



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е И З О Б Р Е Т Е Н И Я

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 717564

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

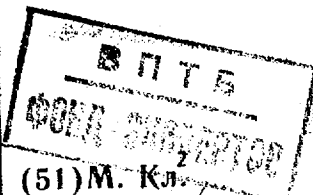
(22) Заявлено 31.07.78 (21) 2653095/18-10

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 25.02.80. Бюллетень № 7

Дата опубликования описания 25.02.80



(51) М. Кл.  
G 01 K 7/02  
G 01 K 15/00

(53) УДК 536.53  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

С. С. Зельманов, В. А. Антоненков, В. Ю. Мильченко, В. А. Чудиновский,  
Н. М. Елькин, Н. А. Кривов, В. Н. Васенев, В. В. Кочан и Е. А. Кулев

(71) Заявитель

## (54) МНОГОКАНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С АВТОМАТИЧЕСКИМ КАЛИБРОВАНИЕМ КАНАЛОВ

Изобретение относится к области температурных измерений и может быть использовано в различных отраслях промышленности, где требуется измерение температуры с повышенной точностью.

Известно устройство для измерения температуры, содержащее измерительный прибор, термоэлектрический термометр снабженный встроенным калибратором в виде некоторого количества материала с известной температурой плавления, нагреватель, источник питания нагревателя, блок коррекции погрешности, сумматор, блок сравнения, источник стандартного сигнала, коммутатор и блок управления [1]. Это устройство обеспечивает поверку первичного преобразователя на месте эксплуатации, а также автоматическую коррекцию погрешности.

В момент фазового перехода материала калибратора измерительный прибор фиксирует площадку с постоянной температурой, по которой осуществляется калибровка устройства. Момент калибровки первичного преобразователя определяется с помощью входящего в блок управления дифференциатора выходного

сигнала термоэлектрического термометра, при этом точность калибровки зависит от порога чувствительности схемы дифференцирования, определяющей начало фазового перехода.

Из известных устройств наиболее близким по технической сущности является устройство для измерения температуры, содержащее термоэлектрический термометр, снабженный калибратором, измерительный прибор, первый и второй сумматоры, коммутаторы, источники эталонных напряжений, блоки коррекции аддитивной и мультипликативной составляющей погрешности, блок управления [2].

В этом устройстве в автоматическом режиме осуществляется коррекция как аддитивной, так и мультипликативной составляющей погрешности термоэлектрического термометра в широком диапазоне температур, а не только в точках калибрования.

Однако как и устройстве [1], момент начала калибрования определяется с помощью схемы дифференцирования, входящей в состав блока управления, что не позволяет получить высокой точности калибрования, а следовательно, и точ-

ности измерения температуры. Кроме того, в этом устройстве остается нескомпенсированной нелинейная составляющая погрешности термоэлектрического термометра.

Для того, чтобы это устройство работало в многоканальных системах, оно должно быть дополнено входным коммутатором сигналов термоэлектрических термометров управляемым блоком управления, а также в соответствии с числом каналов должно быть увеличено число блоков адитивной и мультипликативной составляющей погрешности и число источников эталонных напряжений, которые могут быть объединены в блок эталонных напряжений с распределителем. Этот распределитель может взять на себя функции некоторых коммутаторов устройства. Это непосредственно вытекает из требования многоканальности устройства и не вносит существенной новизны в устройство, а также не обеспечивает повышение точности измерения.

Целью изобретения является повышение точности измерения.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для измерения температуры с автоматическим калиброванием каналов, содержащее термоэлектрические термометры с встроенными калибраторами, выходы которых через входной коммутатор подключены к входу аналого-цифрового преобразователя, первый и второй сумматоры, коммутатор, блок эталонных напряжений, соединенный входом и выходом с распределителем, и блок управления, выходы которого подключены к управляющим входам распределителя и входного коммутатора, введены блок анализа, блок памяти, переключатели, два умножителя, квадратор, блок аппроксимации погрешности и ключ, управляющий вход которого соединен с выходом блока анализа, выход соединен с распределителем, а вход соединен с выходом аналого-цифрового преобразователя и входом первого переключателя, выходы которого соединены с первым умножителем, квадратором и входом первого сумматора, второй вход которого соединен с вторым переключателем, а выход — с входом третьего переключателя, выходы которого соединены с блоком индикации и блоком анализа, выход которого через коммутатор соединен со счетчиком каналов, соединенным с блоком управления, а выход квадратора соединен с входом второго умножителя, соединенного с входом второго сумматора, второй вход которого соединен с выходом первого умножителя, а выход соединен с входом второго переключателя, соединенного с выходом распределителя, вход которого соединен с третьим переключателем, а выходы соединены с входами второго сумматора и умножителей, причем входы и выходы блока па-

мяти и блока аппроксимации погрешности подключены к распределителю, а выходы блока управления соединены с блоком анализа, управляющими входами переключателей, входами коммутатора, квадратора, умножителей и сумматоров.

