуры особо ответственных объектов, эксплуатируемых без остановки в течение длительного времени (несколько тысяч часов) с помощью термопар.

Известен способ измерения температуры [1], заключающийся в пропускании через термопару электрического тока соответствующей полярности, регистрации установившегося значения показаний термопары, охлаждении спая термопары потоком воздуха при отключенном токе, с последующим нагреванием спая током того же значения и определением измеряемой температуры по установившемуся значению показаний термопары.

Недостатками этого способа измерения являются низкая точность, сложная проце-

дура выполнения измерения и необходимость в термопреобразователе специальной конструкции. Эти недостатки обусловлены тем, что на измерение сильно сказываются малейшие колебания температуры измеряемой среды, происходящие в момент измерения, а также изменения коэффициента теплоотдачи термопреобразователя, и при измерении в потоке газа, скорость которого меньше 1 м/с, измерение температуры становится невозможным из-за очень длительного (десятки минут) наступления теплового равновесия термопреобразователя.

Наиболее близким по своей технической сущности к изобретению является способ определения температуры, основанный на определении погрешности термопары при измеряемой температуре. Погрешность определяется путем сравнения температу-

ры, измеренной термопарой с дополнительным термоэлектродом, идентичным по материалу одному из термоэлектродов термопары, и температуры, измеренной резистором, расположенным в зоне рабочего спае термопары и присоединенным к нему и дополнительному термоэлектроду, которая определяется путем измерения на нем термошумового напряжения [2].

Для измерения по этому способу требуется сложная измерительная аппаратура, которая измеряет термошумовое напряжение, амплитуда которого составляет доли и единицы микровольта. Погрешность измерения большая, что в свою очередь приводит к большой погрешности измерения температуры термопарой. Наличие в устройстве резистора, который располагается в зоне рабочего конца термопары, приводит к увеличению габаритов устройства и, следовательно, к динамической погрешности измерения.

При реализации известного способа также возникает погрешность, обусловленная термоэлектрической неоднородностью вызванной нестабильностью термопары приводящей к наличию распределения температуры по ее длине.

В основу изобретения поставлена задача создания такого способа измерения температуры, в котором за счет измерения диаметра дополнительного термоэлектрода обеспечивается возможность определения величины текущей систематической погрешности термопары, что приводит к повышению точности измерения температуры в условиях длительной эксплуатации под воздействием дестабилизирующих факторов.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения температуры, заключающемся в измерении термо-ЭДС, установленной на объекте первой термопары с дополнительным термоэлектродом, идентичным по материалу одному из основных термоэлектродов, согласно изобретению, измеряют термо-ЭДС второй термопары, образованной вторым основным термоэлектродом первой термопары и дополнительным термоэлектродом, выполненным с диаметром, отличным от диаметра второго основного термоэлектрода, и по измеренным термо-ЭДС находят значение коэффициента термо-ЭДС первой термопары, по которому и определяют искомую температуру.

Изменение диаметра дополнительного термоэлектрода приводит к появлению корреляционной связи между термо-ЭДС термопар, которая используется для

определения текущей систематической погрешности.

На фиг.1 схематически показана термопара с добавочным термоэлектродом, на фиг.2 - температурные зависимости термо-ЭДС от величины отношения термо-ЭДС термопары. Основные термоэлектроды обозначены (см. фиг.1) буквами "а" и "b", а дополнительный термоэлектрод - "с", температурные зависимости термо-ЭДС  $E_{ao}$  и  $E_{ac}$  термопар, образованных термоэлектродными "а" и "с" и их коэффициенты термо-ЭДС, равные

$$y_{ab} = E_{ab}/T \text{ и } y_{ac} = E_{ac}/T,$$

показаны на фиг.2, где  $T$  - значение температуры. При условии, что термопары стабильные (начало эксплуатации ТП), отношение  $T_{ЭДС} S$  при любой температуре измерения  $T_i$  равно

