



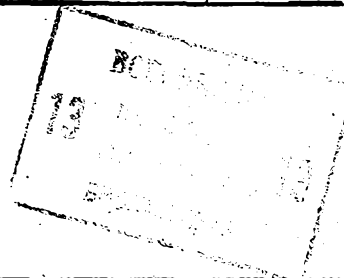
СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1136032 A**

4(51) G 01 K 7/02; G 01 K 15/00

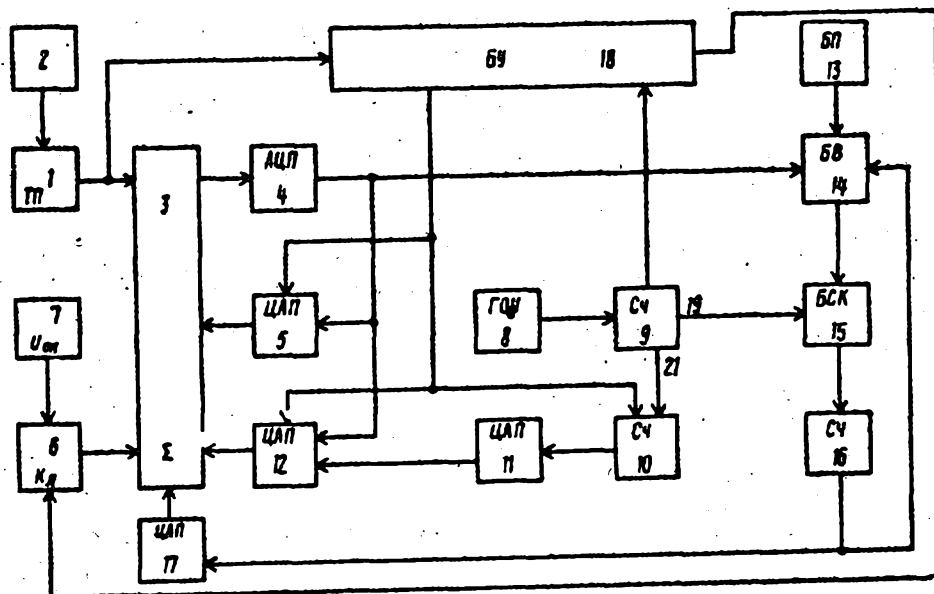
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(61) 718725  
(21) 3601369/24-10  
(22) 28.02.83  
(46) 23.01.85. Бюл. № 3  
(72) А.А.Саченко, В.В.Кочан,  
Н.Ф.Геда, А.В.Голомедов и В.Ю.Миль-  
ченко  
(53) 536.532(088.8)  
(56) 1.Авторское свидетельство СССР  
№ 718725, кл. G 01 K 7/02, 1978  
(прототип).  
(54) (57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРЫ по авт.св. № 718725,  
отличающееся тем, что,  
с целью повышения точности измере-  
ния и увеличения ресурса калибратор-  
а, в него введены последователь-  
но соединенные генератор опорной ча-

стоты, два счетчика и два цифро-  
аналоговых преобразователя и после-  
довательно соединенные блок памяти,  
блок выборки, блок сравнения кодов,  
третий счетчик и третий цифроана-  
логовый преобразователь, выход кото-  
рого соединен с четвертым входом сум-  
матора, а вход - с вторым входом  
блока выборки, третий вход которого  
соединен с выходом измерительного  
прибора и вторым входом второго ци-  
фроаналогового преобразователя,  
выход которого подключен к пятому  
входу сумматора, а управляющий вход  
соединен с управляющим входом вто-  
рого счетчика и блоком управления,  
соединенным с управляющим входом  
первого счетчика.



Фиг.1

(19) **SU** (11) **1136032 A**

Изобретение относится к термометрии и может быть использовано в отраслях промышленности и научных исследованиях, где требуется достаточно длительное измерение температуры с повышенной точностью.

По основному авт.св. № 718725 известно устройство для измерения температуры, содержащее термоэлектрический преобразователь с калибратором и блок коррекции, подключенные к входам первого сумматора, измерительный прибор, соединенный с блоком коррекции, блок управления, вход которого соединен с выходом термоэлектрического преобразователя, а выходы соединены с управляющим входом измерительного прибора и блоком эталонного напряжения, а также второй сумматор, входы которого соединены с выходом первого сумматора и блоком эталонного напряжения, а выход соединен с измерительным прибором.

Устройство позволяет скомпенсировать все погрешности термоэлектрического преобразователя, в том числе погрешность от термоэлектрической неоднородности, в точке калибрования. Погрешность измерения определяется, в основном, качеством калибратора и частотой калибрования [1].

