



УКРАЇНА

(19) UA (11) 6843 (13) C1

(51) G 01 K 7/18

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

(20) 94301143, 17.05.93
(21) 4826989/10
(22) 18.05.90, SU
(46) 31.03.95. Бюл. № 1
(56) Авторское свидетельство СССР № 1536219, кл. G 01 K 7/18 (прототип).
(71) Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова
(72) Лобачевський Георгій Степанович, Мамаєв Валерій Миколайович
(73) Лобачевський Георгій Степанович, Мамаєв Валерій Миколайович
(57) Устройство для измерения температуры, содержащее термометр сопротивления, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи подключен к первому зажиму источника тока, операционный усилитель с резистором обратной связи, резистор сравнения, второй вывод которого соединен со вторым зажимом источника тока, а первый вывод резистора сравнения соединен через третий резистор с неинвертирующим входом операционного усилите-

2

ля и через сопротивление линии связи со вторым токовым выводом термометра сопротивления, первый потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и первый резистор соединен с инвертирующим входом операционного усилителя, а второй потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и второй резистор соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя и общая точка источника тока и резистора сравнения соединена с общей шиной, отличающееся тем, что в него введен преобразователь напряжения - значение измеряемого параметра, первый вход которого соединен с выходом операционного усилителя, а второй вход подсоединен к третьему выводу резистора сравнения, общий вывод операционного усилителя подключен ко второму выводу источника тока через другие входы преобразователя напряжения - значение измеряемого параметра.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения малых отклонений от заданного значения сопротивления, а также для измерения других величин, которые с помощью резисторных преобразователей (терморезисторов, фоторезисторов, тензорезисторов и т.д.) преобразуются в сопротивление.

Из известных устройств для измерения температуры наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство для измерения температуры содержащее термо-

метр сопротивления, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи подключен к первому зажиму источника тока, операционный усилитель с резистором обратной связи, резистор сравнения, второй вывод которого соединен со вторым зажимом источника тока, а первый вывод резистора сравнения соединен через третий резистор с неинвертирующим входом операционного усилителя и через сопротивление линии связи со вторым токовым выводом термометра сопротивления, первый потенциальный вывод термометра со-

(19) UA (11) 6843 (13) C1

противления через сопротивление линии связи и первый резистор соединен с инвертирующим входом операционного усилителя, а второй потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и второй резистор соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя и общая точка источника тока и резистора сравнения соединена с общей шиной, причем отношение сопротивления резистора сравнения к сопротивлению термометра сопротивления, соответствующему началу измеряемого диапазона температур, и отношение сопротивления третьего резистора к сопротивлению второго резистора равны значению коэффициента усиления операционного усилителя по инвертирующему входу.

Недостатком этого устройства является необходимость высокоточной стабилизации тока источника тока, а также применение дополнительных элементов, необходимых для создания высокоточного источника тока.

Техническая задача состоит в том, что необходимо решить вопрос, связанный с исключением влияния источника тока на результат измерения.

Другая техническая задача заключается в решении вопроса связанного с необходимостью задания высокоточного опорного напряжения для преобразователя аналогокод. Требования к источникам опорного напряжения весьма жесткие (например, точность задания опорного напряжения составляет тысячные доли процента), что естественно требует применения высокостабильных дорогостоящих элементов и сложных технических решений.

Отличительным признаком предлагаемого устройства является то, что, устройство содержит преобразователь напряжение-значение измеряемого параметра, первый вход которого соединен выходом операционного усилителя, а второй вход подсоединен к третьему выводу резистора сравнения, общий вывод операционного усилителя подключен ко второму выводу источника тока через другие входы преобразователя напряжение-значение измеряемого параметра.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры, а на фиг. 2 и 3 представлены примеры реализации предлагаемого устройства.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры. Устройство содержит термометр сопротивления 1, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи 2 соединен с первым зажимом источника тока 3, первый потенциальный вывод термометра сопротивления 1

через сопротивление линии связи 4 и первый резистор 5 соединен с инвертирующим входом операционного усилителя 6 и с резистором отрицательной обратной связи 7. второй токовый вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 8 соединен с первым выводом резистора сравнения 9 и через третий резистор 10 с неинвертирующим входом операционного усилителя 6, второй потенциальный вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 11 и второй резистор 12 соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя 6, выход операционного усилителя 6 соединен с первым входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра, второй вывод источника тока 3 и второй вывод резистора сравнения 9 соединены с общей шиной и третьим входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра соединен с третьим выводом резистора сравнения 9.

Устройство работает следующим образом.

Напряжение U_a на первом потенциальном выводе термометра сопротивления равно:

$$U_a = I(R_d + R_{l4} + R_n), \quad (1)$$

где R_d — сопротивление термометра сопротивления;

R_{l4} — сопротивление линии связи 8;

R_n — сопротивление резистора сравнения 9;

I — ток в термометре сопротивления 1.

Учитывая, что $R_d = R_0 + \Delta R$,

где R_0 — сопротивление термометра сопротивления при температуре, соответствующей началу измеряемого диапазона температур;

ΔR — отклонение сопротивления термометра сопротивления от значения R_0 ,

выражение (1) имеет вид:

$$U_a = I(R_0 + \Delta R + R_{l4} + R_n) \quad (2)$$

Напряжение U_b на неинвертирующем входе операционного усилителя, при условии, что $R_2 \gg R_{l3}$ и $(R_2 + R_3) \gg R_{l4}$, равно,

