



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1560987**

**A1**

(51) **G 01 K 7/02**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4463413/24-10  
(22) 20.07.88

(46) 30.04.90. Бюл. № 16

(71) Львовский политехнический институт им. Ленинского комсомола и Мукачевский приборостроительный завод "Мукачевприбор"

(72) В.Б. Здеб, Р.Н. Огирко, В.А. Яцук, Е.И. Шморгун, Я.М. Борисюк и К.И. Сливка

(53) 536.532 (088.8)

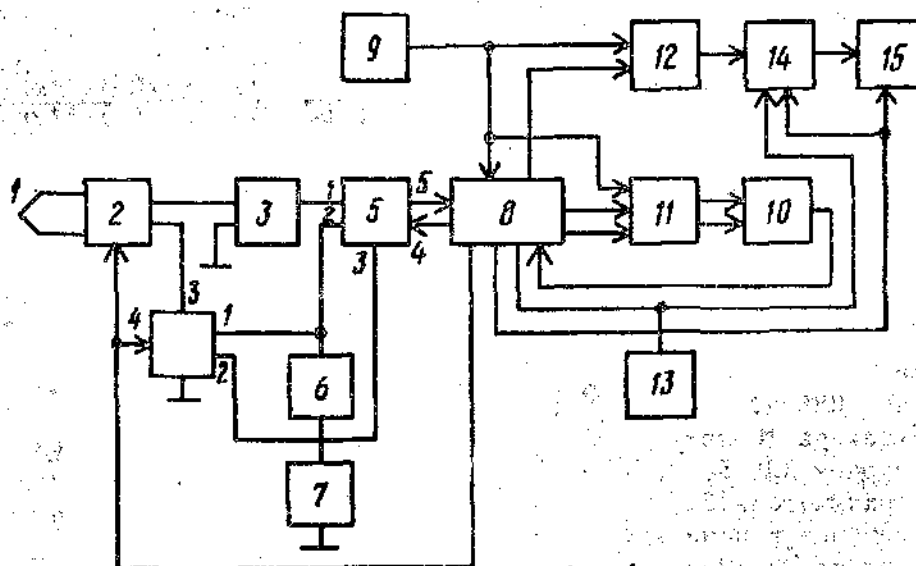
(56) Авторское свидетельство СССР № 1130748, кл. G 01 K 7/12, 1983.

Авторское свидетельство СССР № 1242725, кл. G 01 K 7/02, 1984.

(54) ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

(57) Изобретение относится к температурным измерениям и позволяет повысить надежность цифрового изме-

рителя. На входы преобразователя напряжения в интервал времени (ПНИВ) 5 поступают напряжения с выходов источника 7 напряжения смещения, источника 6 образцового напряжения, компенсационного устройства 4 и усилителя 3, на вход которого поступает через переключатель 2 полярности сигнал с термоэлектрического преобразователя (ТП) 1. ПНИВ 5 совместно с генератором 9 опорной частоты, селекторами 11, 12, блоком 8 управления и реверсивным счетчиком 10 осуществляет преобразование поступающих напряжений в числоимпульсный код, пропорциональный температуре ТП 1, который поступает через функциональный преобразователь 14 в отсчетное устройство 15. 1 з.л. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1560987** **A1**

Изобретение относится к технике температурных измерений и может быть использовано при построении простых щитовых цифровых измерителей температуры, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями.

Цель изобретения - повышение надежности цифрового измерителя температуры.

На фиг. 1 приведена структурная схема цифрового измерителя температуры; на фиг. 2 - схема преобразователя напряжения в интервал времени, на фиг. 3 - схема компенсационного устройства; на фиг. 4 - схема блока управления и его подключение к цифровой части прибора, на фиг. 5 - блок-схема функционального преобразователя.

Цифровой измеритель температуры содержит термоэлектрический преобразователь (ТП) 1, переключатель 2 полярности (ПП), усилитель 3, компенсационное устройство (КУ) 4, преобразователь 5 напряжения во временной интервал (ПНВ), источник 6 образцового напряжения (ИОН), источник 7 напряжения смещения (ИНС), блок 8 управления (БУ), генератор 9 опорной частоты (ГОЧ), реверсивный счетчик (РСЧ) 10, первый 11 и второй 12 секторы, блок 13 индикации полярности, функциональный преобразователь 14 и цифровое отсчетное устройство 15.