Однако частое калибрование, при котором реперный материал калибратора переходит в жидкую фазу, изнашивает калибратор (снижает его точность) из-за большой восприимчивости жидкой фазы к загрязнениям. Кроме того, частое калибрование во многих случаях практически невозможно, так как в промышленности часто применяют технологические процессы (например, цементирование, выращивание монокристаллов), которые не позволяют изменять тепловой режим объекта (с целью калибрования) на протяжении десятков и даже сотен часов. Поэтому в таких условиях известное устройство не может обеспечить достаточно высокую точность измерения температуры, так как редкое калибрование приводит к существенному влиянию на результат измерения погрешности дрейфа. Кроме того, устройство не позволяет учитывать более сложное, чем характер постоянного сдвига, изменение погрешности дрейфа реального термоэлектрического преобразователя, что приводит к уменьшению точности при длительных измерениях температуры.

Цель изобретения - повышение точности измерения и увеличение ресурса калибратора.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для измерения температуры введены последовательно соединенные генератор опорной ча-

стоты, два счетчика и два цифроаналоговых преобразователя и последовательно соединенные блок памяти, блок выборки, блок сравнения кодов, третий счетчик и третий цифроаналоговый преобразователь, выход которого соединен с четвертым входом сумматора, а вход - с вторым входом блока выборки, третий вход которого соединен с выходом измерительного прибора и вторым входом второго цифроаналогового преобразователя, выход которого подключен к пятому входу сумматора, управляющий вход которого соединен с управляющим входом второго счетчика и блоком управления, соединенным с управляющим входом первого счетчика.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства; на фиг.2 - графики, поясняющие его работу.

Устройство содержит термоэлектрический преобразователь (ТП) 1 с встроенным калибратором 2, представляющим собой размещенную в чехле термоэлектрического преобразователя плавкую вставку, которая обеспечивает формирование в зоне рабочего конца термоэлектрического преобразователя в процессе калибрования точно известной температуры в течение нескольких десятков секунд. Термоэлектрический преобразователь подключен к одному из входов многовходового сумматора 3, выход которого подключен к измерительному прибору 4, в качестве которого используется аналого-цифровой преобразователь. На фиг.1 показан один сумматор, а не два, как в известном устройстве, поскольку два последовательно соединенных сумматора равнозначны одному сумматору. К второму и третьему входам сумматора подключены блок коррекции 5 на основе цифроаналогового преобразователя и блок эталонного напряжения, включающий в себя ключ 6 и источник 7 образцового напряжения, выходное напряжение которого соответствует термо-ЭДС термоэлектрического преобразователя по стандартной градуировочной таблице при температуре плавления вставки калибратора 2. К четвертому входу сумматора 3 подключен выход цепи, состоящей из генератора 8 опорной частоты, счетчиков 9 и 10, цифроаналоговых преобразователей (ЦАП) 11 и 12. К пятому входу сумматора подключена цепь из последовательно соединенных блока 13 памяти, блока 14 выборки, блока 15 сравнения, счетчика 16 и цифроаналогового преобразователя (ЦАП) 17. Синхронизацию работы отдельных блоков осуществляет блок 18 управления.

Устройство работает следующим образом.

В исходном состоянии все счетчики устройства сбрасываются в нуль, выходное напряжение цифроаналоговых преобразователей устанавливается равным нулю (цепи начальной установки на фиг.1 не приведены). В начале работы в режиме "Калибрование" проводится коррекция погрешности технологического разброса градуировочной характеристики термоэлектрического преобразователя. При этом объект измерения температуры переводится в режим стационарного нагрева, что вызывает соответствующее изменение термо-ЭДС на выходе термоэлектрического преобразователя. При достижении температуры фазового перехода материала вставки калибратора 2 выходной сигнал термоэлектрического преобразователя становится постоянным, что фиксируется блоком 18 управления. Блок 18 управления соответствующим сигналом сбрасывает в нуль ЦАП блока 5 коррекции и подключает выход источника 7 посредством ключа 6 к входу сумматора 3. Полярность включения источника 7 выбрана противоположной полярности включения термопреобразователя, поэтому на выходе АЦП 4 появляется код погрешности тракта: термоэлектрический преобразователь - сумматор 3 - АЦП 4. По команде блока 18 управления этот код записывается в память блока 5 коррекции, что позволяет скорректировать погрешность тракта в режиме "Измерение". Все счетчики остаются сброшенными.