$$U_b = I \cdot R_n + I \cdot R_{l4} \cdot \frac{R_3}{R_2 - R_3}. \quad (3)$$

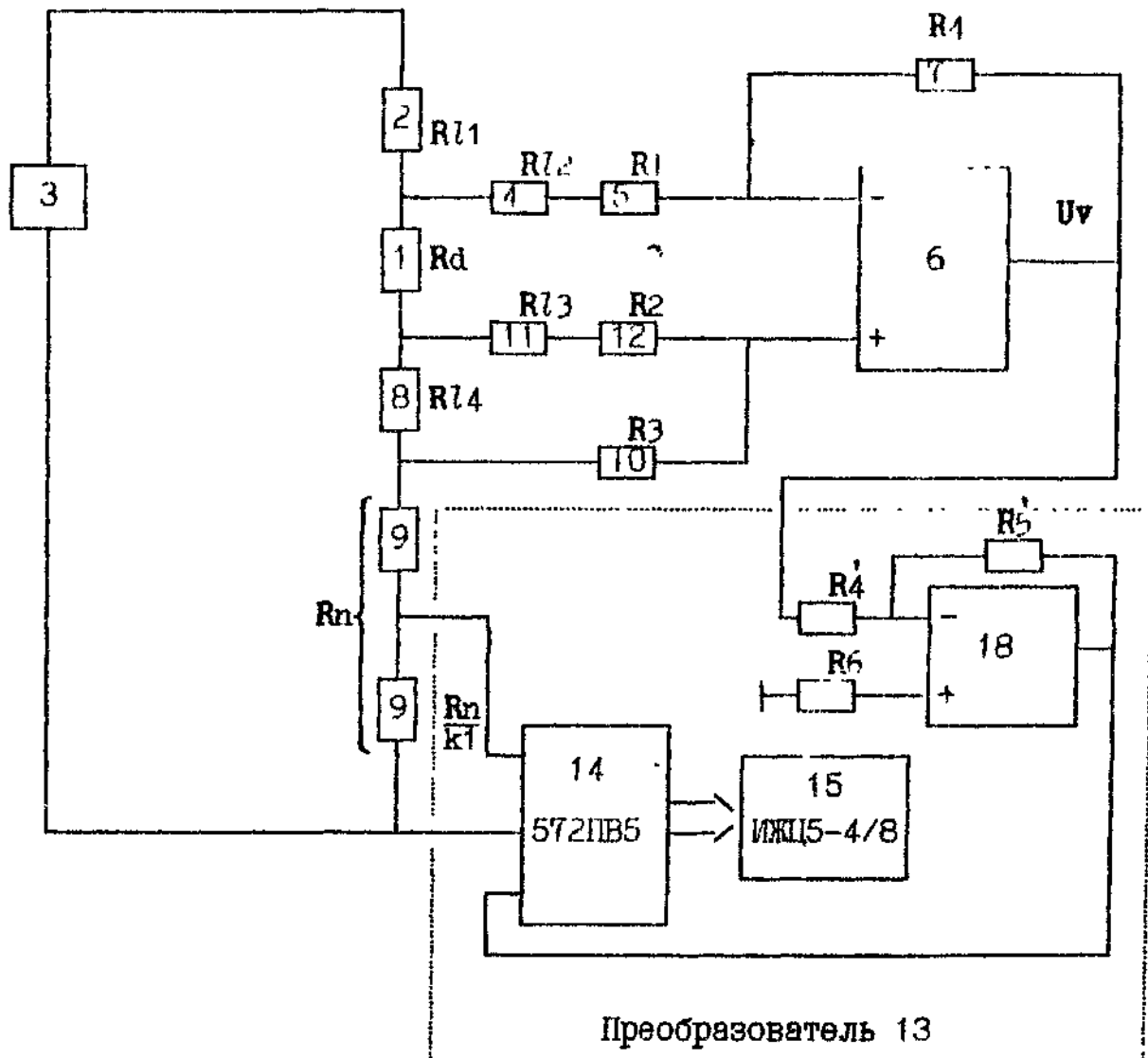
При условии, что $R_1 \gg (R_{l2} + R_{l4} + R_d + R_n)$, коэффициент усиления операционного усилителя 6 по инвертирующему входу равен:

$$K(-) = R_4 / (R_1 + R_{l2} + R_d + R_{l4} + R_n) = R_4 / R_1 \quad (4)$$

и по неинвертирующему входу:

$$K(+) = K(-) + 1. \quad (5)$$

Напряжение на выходе операционного усилителя 6 определяется из выражения:



Фиг. 3

Упорядник Г.Лобачевский

Техред М.Моргентал

Коректор О.Густі

Замовлення 4502

Тираж

Підписне

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

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101



УКРАЇНА

(19) UA (11)

6843

(13) C1

(30) G 01 K 7/18

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

(20) 94301143, 17.05.93

(21) 4826989/10

(22) 18.05.90, SU

(46) 31.03.95. Бюл. № 1

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1536219, кл. G 01 K 7/18 (прото-
тип).

(71) Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова

(72) Лобачевський Георгій Степанович, Ма-
маєв Валерій Миколайович(73) Лобачевський Георгій Степанович, Ма-
маєв Валерій Миколайович(57) Устройство для измерения температуры,
содержащее термометр сопротивления,
первый токовый вывод которого через со-
противление линии связи подключен к пер-
вому зажиму источника тока, операционный
усилитель с резистором обратной связи, ре-
зистор сравнения, второй вывод которого
соединен со вторым зажимом источника то-
ка, а первый вывод резистора сравнения
соединен через третий резистор с неинвер-
тирующим входом операционного усилите-

2

ля и через сопротивление линии связи со
вторым токовым выводом термометра со-
противления, первый потенциальный вывод
термометра сопротивления через сопротив-
ление линии связи и первый резистор соеди-
нен с инвертирующим входом
операционного усилителя, а второй потен-
циальный вывод термометра сопротивления
через сопротивление линии связи и второй
резистор соединен с неинвертирующим вхо-
дом операционного усилителя и общая точка
источника тока и резистора сравнения сое-
динена с общей шиной, о т л и ч а ю щ е с я
тем, что в него введен преобразователь на-
пряжения - значение измеряемого парамет-
ра, первый вход которого соединен с
выходом операционного усилителя, а второй
вход подсоединен к третьему выводу резис-
тора сравнения, общий вывод операцион-
ного усилителя подключен ко второму
выводу источника тока через другие входы
преобразователя напряжения - значение
измеряемого параметра.

Изобретение относится к измеритель-
ной технике и может быть использовано для
измерения малых отклонений от заданного
значения сопротивления, а также для изме-
рения других величин, которые с помощью
резисторных преобразователей (терморези-
сторов, фоторезисторов, тензорезисторов
и т.д.) преобразуются в сопротивление.

Из известных устройств для измерения
температуры наиболее близким к изобре-
тению по технической сущности и достигаемо-
му результату является устройство для
измерения температуры содержащее термо-

метр сопротивления, первый токовый вывод
которого через сопротивление линии связи
подключен к первому зажиму источника то-
ка, операционный усилитель с резистором
обратной связи, резистор сравнения, вто-
рой вывод которого соединен со вторым за-
жимом источника тока, а первый вывод
резистора сравнения соединен через третий
резистор с неинвертирующим входом опе-
рационного усилителя и через сопротивле-
ние линии связи со вторым токовым
выводом термометра сопротивления, пер-
вый потенциальный вывод термометра со-

(19) UA (11) 6843 (13) C1

противления через сопротивление линии связи и первый резистор соединен с инвертирующим входом операционного усилителя, а второй потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и второй резистор соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя и общая точка источника тока и резистора сравнения соединена с общей шиной, причем отношение сопротивления резистора сравнения к сопротивлению термометра сопротивления, соответствующему началу измеряемого диапазона температур, и отношение сопротивления третьего резистора к сопротивлению второго резистора равны значению коэффициента усиления операционного усилителя по инвертирующему входу.