ПНВ 5 содержит коммутатор 16, повторитель 17 напряжения, интегрирующие резистор 18 и конденсатор 19, усилитель 20 интегратора и нуль-орган 21. Первый и второй входы ПНВ 5 через первый и второй ключи коммутатора 16 подсоединены к входу повторителя 17 напряжения, неинвертирующий вход усилителя 20 интегратора соединен с инвертирующим входом нуль-органа 21 и служит третьим входом ПНВ 5. Выход нуль-органа 21 через третий ключ коммутатора 16 подсоединен к входу повторителя 17 напряжения и служит выходом ПНВ 5. Управляющий вход коммутатора 16 является управляющим входом ПНВ 5.

КУ 4 содержит переключатель 22, выход которого подсоединен к неинвертирующему входу усилителя 23. Инвертирующий вход усилителя 23 подключен к точке соединения эмиттера первого транзистора 24 и образцового

резистора 25, второй вывод которого подключен к общей шине устройства. База транзистора 24 соединена с выходом усилителя 23, а коллектор транзистора 24 через первый нестабилизированный источник 26 напряжения подключен к первой вершине диагонали питания моста компенсации, вторая вершина этой диагонали соединена с эмиттером транзистора 27. База транзистора 27 подсоединена к выходу усилителя 28, а коллектор через второй нестабилизированный источник 29 напряжения - к четвертому входу КУ 4. Инвертирующий вход усилителя 28 подключен к первой вершине выходной диагонали моста, неинвертирующий вход усилителя 28 соединен с общей шиной устройства. Вторая вершина выходной диагонали моста служит выходом КУ 4. В одной паре противоположных плеч моста расположены термочувствительные резисторы 30 и 31 с линейной зависимостью сопротивления от температуры, а в другой паре плеч - термонеинвариантные резисторы 32 и 33. Это дает возможность с помощью КУ 4 моделировать термо-ЭДС ТП в области изменения температур их свободных концов.

Сопротивление одного из термонеинвариантных резисторов должно быть в  $n$  раз больше, а другого - в  $n$  раз меньше сопротивления термочувствительных резисторов при температуре  $0^\circ\text{C}$ . При этом величину  $n$  определяют из уравнения

$$n^2 + 2n(1 + \alpha t_1) \frac{\frac{1}{I_2} - \frac{t_1}{t_2} \frac{(2 + \alpha t_1)(1 + \alpha t_2)}{(2 + \alpha t_1)(1 + \alpha t_1)}}{\frac{1}{I_2} - \frac{t_1}{t_2} \frac{2 + \alpha t_1}{2 + \alpha t_2}} + 1 = 0,$$

где  $\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления термочувствительных резисторов;  
 $t_1, t_2$  - значения температур свободного спая ТП в пределах диапазона их изменения;  
 $I_1, I_2$  - значения ЭДС ТП стандартной градуировки при температурах  $t_1$  и  $t_2$  соответственно.

БУ 8 содержит делитель 34 частоты, кольцевой счетчик 35, элементы ИЛИ 36-39, RS-триггеры 40-45, D-триггер 46, импульсные трансформаторы 47-50, элементы И 51-54 и элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 55.

Первый селектор 11 выполнен на элементах И 56 и 57.

Функциональный преобразователь 14 содержит двоичный умножитель 56 частоты, счетчик 57 длины участка аппроксимации, формирователь 58 импульсов, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) 59 и счетчик 60 числа участков аппроксимации.

Цифровой измеритель температуры работает следующим образом.

Перед измерением рабочий спай ТП 1 помещают в среду, температуру которой необходимо измерить, а в месте подключения свободных концов ТП располагают термочувствительные резисторы 30 и 31.

Цикл измерения состоит из двух циклов преобразования, каждый из которых состоит из трех тактов. В конце предыдущего цикла измерения ФП 14 и ЦОУ 15 обнуляются (устанавливаются в исходное состояние). В каждом цикле преобразования входное напряжение по методу двухтактного интегрирования преобразуется в числоимпульсный код. Результат измерения определяется по методу коммутационного инвертирования как разность двух результатов двухтактных преобразований, проведенных при противоположных полярностях входного напряжения.