В режиме "Измерение" счетчик 9 заполняется импульсами генератора 8 и по истечении некоторого времени код на выходе 19 счетчика 9 станет равным коду, поступившему посредством блока 14 выборки из блока 13 памяти. В блоке 13 памяти размещены коды отрезков времени, соответствующие изменению термо-ЭДС наперед заданную величину погрешности при разных температурах. Выборка блоком 14 этих кодов осуществляется в соответствии со значениями измеряемой температуры (по выходному коду АЦП 4). При равенстве первого кода с кодом на первом выходе счетчика 9, фиксируемом в блоке 15 сравнения, в счетчик 16 записывается импульс, изменяющий выходной код счетчика 16 на единицу. В соответствии с этим импульсом ЦАП 17 корректирует погрешность термоэлектрического преобразователя в этот момент времени, а блок 14 выбирает из блока 13 памяти следующее значение кода времени. Нарастание кода на выходе 19 счетчика 9 приводит к повторению описанного процесса,

что позволяет корректировать погрешность термоэлектрического преобразователя. Одновременное нарастание выходного кода счетчика 10, а значит и выходного напряжения ЦАП 11, не приводит к появлению напряжения на входе сумматора 3 из-за нулевого кода в памяти ЦАП 12. Однако в связи с наличием в процессе дрейфа не только систематической, но и случайной составляющей погрешности, связанной с индивидуальными особенностями термоэлектрического преобразователя и условиями эксплуатации, отличающимися от условий эксперимента (на основании которого в блок 13 памяти введены коды, соответствующие изменению термо-ЭДС термоэлектрического преобразователя на допустимое значение погрешности), возникает дополнительная погрешность, которая со временем может стать очень значительной. Коррекция этой погрешности реализуется посредством повторения через некоторые (довольно большие) интервалы времени режима "Калибрование". Это повторение осуществляется при поступлении импульса с второго выхода счетчика 9 на блок 18 управления. По окончании режима "Калибрование" на выходе АЦП 4 появляется код погрешности, представляющий собой разность между действительным значением термо-ЭДС термоэлектрического преобразователя и прогнозируемым на основе предварительного эксперимента и фиксируемым на выходе ЦАП 17 значением. Эта разность записывается в память блока 5 коррекции и ЦАП 12 по сигналу блока 18, причем одновременно с записью сбрасывается в нуль счетчик 10.

Состояние коррекции погрешности, полученное в результате второго калибрования, отражено на фиг.2 и соответствует моменту  $t_{k2}$ . При этом действительное значение погрешности термоэлектрического преобразователя  $\Delta E_g$  состоит из двух значений: значения  $\Delta E_z$ , полученного на основе экспериментальных данных (ЦАП 17) и  $\Delta E_k$ , разности значений экспериментально полученной  $\Delta E_z$  и действительной погрешности термоэлектрического преобразователя  $\Delta E_g$ . На фиг.2 функция  $\Delta E_z$  приведена гладкой, хотя в действительности она будет моделироваться ступенчатой кривой, шаг квантования по  $\Delta E$  которой соответствует упомянутому выше предварительно заданному значению погрешности. Таким образом, погрешность термоэлектрического преобразователя  $\Delta E_g$  в момент  $t_{k2}$  будет скорректирована полностью. Однако в процессе дальнейшей работы возникает погрешность  $\Delta E$ , обусловленная различием характера изменения погрешности  $\Delta E_g$ , по срав-

нению с экспериментальными исследованиями. Это различие в значительной мере учитывается с помощью цепи, состоящей из счетчика 10, ЦАП 11 и 12. Напряжение на выходе ЦАП 11 определяется кодом в счетчике 10 и с его выхода поступает на вход опорного напряжения ЦАП 12 (ЦАП 12 не имеет своего выхода опорного напряжения). Учитывая сброс в нуль счетчика 10 в момент  $t_{k2}$ , это выходное напряжение равно

$$U_{11} = \frac{U_{оп}(t_i - t_{k2})}{t_{k3} - t_{k2}}, \quad (1)$$

где  $U_{оп}$  - опорное напряжение ЦАП 11;  $t_i$  - текущее время.

Физически это означает, что на выходе ЦАП 11 формируется нарастающее со временем напряжение. В памяти ЦАП 12 записан код, соответствующий  $\Delta E_k$ , поэтому его выходное напряжение равно

$$U_{12} = \frac{U_{11} \cdot \Delta E_k}{E_{\max}}, \quad (2)$$

где  $E_{\max}$  - максимальное значение входного кода ЦАП 12.