Недостатком этого устройства является необходимость высокоточной стабилизации тока источника тока, а также применение дополнительных элементов, необходимых для создания высокоточного источника тока.

Техническая задача состоит в том, что необходимо решить вопрос, связанный с исключением влияния источника тока на результат измерения.

Другая техническая задача заключается в решении вопроса связанного с необходимостью задания высокоточного опорного напряжения для преобразователя аналогокод. Требования к источникам опорного напряжения весьма жесткие (например, точность задания опорного напряжения составляет тысячные доли процента), что естественно требует применения высокостабильных дорогостоящих элементов и сложных технических решений.

Отличительным признаком предлагаемого устройства является то, что, устройство содержит преобразователь напряжение-значение измеряемого параметра, первый вход которого соединен выходом операционного усилителя, а второй вход подсоединен к третьему выводу резистора сравнения, общий вывод операционного усилителя подключен ко второму выводу источника тока через другие входы преобразователя напряжение-значение измеряемого параметра.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры, а на фиг. 2 и 3 представлены примеры реализации предлагаемого устройства.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры. Устройство содержит термометр сопротивления 1, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи 2 соединен с первым зажимом источника тока 3, первый потенциальный вывод термометра сопротивления 1

через сопротивление линии связи 4 и первый резистор 5 соединен с инвертирующим входом операционного усилителя 6 и с резистором отрицательной обратной связи 7, второй токовый вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 8 соединен с первым выводом резистора сравнения 9 и через третий резистор 10 с неинвертирующим входом операционного усилителя 6, второй потенциальный вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 11 и второй резистор 12 соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя 6, выход операционного усилителя 6 соединен с первым входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра, второй вывод источника тока 3 и второй вывод резистора сравнения 9 соединены с общей шиной и третьим входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра, второй вход преобразователя 13 напряжения-значение измеряемого параметра соединен с третьим выводом резистора сравнения 9.

Устройство работает следующим образом.

Напряжение U_a на первом потенциальном выводе термометра сопротивления равно:

$$U_a = I(R_d + R_{l4} + R_n), \quad (1)$$

где R_d — сопротивление термометра сопротивления;

R_{l4} — сопротивление линии связи 8;

R_n — сопротивление резистора сравнения 9;

I — ток в термометре сопротивления 1.

Учитывая, что $R_d = R_0 + \Delta R$,

где R_0 — сопротивление термометра сопротивления при температуре, соответствующей началу измеряемого диапазона температур;

ΔR — отклонение сопротивления термометра сопротивления от значения R_0 ,

выражение (1) имеет вид:

$$U_a = I(R_0 + \Delta R + R_{l4} + R_n) \quad (2)$$

Напряжение U_b на неинвертирующем входе операционного усилителя, при условии, что $R_2 \gg R_{l3}$ и $(R_2 + R_3) \gg R_{l4}$, равно.

$$U_b = I \cdot R_n + I \cdot R_{l4} \frac{R_3}{R_2 - R_3} \quad (3)$$

При условии, что $R_1 \gg (R_{l2} + R_{l4} + R_d + R_n)$, коэффициент усиления операционного усилителя 6 по инвертирующему входу равен:

$$K(-) = R_4 / (R_1 + R_{l2} + R_d + R_{l4} + R_n) = R_4 / R_1 \quad (4)$$

и по неинвертирующему входу:

$$K(+) = K(-) + 1. \quad (5)$$

Напряжение на выходе операционного усилителя 6 определяется из выражения:

$$U_v = U_b K(-) U_a K(-). \quad (6)$$

После преобразований с учетом выражений (2)-(5) и, принимая $R_3/R_2 = K(-)$ и $R_n/R_0 = K(-)$, окончательно получим:

$$U_v = K(-) \cdot I \cdot R \quad (7)$$

Преобразователь 13 выполняет функцию преобразования выходного напряжения U_v в показания n устройства с использованием падения напряжения на части резистора сравнения 9 в качестве опорного напряжения. Преобразователь 13 напряжение-значение измеряемого параметра выдает показания, когда

$$U_v = U_{on} \cdot k_2 \cdot \frac{n}{N}, \quad (8)$$

где $U_{on} = I \cdot R_n / k_1$ — опорное напряжение;

k_1 — число, определяющее часть сопротивления резистора R_n , принятую для образования опорного напряжения;

N — число, соответствующее конечному значению измеряемой величины;

n — число соответствующее части n/N опорного напряжения при выдаче показаний;

k_2 — число, определяющее заданное отношение U_v к U_{on} (n/N), при котором устройство выдает результат измерения (состояние равновесия).

После подстановки в (8) значения U_v из (7), а также учитывая, что $R_n = R_0 \cdot K(-)$ получим:

$$\Delta R = \frac{R_0 \cdot k_2}{k_1} \cdot \frac{n}{N} = k \cdot n, \quad (9)$$

где $k = R_0 \cdot k_2 / (k_1 \cdot N) = \text{const}$.

Откуда видно, что значение ΔR не зависит от силы тока, поэтому могут быть снижены требования к стабильности источника тока, выходному сопротивлению источника тока, а также исключается необходимость в отдельном источнике опорного напряжения. По этой же причине исключается появление нелинейности функции преобразования из-за изменения тока источника тока при изменении ΔR . Для случая измерения температуры $\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot t$ где $\alpha = 4 \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

$$t = \frac{k_2}{k_1 \cdot \alpha} \cdot \frac{n}{N} \quad (10)$$

При условии, что $k_2 / (k_1 \cdot \alpha \cdot N) = 1$, отсчет температуры производится в единицах температуры ($^{\circ}\text{C}$).

Вместо термометра сопротивления может быть включен любой резистивный чув-

ствительный элемент например, тензорезистор, фоторезистор и т.д. При этом расчет схемы ведется по формуле (9), где вместо ΔR подставляется изменение сопротивления чувствительного элемента 1, определенное по его функции преобразования.

Причем никаких изменений в схеме устройства не требуется.

В случае измерения отклонения ΔR сопротивления резистора от заданного значения при условии, что $k = 1$, число n выражается в единицах сопротивления.