Каждый цикл преобразования состоит из трех тактов. В первом такте происходит установка начального уровня напряжения на интегрирующем конденсаторе 19. Это осуществляется при разомкнутых первом и втором и замкнутом третьем ключах коммутатора 16. При этом на конденсаторе 19 запоминается напряжение смещения  $U_{HO}$  НО 21. Во втором такте происходит заряд конденсатора 19 входным напряжением усилителя 3. В цикле коррекции выходное напряжение усилителя 3

$$U_{yc}^* = K_{yc} (-1_{\theta} + \Delta_{\alpha} + \Delta_{\kappa}),$$

где  $K_{yc}$  - коэффициент усиления усилителя 3;

$1_{\theta}$  - термо-ЭДС ТП;

$\Delta_{\alpha}$  - эквивалентное напряжение смещения, приведенное к входу прибора;

$\Delta_{\kappa}$  - эквивалентное напряжение смещения КУ 4.

При этом

$$\Delta_{\kappa} = R_m \frac{U_{ca} + \Delta_{23}}{R_N} \cdot \frac{\beta}{1+\beta} \cdot \frac{1}{1+1/K_{23}} + \Delta_{23},$$

$$\text{где } R_m = \frac{R_{31} R_{30} - R_{32} R_{33}}{R_{30} + R_{31} + R_{32} + R_{33}};$$

$R_{30} - R_{33}$  - сопротивления резисторов 30-33;

$U_{ca}$  - напряжение сдвига (блок 7);

$R_N$  - сопротивление токозадающего резистора 25;

$\Delta_{23}, K_{23}$  - эквивалентное напряжение смещения и коэффициент передачи усилителя 23;

$\beta$  - коэффициент усиления транзистора 24;

$\Delta_{23}$  - эквивалентное напряжение смещения усилителя 28.

К концу второго такта выходное напряжение интегратора

$$U_{и}^k(T) = U_{HO} - U_{ca} - \frac{U_{yc} - U_{ca} + e_{и} + e_{п}}{C} T,$$

где  $C = R_{18} C_{19}$  - постоянная времени интегрирующей цепи;

$R_{18}, C_{19}$  - соответственно сопротивление и емкость резистора 18 и конденсатора 19;

$e_{п}, e_{и}$  - эквивалентные напряжения смещения повторителя 17 и усилителя интегратора 20;

$T$  - время заряда конденсатора 19.

В третьем такте происходит разряд конденсатора 19 до значения напряжения  $U_{HO} + U_{ca}$ . В этот момент ПНВ 5 переводится в такт установки начального уровня. От начала третьего такта до момента срабатывания НО 21 на протяжении отрезка времени  $t_{\theta}^k$  БУ 8 разрешает прохождение импульсов ГОЧ 9 частотой  $f_0$  через селектор 11 на вычитающий вход РСЧ 10.

$$t_x^k = \frac{U_{yc}^k - U_{сд} + e_u + e_n}{E_0 - e_u - e_n} T,$$

где  $E_0$  — напряжение ИОН 6.

В цикле измерения в код преобразуется выходное напряжение усилителя 3  $U_{yc}^k = K_{yc}(e_\theta + \Delta_\alpha + \Delta_k + U_k)$ ,

$$\text{где } U_k = R_m \frac{E_0}{R_N} \frac{\beta}{1+\beta} \frac{1}{1+1/K_{23}}.$$

Напряжение  $U_{yc}$  преобразуется в интервал времени

$$t_x^u = \frac{U_{yc}^u - U_{сд} + e_u + e_n}{E_0 - e_u - e_n} T.$$

С началом третьего такта цикла измерения БУ 8 разрешает импульсам ГОЧ 9 проходить через селектор 11 на суммирующий вход РСЧ 10. В момент перехода РСЧ 10 через нуль по его выходному сигналу БУ 8 прекращает подачу импульсов ГОЧ 9 на селектор 11 и разрешает их прохождение через селектор 12 на ФП 14. Таким образом происходит вычитание в реальном масштабе времени из длительности интервала  $t_x^u$  длительности интервала  $t_x^k$  и формирование интервала времени  $t_x = t_x^u - t_x^k$ , пропорционального результату измерения. По моменту срабатывания НО 21 в цикле измерения прекращается формирование интервалов времени  $t_x^u$  и  $t_x$  соответственно.

$$t_x = \frac{U_{yc}^u - U_{yc}^k}{E_0 - e_u - e_n} T = \frac{K_{yc}(e_\theta + U_k)}{E_0 - e_u - e_n} T.$$

По моментам перехода НО 21 и РСЧ 10 через нуль в БУ 8 определяют полярность измеряемого напряжения. Если первым через нуль переходит РСЧ 10, а вторым НО 21, то ВИП 13 покажет знак "+", если наоборот — то "-". Соответственно по этому сигналу в ФП 14 подключается схема линеаризации положительных либо отрицательных температур.