Подставив (1) в (2) получаем

$$U_{12} = \frac{U_{оп}(t_i - t_{k2}) \cdot \Delta E_k}{(t_{k3} - t_{k2}) \cdot E_{\max}} \quad (3)$$

В последнем уравнении члены  $U_{оп}$ ,  $E_{\max}$ ,  $(t_{k3} - t_{k2})$  определяются неизменными параметрами схемы и постоянной частотой поступления импульсов с выхода 21 счетчика 9. В соответствии с этим формулу (3) можно представить в виде

$$U_{12} = K(t_i - t_{k2}) \cdot \Delta E_k. \quad (4)$$

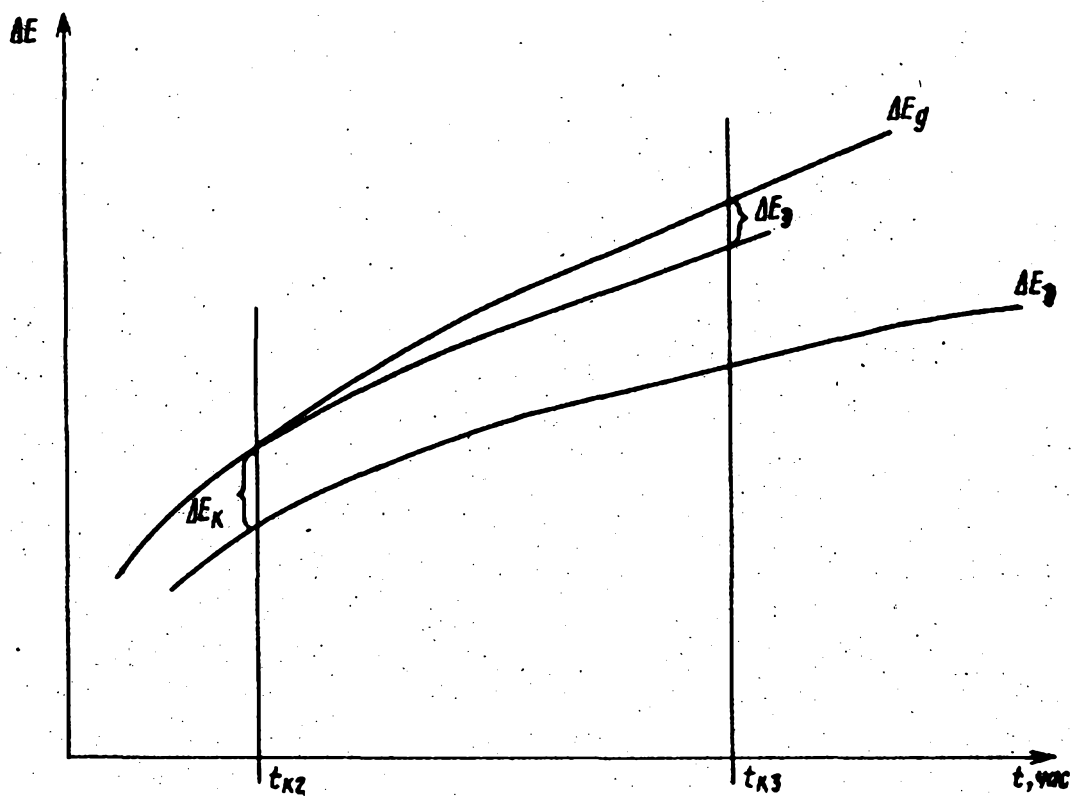
Наличие напряжения  $U_{12}$ , зависящего от времени, прошедшего с момента последнего калибрования и от полученного при этом значения отли-

чия кривой погрешности реального термоэлектрического преобразователя от усредненной кривой погрешности  $\Delta E_2$ , позволяет учесть характер изменения дрейфа реального термоэлектрического преобразователя. Геометрически это выражается в повороте функции  $\Delta E_2$  на угол, пропорциональный отношению  $\Delta E_k / \Delta E_2 \cdot t_{k2}$ .

Описанный процесс повторяется при каждом калибровании, что позволяет точно воспроизводить функцию дрейфа реального термоэлектрического преобразователя на основе калибрований, повторяющихся достаточно редко.

Устройство может быть реализовано на основе стандартных элементов и узлов.

Существенными преимуществами предлагаемого устройства являются более высокая точность и надежность измерения температуры. Улучшение надежности устройства достигается за счет увеличения ресурса калибратора. В комплексе это создает возможность применения разработанного устройства в случаях прецизионных измерений высоких постоянных температур, например, при выращивании монокристаллов, тонких магнитных пленок и т.д., а также при длительных процессах термообработки в диффузионных и других печах. При этом существенное повышение точности и автоматизации процесса измерения температуры по сравнению с существующими методами и средствами создает предпосылки для увеличения процента выхода годных изделий и улучшения воспроизводимости их параметров, что может принести значительный технико-экономический эффект.



Фиг.2

Составитель В.Куликов  
 Редактор Е.Лушникова Техред Т.Маточка • Корректор О.Тигор  
 -----  
 Заказ 10275/30 Тираж 898 Подписное  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5  
 -----  
 Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул.Проектная, 4