На фиг. 2 показан пример реализации предлагаемого устройства для измерения сопротивления в варианте "ручного уравновешивания", в котором происходит сравнение выходного напряжения U_v операционного усилителя с опорным $U_{on} \cdot n/N$ напряжением, получаемым на выходе переключаемого делителя D. Преобразователь 13 напряжение-значение измеряемого параметра содержит инвертирующий операционный повторитель 14 с резистором обратной связи $R_5 = R_6$ и вспомогательным резистором R_7 .

Число N ступеней делителя напряжения D, состоящего из n равных по сопротивлению резисторов $R_8 \dots R_9$, выбирается с учетом максимального значения отклонения сопротивления измеряемого резистора R_0 . Например, $R_0 = 10 \text{ Ом}$, $\Delta R_{\text{max}} = 1 \text{ Ом}$. Для получения отсчета в сотые доли ома получаем $N = 100$. В качестве нуль-индикатора 22 может быть применен, например, любой магнитоэлектрический гальванометр.

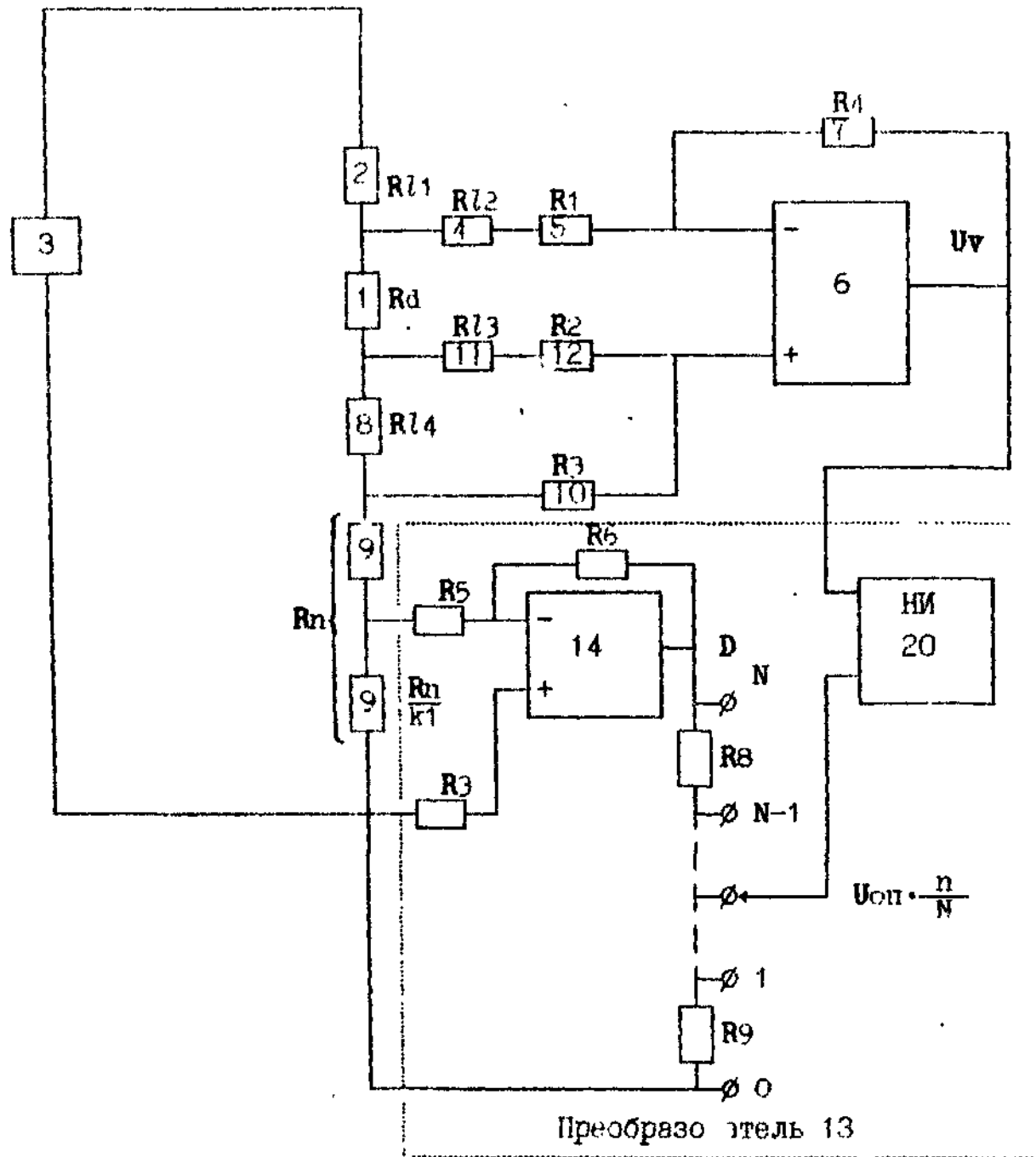
Поскольку равновесие схемы достигается при $U_{on} \cdot n/N = U_v$, из (8) следует, что $k_2 = 1$.

Из условия $k = 0,01$ определяем значение коэффициента k_1 :