В ФП 14 происходит преобразование количества импульсов  $N_x = t_x f_0$ , пропорциональных измеряемой термо-ЭДС ТП  $e_\theta \approx f(Q_x)$ , в количество импульсов  $N_\theta = F N_x$ , пропорциональное измеряемой температуре  $Q_x = \varphi(e_\theta)$ , где  $F$  — коэффициент преобразования ФП 14. Аппроксимация производится по программе, записанной в ПЗУ 59. В ПЗУ 59 записаны коэффициент преобразования

$N_k$  на каждом участке аппроксимации и длительность  $N_0$  каждого участка. Код  $N_k$  устанавливает коэффициент преобразования умножителя 56 частоты, а код  $N_0$  устанавливает в счетчике 57 длительность участка. Числовой код  $N_x$  поступает на умножитель 56, где делится на коэффициент  $F$ . С выхода умножителя импульсы поступают в ЦОУ 15 и на счетчик 57. При переходе счетчика 57 через нуль на его выходе формируется импульс, который приводит к увеличению на единицу содержимого счетчика 60, т.е. изменению адреса выборки ПЗУ. На выходах ПЗУ 59 устанавливаются следующие значения  $N_{k+1}$  и  $N_{0+1}$ . По заданному фронту импульса, приходящего в счетчик 57, формирователь 58 формирует импульс разрешения предварительной записи, по которому в счетчик 57 записывается код  $N_{0+1}$ . При установке ФП 14 в исходное состояние счетчик 60 сбрасывается в нуль, а в счетчике 57 записывается код  $N_1$  длительности первого участка аппроксимации. Алгоритмы аппроксимации для температур выше и ниже  $0^\circ\text{C}$  устанавливаются путем выборки соответствующих областей ПЗУ подачей на старший разряд адреса 0 при  $Q_x > 0^\circ\text{C}$  и 1 при  $Q_x < 0^\circ\text{C}$ .

Компенсационное устройство работает следующим образом.

Переключателем 22 подают на вход стабилизатора тока (элементы 23-26) напряжение  $U_{сд}$  в цикле коррекции, либо  $E_0 + U_{сд}$  в цикле измерения. Нестабилизированный источник 26 напряжения служит для обеспечения активного режима работы транзистора 24. Резистор 25 служит опорным элементом стабилизатора тока. Преобразователь 28 ток — напряжение преобразует плавающее падение напряжения на мосте в напряжение, отсчитываемое относительно общей шины устройства. Нестабилизированный источник 29 напряжения служит для задания активного режима работы транзистора 27. Ток питания моста компенсации замыкается только через источники 26 и 29, транзисторы 24 и 27 и резистор 25. Это позволяет значительно упростить реализацию КУ 4 по сравнению с прототипом без ухудшения метрологических характеристик прибора в целом. Для уменьшения влияния

на результат измерения коэффициента усиления  $\beta$  транзистора 24 он может быть выполнен по схеме составного транзистора. В предлагаемом устройстве практически без методической погрешности моделируется термо-ЭДС ТП в области изменения температуры СК. Кроме этого, исключена АСП, вызванная влиянием активных элементов КУ, контактными ЭДС и токами утечки источников питания.

БК 8 работает следующим образом.

Делитель 34 частоты по частоте  $f_0$  ГЧ 9 формирует импульсы с периодом  $T_0$ . Кольцевой счетчик 35 формирует шесть сдвинутых по времени импульсов длительностью  $T_1$ . По переднему фронту первого и четвертого импульсов на выходе второго импульсного трансформатора 41 формируется сигнал начала второго такта каждого цикла, второго и пятого импульсов на выходе третьего импульсного трансформатора 49 - сигнал начала третьего такта, шестого импульса через первый импульсный трансформатор 47 - сигнал начала первого цикла преобразования. Эти сигналы формируются RS-триггерами 40-42. RS-триггер 43 фиксирует срабатывание НО 21. RS-триггеры 41-43 сбрасываются в "0" сигналом установки в "1" следующего после него триггера. Триггер 40 сбрасывается в "0" сигналом срабатывания НО. Выходной сигнал триггера 40 управляет ПП 2 и переключателем 22 КУ 4, а триггеров 41-43 - работой коммутатора 16 ПНВ 5. Замыкание ключей коммутатора 16 производится единичным уровнем на выходах триггеров 41-43. Триггер 41 задает время заряда интегрирующего конденсатора напряжением  $U_{yc}$ , триггер 42 - время интегрирования опорного напряжения  $E_0$  до момента срабатывания НО, триггер 43 вырабатывает сигнал установки начального уровня интегратора. Выходной сигнал импульсного трансформатора 50, свидетельствующий о срабатывании НО, и сигнал перехода через нуль РСч 10 фиксируются путем сброса в нуль RS-триггеров 44 и 45. Очередность их срабатывания фиксируется D-триггером 46 путем записи в него состояния триггера 44 в момент прохождения сигнала перехода через нуль РСч 10. Таким образом, при  $Q_x > 0^\circ C$  на выходе D-триг-