$$\frac{y_{ab} T_i}{y_{ac}} = \frac{E_{ab}}{E_{ac}} \quad (1)$$

Таким образом, величина  $S$  определяется через коэффициенты термо-ЭДС и не зависит от температуры. Под действием дестабилизирующего фактора  $\gamma$  (длительность эксплуатации, влияние высоких температур и т.п.) коэффициенты  $y_{ab}$  и  $y_{ac}$  изменяются. Закон этих изменений от влияния фактора  $\gamma$  неизвестен. После воздействия фактора,  $\gamma$  коэффициенты примут значения  $y_{ab}^1$  и  $y_{ac}^1$ . Измеряя термо-ЭДС термопар  $E_{ab}$  и  $E_{ac}$  при измеряемой температуре  $T_i$ , получим

$$= \frac{E_{ab}^1}{y_{ac}^1} y_{ab} \quad (2)$$

Если стабильность термопары "ab" больше, чем термопары "ac" значение  $S_i$  будет меньше  $S_2$ , т.к. при работе термопар их термо-ЭДС уменьшается под воздействием дестабилизирующих факторов  $\gamma$ . Очевидно, можно записать, что

$$f_{ac}(\gamma) \quad (3) \quad (4)$$

$$y_{ac} \quad (5)$$

Таким образом, величина  $S$  однозначно связана с фактором  $\gamma$ , но зависимость (5), также

как и зависимости (3) и (4) неизвестна. Зависимость (5) можно записать

$$r = F_s(S) \quad (6)$$

Подставив (6) в (3), получим

$$y_{ab} = f_{ab}[F_s(S)] - F_{bs}(S) \quad (7)$$

Таким образом, существует однозначная зависимость  $F_{bs}$  между коэффициентом термо-ЭДС и отношением коэффициентов термо-ЭДС двух термопар, которые изменяются под влиянием дестабилизирующего фактора  $g$ .

Зная зависимость (7), можно определить действительную температуру  $T_d$ . Как следует из выражения (7) и (5), условием возможности использования способа является различная стабильность термопар. Из этого следует, что в устройстве для определения температуры по этому способу два термоэлектрода должны отличаться диаметром, т.к. стабильность их зависит от диаметра либо должны быть различными по составу.

Зависимость (7) определяется для конкретной конструкции типа ТП на предприятии-изготовителе при, например, проведении ресурсных испытаний ТП.

Определяя при измеряемой температуре значения термо-ЭДС термопар  $E_{ab}$  и  $E_{ac}$  на основании (2) вычисляют текущее значение величины  $S$ , т.е.

$$S \sim E_{ab}/E_{ac}$$

По известной зависимости (7) определяют текущее значение  $y_{ab}(t)$ , а затем - измеряемому температуре по формуле

$$T_d \ll E_{ab}/y_{ab}(t)$$

Погрешность измерения будет определяться погрешностью, с которой определяется действительное значение текущего коэффициента  $y_{ab}(t)$  по зависимости (7).

Использование термопары с дополнительным термоэлектродом, идентичным по материалу одному из основных термоэлектродов, позволяет получить более высокую точность измерения, т.к. одинаковые по химическому составу термоэлектроды будут более точно изменять свой коэффициент термо-ЭДС под воздействием фактора  $g$  (см. выражение 3 и 4). В этом случае начальная величина отношения термо-ЭДС равна  $S = 1$ . При этом следует отметить, что при измерении величины отношения  $S$ , бу-

дет достигнута более высокая точность, т.к. величины термо-ЭДС  $E_{ab}$  и  $E_{ac}$  будут примерно равными.

Типичная зависимость  $y = F(S)$ , построенная для хромель-алюминиевой термопары с диаметром термоэлектродов 1,2 мм, с дополнительным алюмелевым электродом диаметром 1,8 мм, показана на фиг.3. Величина  $S$  изменяется от 1 до 0,95 при работе термопары 12000 часов и температуре 800°C. Величина  $y$  при этом изменяется от 40 до 36 мкВ/°C. Пример. Для измерения температуры 800-900°C

используется хромель-алюминиевая термопара с основными термоэлектродами "а", "б" диаметром 0,8 мм и дополнительным алюмелевым термоэлектродом "с" диаметром 1,2 мм. Термопара работает в комплекте с показывающим прибором типа ПСР. Через 500-600 часов необходимо определить погрешность термопары, не снимая ее с места эксплуатации.

Зависимость (7) можно аппроксимировать определенным алгебраическим выражением для термопары с основными и дополнительным термоэлектродами, равного диаметра, зная поэлектродную зависимость нестабильности во времени.