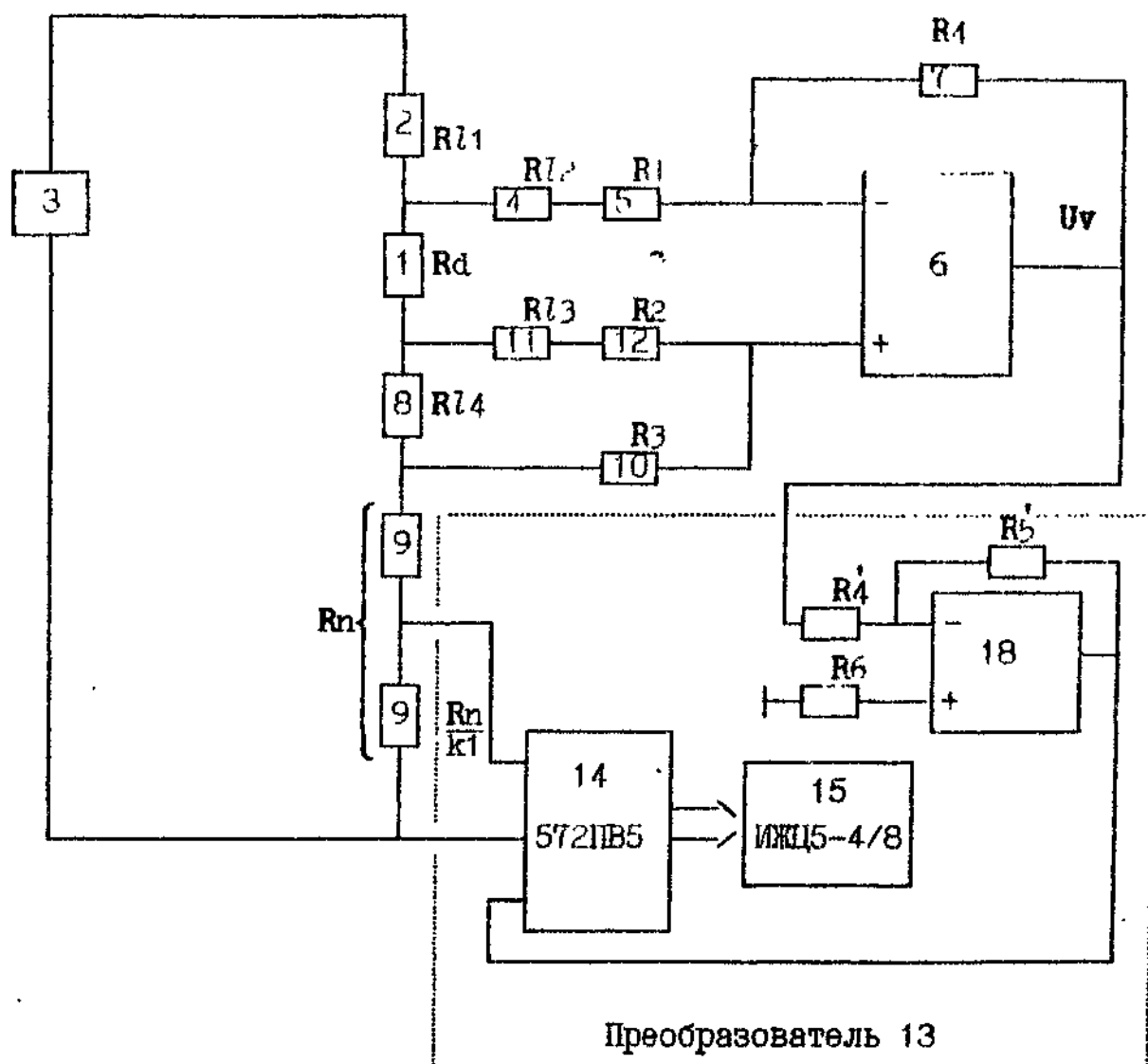
$$k_1 = \frac{R_0 \cdot k_2}{k \cdot N} = 10.$$

Полученное устройство обеспечит измерение отклонения ΔR резистора $R_0 = 10 \text{ Ом}$. Число равное порядковому номеру положения движка делителя D определяет значение отклонения ΔR , выраженное в сотых долях ома. Дальнейшее повышение точности устройства может быть получено путем градуировки шкалы нуль-индикатора, например, в тысячных долях ома.

Результат измерения не зависит от сопротивления линий связи, соединяющей измеряемое сопротивление с устройством. Значение коэффициента $K(-)$ и тока I выбирается с целью обеспечения чувствительности нуль индикатора.



Фиг. 2



Фиг. 3

Упорядник Г.Лобачевский

Техред М.Моргентал

Коректор О.Густі

Замовлення 4502

Тираж

Підписне

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

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101



УКРАЇНА

(19) UA (11) 6843 (13) C1

(51) G 01 K 7/18

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВІМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

(20) 94301143, 17.05.93

(21) 4826989/10

(22) 18.05.90, SU

(46) 31.03.95. Бюл. № 1

(56) Авторское свидетельство СССР № 1536219, кл. G 01 K 7/18 (прототип).

(71) Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова

(72) Лобачевський Георгій Степанович, Мамаєв Валерій Миколайович

(73) Лобачевський Георгій Степанович, Мамаєв Валерій Миколайович

(57) Устройство для измерения температуры, содержащее термометр сопротивления, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи подключен к первому зажиму источника тока, операционный усилитель с резистором обратной связи, резистор сравнения, второй вывод которого соединен со вторым зажимом источника тока, а первый вывод резистора сравнения соединен через третий резистор с неинвертирующим входом операционного усилите-

2

ля и через сопротивление линии связи со вторым токовым выводом термометра сопротивления, первый потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и первый резистор соединен с инвертирующим входом операционного усилителя, а второй потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и второй резистор соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя и общая точка источника тока и резистора сравнения соединена с общей шиной, отличающееся тем, что в него введен преобразователь напряжения - значение измеряемого параметра, первый вход которого соединен с выходом операционного усилителя, а второй вход подсоединен к третьему выводу резистора сравнения, общий вывод операционного усилителя подключен ко второму выводу источника тока через другие входы преобразователя напряжения - значение измеряемого параметра.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения малых отклонений от заданного значения сопротивления, а также для измерения других величин, которые с помощью резисторных преобразователей (терморезисторов, фоторезисторов, тензорезисторов ит.д.) преобразуются в сопротивление.

Из известных устройств для измерения температуры наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является устройство для измерения температуры содержащее термо-

метр сопротивления, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи подключен к первому зажиму источника тока, операционный усилитель с резистором обратной связи, резистор сравнения, второй вывод которого соединен со вторым зажимом источника тока, а первый вывод резистора сравнения соединен через третий резистор с неинвертирующим входом операционного усилителя и через сопротивление линии связи со вторым токовым выводом термометра сопротивления, первый потенциальный вывод термометра со-

(19) UA (11) 6843 (13) C1

противления через сопротивление линии связи и первый резистор соединен с инвертирующим входом операционного усилителя, а второй потенциальный вывод термометра сопротивления через сопротивление линии связи и второй резистор соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя и общая точка источника тока и резистора сравнения соединена с общей шиной, причем отношение сопротивления резистора сравнения к сопротивлению термометра сопротивления, соответствующему началу измеряемого диапазона температур, и отношение сопротивления третьего резистора к сопротивлению второго резистора равно значению коэффициента усиления операционного усилителя по инвертирующему входу.

Недостатком этого устройства является необходимость высокоточной стабилизации тока источника тока, а также применение дополнительных элементов, необходимых для создания высокоточного источника тока.

Техническая задача состоит в том, что необходимо решить вопрос, связанный с исключением влияния источника тока на результат измерения.

Другая техническая задача заключается в решении вопроса связанного с необходимостью задания высокоточного опорного напряжения для преобразователя аналогокод. Требования к источникам опорного напряжения весьма жесткие (например, точность задания опорного напряжения составляет тысячные доли процента), что естественно требует применения высокостабильных дорогостоящих элементов и сложных технических решений.