На чертеже приведена блок-схема предлагаемого устройства.

Устройство содержит термоэлектрические термометры с встроенными калибраторами 1, выходы которых через входной коммутатор 2 подключены к входу аналого-цифрового преобразователя 3, первый 4 и второй 5 сумматоры, блок эталонных напряжений 6, соединенный входом и выходом с распределителем 7, блок управления 8, блок аппроксимации погрешностей 9, блок памяти 10, ключ 11, блок анализа 12, коммутатор 13, счетчик каналов 14, первый переключатель 15, второй переключатель 16, третий переключатель 17, первый 18 и второй 19 умножители, квадратор 20 и блок индикации 21.

Калибраторы, встроенные в защитные чехлы термопар, содержат три плавкие вставки и обеспечивают формирование в зоне горячего спая трех различных и точно известных температур  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  с продолжительностью постоянства температуры 20–40 с. В блоке эталонных напряжений 6 в двоичном коде записаны числа, соответствующие стандартным значениям ЭДС термоэлектрических термометров при температуре  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ .

Устройство работает следующим образом. В режиме "Калибрование" оператор путем задания соответствующей уставки регулирования переводит объекты, на которых калибруются термоэлектрические термометры, в режим нагрева или охлаждения. Этот режим может быть совмещен, например, с выходом объективов на технологический режим, если температура  $T_3$  лежит в зоне этого режима.

Предположим, что система имеет  $n$  каналов, а калибруется канал № 1. Выходной сигнал первого термоэлектрического термометра через коммутатор 2 поступает на вход аналого-цифрового преобразователя 3, с выхода которого сигнал температуры в двоичном коде через переключатель 15 поступает на вход сумматора 4. На другой вход этого сумматора через переключатель 16 и распределитель 7 из блока памяти 10 поступает "0". При этом информация, поступающая из блока памяти 10 или блока эталонных напряжений 6, по команде блока управления 8 может подвергаться инвентированию, таким образом, чтобы на вход переключателя 16 поступала разность сигналов. Итак, сигнал текущей температуры без изменений поступает на вход блока анализа 12. Блок анализа 12 представляет из себя логическое уст-

ройство с синхронизирующим и рабочим входом и двумя выходами. При поступлении положительного или отрицательного сигнала на рабочий вход сигнал управления формируется на выходе блока анализа, соединенного с управляющим входом ключа 11. Если же при подаче на синхронизирующий вход блока анализа 12 с выхода блока управления 8 команды, разрешающей прием информации, на рабочий вход поступает "0", сигнал вырабатывается на выходе блока анализа, соединенного с входом коммутатора 13.

В рассматриваемом случае, вырабатывается сигнал управления ключом 11, и сигнал текущей температуры записывается в соответствующей ячейке блока памяти 10. После прохождения полного цикла опроса каналов системы сигнал текущей температуры вновь поступает на вход сумматора 4. На другой вход сумматора 4 поступает сигнал температуры этого канала в предыдущем цикле. Так как этот сигнал инвентаризуется, то на блок анализа 12 поступает разность сигналов и, как и в предыдущем случае, формируется команда управления ключом 11, и в блок памяти 10 записывается новое значение температуры, а сигнал температуры предыдущего цикла автоматически стирается. При плавлении первой вставки калибратора при температуре  $T_1$  температура горячего спая калибруемого термоэлектрического термометра остается постоянной, и сигналы температур двух циклов совпадают. Тогда сигнал совпадения с блока анализа через коммутатор 13 поступает на вход интегрирующего счетчика первого канала 14. Если этот процесс повторяется для калибруемого канала  $m$  раз до заполнения счетчика 14) в блок управления 8 поступает команда начала калибрования. Тогда на вход сумматора 4 через переключатель 17 из блока эталонных напряжений 6 поступает сигнал, соответствующий стандартной ЭДС термометра при температуре  $T_1$ . Разность сигналов текущей температуры канала и действительной температуры плавления вставки калибратора  $T_1$  через переключатель 17 и распределитель 7 записывается в блоке памяти 10. Это число будет соответствовать погрешности калибруемого термометра при температуре  $T_1$ .