Для термопары данной конструкции:

$$- F_{ts}(ac) = 601 \times 10^{-20} \text{ мкВ/}^\circ\text{C} \quad (III)$$

при условии, что значение отношения ТЭДС лежит в пределах от 1 до 0,95.

Предположим, что прибор ПСР показывает, что измеряемая температура  $T_{и} = 840^\circ\text{C}$ , т.е. при условии, что начальный коэффициент  $y_{ab}$  принят равным  $y_{ab} = 40$  мкВ/°C при градуировке прибора ПСР. Требуется определить действительно значение температуры.

Для этого с помощью внешнего измерительного прибора (более точного, чем прибор ПСР) измеряют значения термо-ЭДС  $E_{ab}$  и  $E_{ac}$ , т.е. термо-ЭДС на термоэлектродах "ab" и "ac", соответственно. Предположим, что они равны:  $E_{ab} = 33,3$  мВ и  $E_{ac} = 35,0$  мВ. Определяют отношение

$$\frac{E_{ab}}{E_{ac}} = \frac{33,3}{35,0} = 0,95$$

Подставив значение  $S$  в (III) получим  $y_{ab} = 60 \cdot 0,95 - 20 = 37$  мкВ/°C (0,037 мВ/°C) Действительное значение температуры равно

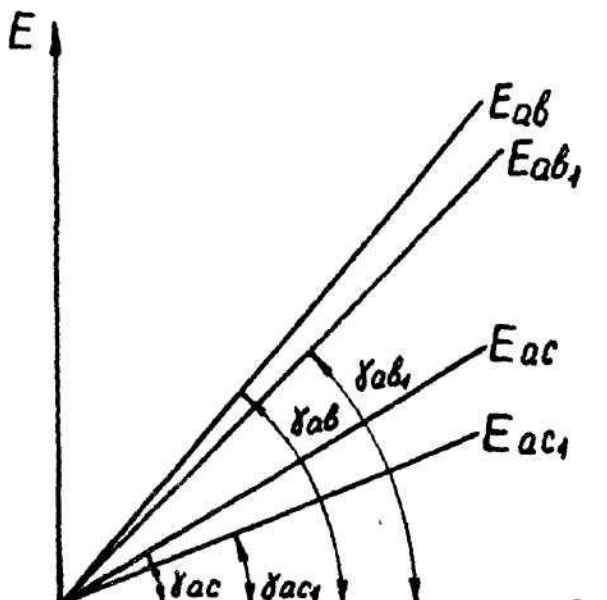
д |£ 33.3/0,037 - 900°C

Абсолютная погрешность определения температуры термопарой составляет  $\Delta T = T_i - T_d \cdot 840 - 900 - -60^\circ\text{C}$ . Принципиально можно измерение термо-ЭДС  $E_{ab}$  и  $E_{ac}$  осуществить прибором ПСР, но в этом случае погрешность измерения величины отношения  $S$  будет равна удвоенной погрешности прибора ПСР, что нельзя считать приемлемым.

Измерение температуры можно было бы провести и в случае, если бы термоэлектрод "с" по диаметру был бы меньшим диаметра термоэлектродов "а" и "б". В этом случае формула (Ні) выглядела бы по-другому: с увеличением работы термопары величина  $S$  увеличилась бы, т.к. скорость изменения величины  $E_{ac}$  была бы большей

чем  $E_{ab}$ , т.к. нестабильность тонкого провода "с", была бы большей, чем толстого "б". Предложенный способ определения температуры позволяет в любой момент времени определить погрешность ТП, не снимая его с работающего объекта.

Для этого нет необходимости в стабилизации режима работы объекта с целью стабилизации коэффициента теплоотдачи и температуры ТП, как этого требует способ [1]. Значение текущей погрешности ТП, которая является систематической погрешностью, позволяет ее учесть и этим самым резко увеличить технический ресурс ТП за счет обеспечения достоверности определения действительного значения температуры объектов, в частности, атомных энергетических установок, с которых термопара не может быть снята для проверки без их остановки.



Г\* ие.2

Упорядник

Техред М.Моргентал

Замовлення 4551

Коректор М.Самборська

Тираж  
Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, КиТв-53, Львівська пл. 8

Підписне

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м Ужгород, вул Гагарина, 101