Отличительным признаком предлагаемого устройства является то, что, устройство содержит преобразователь напряжение-значение измеряемого параметра, первый вход которого соединен выходом операционного усилителя, а второй вход подсоединен к третьему выводу резистора сравнения, общий вывод операционного усилителя подсоединен ко второму выводу источника тока через другие входы преобразователя напряжение-значение измеряемого параметра.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры, а на фиг. 2 и 3 представлены примеры реализации предлагаемого устройства.

На фиг. 1 представлена схема устройства для измерения температуры. Устройство содержит термометр сопротивления 1, первый токовый вывод которого через сопротивление линии связи 2 соединен с первым зажимом источника тока 3, первый потенциальный вывод термометра сопротивления 1

через сопротивление линии связи 4 и первый резистор 5 соединен с инвертирующим входом операционного усилителя 6 и с резистором отрицательной обратной связи 7, второй токовый вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 8 соединен с первым выводом резистора сравнения 9 и через третий резистор 10 с неинвертирующим входом операционного усилителя 6, второй потенциальный вывод термометра сопротивления 1 через сопротивление линии связи 11 и второй резистор 12 соединен с неинвертирующим входом операционного усилителя 6 соединен с первым входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра, второй вывод источника тока 3 и второй вывод резистора сравнения 9 соединены с общей шиной и третьим входом преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра, второй вход преобразователя 13 напряжения-значение измеряемого параметра соединен с третьим выводом резистора сравнения 9.

Устройство работает следующим образом.

Напряжение U_a на первом потенциальном выводе термометра сопротивления равно:

$$U_a = I(R_d + R_{l4} + R_n), \quad (1)$$

где R_d — сопротивление термометра сопротивления;

R_{l4} — сопротивление линии связи 8;

R_n — сопротивление резистора сравнения 9;

I — ток в термометре сопротивления 1.

Учитывая, что $R_d = R_0 + \Delta R$,

где R_0 — сопротивление термометра сопротивления при температуре, соответствующей началу измеряемого диапазона температур;

ΔR — отклонение сопротивления термометра сопротивления от значения R_0 ,

выражение (1) имеет вид:

$$U_a = I(R_0 + \Delta R + R_{l4} + R_n) \quad (2)$$

Напряжение U_b на неинвертирующем входе операционного усилителя, при условии, что $R_2 \gg R_{l3}$ и $(R_2 + R_3) \gg R_{l4}$, равно,

$$U_b = I \cdot R_n + I \cdot R_{l4} \cdot \frac{R_3}{R_2 - R_3}. \quad (3)$$

При условии, что $R_1 \gg (R_{l2} + R_{l4} + R_d + R_n)$, коэффициент усиления операционного усилителя 6 по инвертирующему входу равен:

$$K(-) = R_4 / (R_1 + R_{l2} + R_d + R_{l4} + R_n) = R_4 / R_1 \quad (4)$$

и по неинвертирующему входу:

$$K(+) = K(-) + 1. \quad (5)$$

Напряжение на выходе операционного усилителя 6 определяется из выражения:

$$U_v = U_b \cdot K(1) \cdot U_a \cdot K(-). \quad (6)$$

После преобразований с учетом выражений (2)-(5) и, принимая $R_3/R_2 = K(-)$ и $R_n/R_0 = K(-)$, окончательно получим:

$$U_v = K(-) \cdot I \cdot R \quad (7)$$

Преобразователь 13 выполняет функцию преобразования выходного напряжения U_v в показания n устройства с использованием падения напряжения на части резистора сравнения 9 в качестве опорного напряжения. Преобразователь 13 напряжение-значение измеряемого параметра выдает показания, когда

$$U_v = U_{on} \cdot k_2 \cdot \frac{n}{N}, \quad (8)$$

где $U_{on} = I \cdot R_n / k_1$ – опорное напряжение;

k_1 – число, определяющее часть сопротивления резистора R_n , принятую для образования опорного напряжения;

N – число, соответствующее конечному значению измеряемой величины;

n – число соответствующее части n/N опорного напряжения при выдаче показаний;

k_2 – число, определяющее заданное отношение U_v к U_{on} (n/N), при котором устройство выдает результат измерения (состояние равновесия).

После подстановки в (8) значения U_v из (7), а также учитывая, что $R_n = R_0 \cdot K(-)$ получим:

$$\Delta R = \frac{R_0 \cdot k_2}{k_1} \cdot \frac{n}{N} = k \cdot n, \quad (9)$$

где $k = R_0 \cdot k_2 / (k_1 \cdot N) = \text{const}$.

Откуда видно, что значение ΔR не зависит от силы тока, поэтому могут быть снижены требования к стабильности источника тока, выходному сопротивлению источника тока, а также исключается необходимость в отдельном источнике опорного напряжения. По этой же причине исключается появление нелинейности функции преобразования из-за изменения тока источника тока при изменении ΔR . Для случая измерения температуры $\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot t$ где $\alpha = 4 \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$.

$$t = \frac{k_2}{k_1 \cdot \alpha} \cdot \frac{n}{N} \quad (10)$$

При условии, что $k_2 / (k_1 \cdot \alpha \cdot N) = 1$, отсчет температуры производится в единицах температуры ($^{\circ}\text{C}$).

Вместо термометра сопротивления может быть включен любой резистивный чувст-

вительный элемент например, тензорезистор, фоторезистор и т.д. При этом расчет схемы ведется по формуле (9), где вместо ΔR подставляется изменение сопротивления чувствительного элемента 1, определенное по его функции преобразования.

Причем никаких изменений в схеме устройства не требуется.

В случае измерения отклонения ΔR сопротивления резистора от заданного значения при условии, что $k = 1$, число n выражается в единицах сопротивления.

На фиг. 2 показан пример реализации предлагаемого устройства для измерения сопротивления в варианте "ручного уравновешивания", в котором происходит сравнение выходного напряжения U_v операционного усилителя с опорным $U_{on} \cdot k_1 / N$ напряжением, получаемым на выходе переключаемого делителя D. Преобразователь 13 напряжение-значение измеряемого параметра содержит инвертирующий операционный повторитель 14 с резистором обратной связи $R_5 = R_6$ и вспомогательным резистором R_7 .

Число N ступеней делителя напряжения D, состоящего из n равных по сопротивлению резисторов $R_8 \dots R_9$, выбирается с учетом максимального значения отклонения сопротивления измеряемого резистора R_0 . Например, $R_0 = 10 \text{ Ом}$, $\Delta R_{\text{max}} = 1 \text{ Ом}$. Для получения отсчета в сотые доли ома получаем $N = 100$. В качестве нуль-индикатора 22 может быть применен, например, любой магнитоэлектрический гальванометр.

Поскольку равновесие схемы достигается при $U_{on} \cdot n / N = U_v$, из (8) следует, что $k_2 = 1$.