Аналогичным образом будут сформированы и записаны в блоке памяти 10 погрешности  $\Delta t_2$  и  $\Delta t_3$  соответственно при температурах  $T_2$  и  $T_3$  для всех калибруемых термометров. Далее сигналы, соответствующие  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  и  $\Delta t_3$  из блока памяти 10 через распределитель 7 поступают на входы блока аппроксимации погрешности 9. Этот блок является специализированным решающим устройством для определения

коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  системы трех уравнений вида

$$a_0 + a_1 T_1 + a_2 T_1^2 = \Delta t_1$$

$$a_0 + a_1 T_2 + a_2 T_2^2 = \Delta t_2$$

$$a_0 + a_1 T_3 + a_2 T_3^2 = \Delta t_3$$

При поступлении на входы этого блока сигналов, соответствующих  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  и  $\Delta t_3$ , на его выходах формируются сигналы, соответствующие  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , которые через распределитель 7 запоминаются в блоке эталонных напряжений 6. По времени процесс определения коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  для одних каналов совпадает с определением погрешностей  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$  для других каналов, после того, как в блоке эталонных напряжений запомнились сигналы, соответствующие коэффициентам  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , для всех калибруемых каналов режим "Калибрование" закончен.

В режиме "Измерение" с выхода аналого-цифрового преобразователя 3 на входы квадратора 20 и умножителя 18 поступает сигнал текущей температуры, а из блока эталонных напряжений 6 через распределитель 7 на входы умножителей 18 и 19 и сумматора 5 поступают соответственно сигналы, соответствующие коэффициентам  $a_2$ ,  $a_1$  и  $a_0$ , сформированные для данного канала в режиме "Калибрование"; тогда на выходе сумматора 5 формируется сигнал коррекции вида  $\Delta T \approx a_0 + a_1 T + a_2 T^2$ , где  $T$  — текущая температура канала. Этот сигнал через переключатель 16 поступает на вход сумматора 4, где складывается с сигналом текущей температуры канала. На блок индикации поступает скорректированный с учетом погрешности канала сигнал температуры.

Существенным преимуществом описываемого устройства по сравнению с прототипом является более высокая точность измерения, так как принятая в устройстве полиномиальная аппроксимация погрешности компенсирует аддитивную, мультипликативную и нелинейную составляющие погрешности канала измерения. Высокая степень приближения корректирующего воздействия и кривой погрешности сохраняется и при существенной нелинейности этой кривой.

В описанном устройстве калибруется весь измерительный тракт, включая и аналого-цифровой преобразователь, что создает значительные технико-экономические преимущества. При этом же уровне основной погрешности канала за счет периодической погрешности могут быть снижены требования к тем элементам измерительной системы, для которых доминирующей составляющей погрешности является дрейф систематической погрешности. Кроме того, можно существенно увеличить быстродействие канала (обычно, при увеличении быстродействия погрешность увеличивается), так как наиболее

значительная составляющая погрешности канала, погрешность термоэлектрического термометра и линии все равно компенсируется. Увеличение быстродействия приводит к увеличению числа каналов (до коммутатора) и, следовательно, к снижению стоимости одного канала.

Устройство может найти широкое применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами, связанными с измерением температуры в различных областях промышленного производства.

### Формула изобретения

Многоканальное устройство для измерения температуры с автоматическим калиброванием каналов, содержащее термоэлектрические термометры с встроенными калибраторами, выходы которых через входной коммутатор подключены к входу аналого-цифрового преобразователя, первый и второй сумматоры, коммутатор, блок эталонных напряжений, соединенный входом и выходом с распределителем и блок управления, выходы которого подключены к управляющим входам распределителя и входного коммутатора, отличающееся тем, что, с целью повышения точности измерения, в него введены блок анализа, блок памяти, переключатели, два умножителя, квадратор, блок аппроксимации погрешности и ключ, управляющий вход которого соединен с выходом блока анализа, выход соединен с распределителем, а вход соединен

с выходом аналого-цифрового преобразователя и входом первого переключателя, выходы которого соединены с первым умножителем, квадратором и входом первого сумматора, второй вход которого соединен с вторым переключателем, а выход — с входом третьего переключателя, выходы которого соединены с блоком индикации и блоком анализа, выход которого через коммутатор соединен со счетчиком каналов, соединенным с блоком управления, а выход квадратора соединен с входом второго умножителя, соединенного с входом второго сумматора, второй вход которого соединен с выходом первого умножителя, а выход соединен с входом второго переключателя, соединенного с выходом распределителя, вход которого соединен с третьим переключателем, а выходы соединены с входами второго сумматора и умножителей, причем входы и выходы блока памяти и блока аппроксимации погрешности подключены к распределителю, а выходы блока управления соединены с блоком анализа, управляющими входами переключателей, входами коммутатора, квадратора, умножителей и сумматоров.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 569876, кл. G 01 K 7/02, 1976.

2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2463860/18-10, кл. G 01 K 7/02, G 01 K 15/00, 1977 (прототип).