Из условия $k = 0,01$ определяем значение коэффициента k_1 :

$$k_1 = \frac{R_0 \cdot k_2}{k \cdot N} = 10.$$

Полученное устройство обеспечит измерение отклонения ΔR резистора $R_0 = 10 \text{ Ом}$. Число равное порядковому номеру положения движка делителя D определяет значение отклонения ΔR , выраженное в сотых долях ома. Дальнейшее повышение точности устройства может быть получено путем градуировки шкалы нуль-индикатора, например, в тысячных долях ома.

Результат измерения не зависит от сопротивления линий связи, соединяющей измеряемое сопротивление с устройством. Значение коэффициента $K(-)$ и тока I выбирается с целью обеспечения чувствительности нуль индикатора.

На фиг. 3 показан пример реализации предлагаемого устройства для измерения температуры с применением аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выполненного на микросхеме К572ПВ5 и с использованием цифрового индикатора ИЖЦ5-4/8. В состав преобразователя 13 напряжение-значение измеряемого параметра кроме этого АЦП (стандартные навесные элементы на фиг. 3 не показаны) при необходимости может быть введен операционный усилитель 17 с резистором обратной связи для согласования выходного напряжения U_v с требованиями микросхемы К572ПВ5 для выбранного диапазона измерения. Микросхема К572ПВ5 выдает максимальное показание на индикаторе ИЖЦ5-4/8 1999 при $U_{оп}=100\text{ мВ}$ и $U_{вх}=199,9\text{ мВ}$. Следовательно, из выражения (8) получается $k_2=2$. Для согласования полярности напряжения U_v применяется инвертирующий операционный повторитель 18 с резистором обратной связи $R_4=R_5$ и вспомогательным резистором R_6 . Принимая общее число "ступенек" $N=1999$ и задавая условие, чтобы показания были в десятых долях градуса, из выражения (10) получаем $k_2/(k_1 \cdot a \cdot N)=0,1^\circ\text{C}$, откуда $k_1=2,33$. Значение тока I и коэффициента $K(-)$ выбирается из условия применения микросхемы К572ПВ5, чтобы $U_{оп}=100\text{ мВ}$ и $U_{вх}$ было не более 200 мВ .

Как показано выше, результат измерения приведенных на фиг. 2 и фиг. 3 устройств не зависит от изменений тока I . Значение тока I должно лишь обеспечивать требования чувствительности применяемого в этих преобразователях нуль-индикатора (нуль-органа) Стабилизация напряжения питания устройства должна быть обеспечена лишь в пределах нормальных условий функционирования применяемых элементов (например $\pm 5\%$ для К572ПВ5).

Источник тока может быть образован путем подачи на сопротивление R_{12} напряжения питания через неprecизионный резистор.

При подключении АЦП К572ПВ4 на выходе преобразователя (АЦП) будет представлен восьмиразрядный двоичный код, который можно использовать для дальнейшей обработки.

Испытания устройства показали, что при измерении температуры от минус 50°C до плюс 50°C погрешность измерения не превышает $0,05\%$. При испытаниях вместо медного термометра сопротивления был применен магазин сопротивлений Р4831 кл. $0,02/2 \cdot 10^{-6}$. Изменение показаний, вызыва-

емое увеличением сопротивления линии связи до 100 Ом , не превысило $0,02\%$.

Технический результат в предлагаемом устройстве достигается за счет:

5 — применения одного и того же тока I для образования измеряемого электрического сигнала ($I \cdot \Delta R$) и опорного напряжения ($I R_n/k_1$);

10 — использования одних и тех же элементов схемы ($R_1, R_{12}, R_d, R_{14}, R_n$) в образовании коэффициентов усиления $K(-)$ и $K(+)$. Как видно из выражения (10), результат измерения не зависит от значений $K(-)$ и $K(+)$. Однако это справедливо при сохранении условия

15 $R_4/R_1=R_3/R_2=R_n/R_0$;

— принципиального исключения значения тока из формул расчета погрешности, что создает возможность существенно снизить требования к источнику тока в части его выходного сопротивления и стабильности, снижение требований к стабильности напряжения питания устройства, исключает необходимость в отдельном источнике опорного напряжения. Благодаря перечисленным условиям существенно (в несколько раз) снижается потребляемая им энергия от источника питания (главным образом за счет исключения цепей стабилизации). Сокращение количества элементов схемы обеспечивает повышение его надежности, снижение себестоимости, повышение его технологичности.

По данному принципу могут быть выполнены также устройства для:

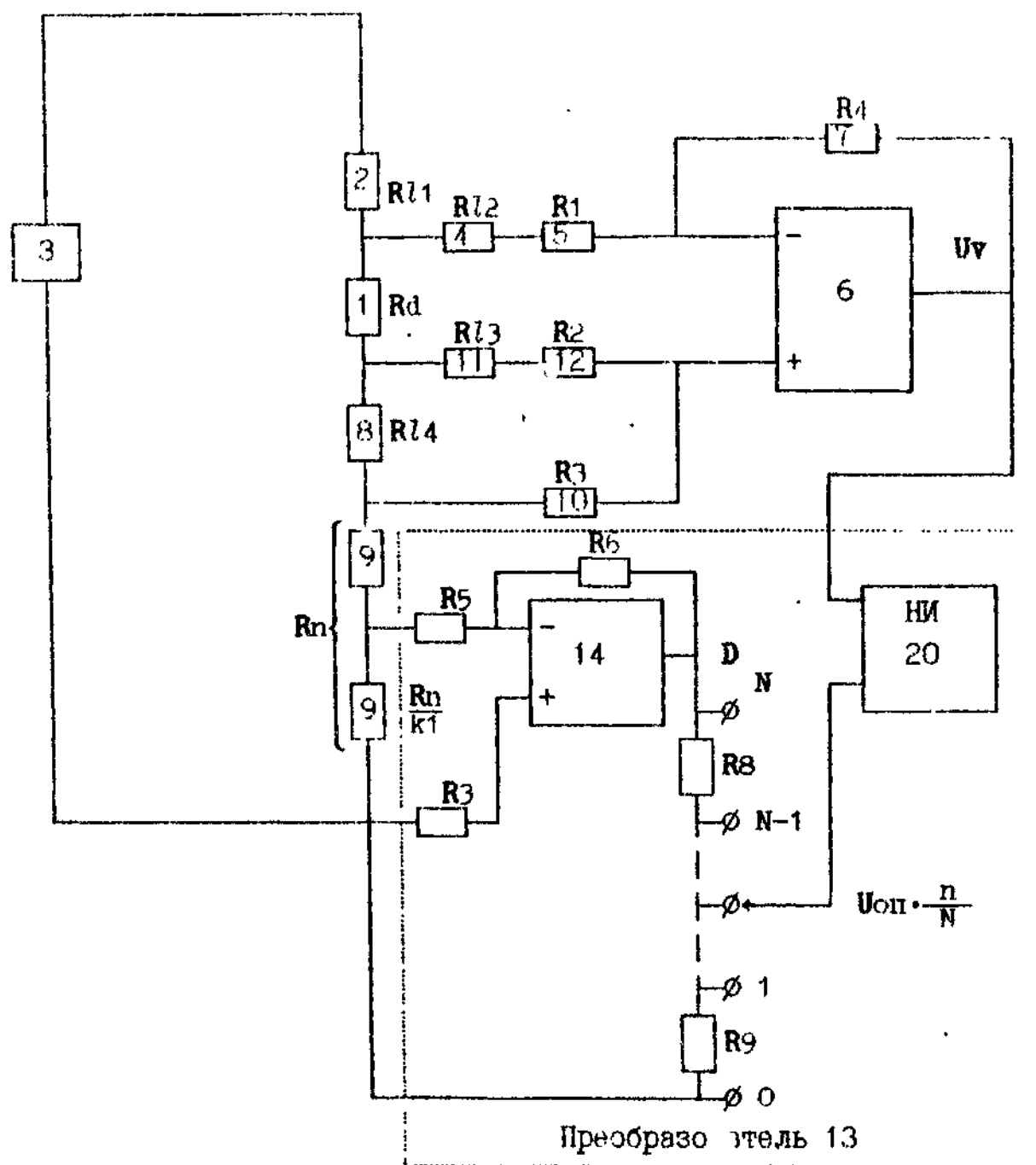
35 — сигнализации об отклонении измеряемого параметра от заданного значения;

— регулирования технологических процессов по отклонению измеряемых параметров от заданного значения;

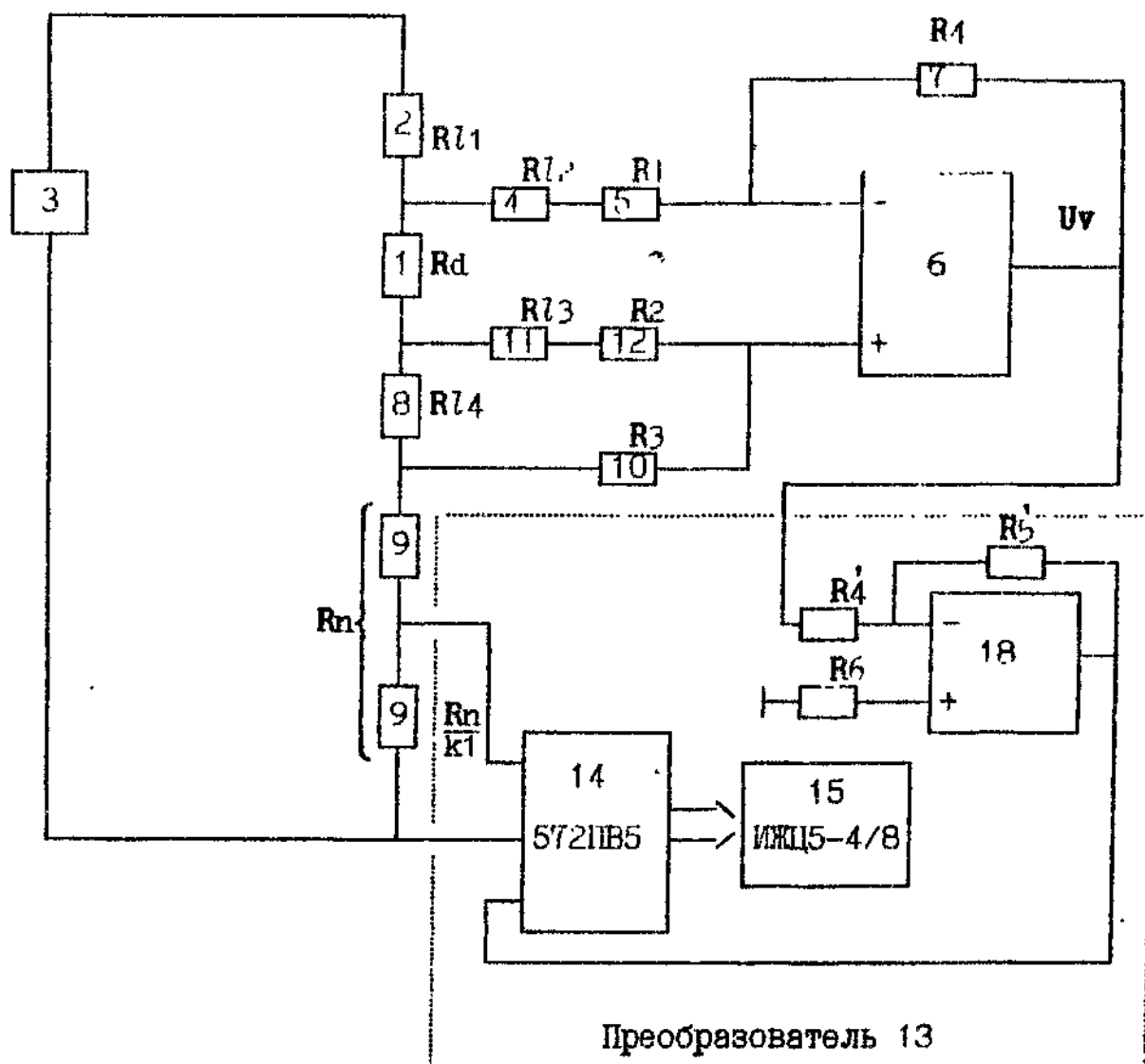
40 — сортировки прецизионных резисторов по отклонению их сопротивления от номинального значения;

— измерения электрического сопротивления взамен сложных измерительных мостов.

Устройство может быть легко реализовано в производственных условиях при серийном производстве, поскольку, как показано в вышеприведенном примере (см. фиг. 2 и 3), в устройстве применяется элементная база широкого применения. Настройка устройства в производственных условиях может производиться с помощью магазина сопротивлений типа Р4831. Параметры резистивного датчика для измерения температуры определяются независимо в двух реперных точках МПТШ.



Фиг. 2



Фиг. 3

Упорядник Г.Лобачевский

Техред М.Моргентал

Корректор О.Густі

Замовлення 4502

Тираж

Підписне

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

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