гера 46 устанавливается нулевой уровень, а при  $Q_x < 0^\circ C$  - единичный. Выход D-триггера 46 служит для индикации знака в ВПН 13 и управления ФП 14. Команду разрешения прохождения импульсов с ГЧ 9 на вычитающий вход РСч 10 по состоянию RS-триггера 44 и второго выхода кольцевого счетчика формирует элемент И 53. Команду разрешения прохождения импульсов на суммирующий вход РСч 10 до момента его обнуления формирует элемент И 54. Сумматор по модулю два 55 анализирует состояние RS-триггеров 44 и 45. При несовпадении их состояний элемент 55 переходит в единичное состояние, что в третьем такте второго цикла преобразования служит сигналом разрешения прохождения импульсов с генератора 9 через селектор 12 на ФП 14.

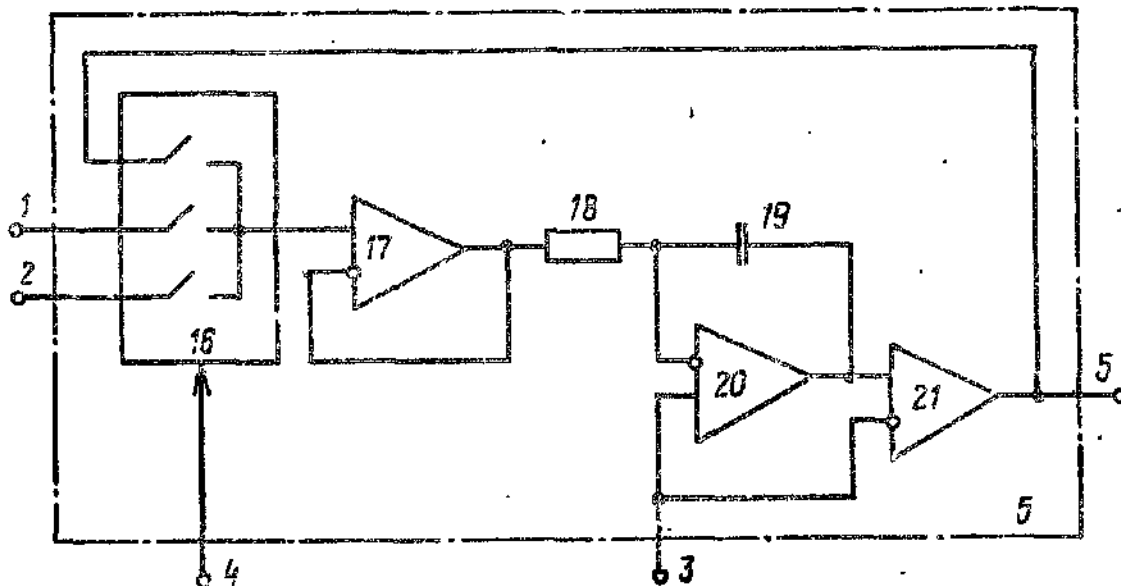
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Цифровой измеритель температуры, содержащий термоэлектрический преобразователь, подключенный к входам переключателя полярности, первый выход которого соединен с первым входом усилителя, источник напряжения смещения, источник опорного напряжения, первый вывод которого соединен с первым входом компенсационного устройства и вторым входом преобразователя напряжения в интервал времени, выход которого подключен к первому входу блока управления, второй вход которого соединен с выходом генератора опорной частоты и первыми входами первого и второго селекторов, реверсивный счетчик, входы которого соединены с выходами первого селектора, а выход подключен к третьему входу блока управления, первый выход которого соединен с управляющими входами компенсационного устройства и переключателя полярности, второй выход подключен к управляющему входу преобразователя напряжения в интервал времени, третий и четвертый выходы соединены соответственно с управляющими входами первого и второго селекторов, пятый выход соединен с третьим входом первого селектора, а шестой выход подключен к управляющим входам блока индикации полярности и функционального преобразователя, вход которого соединен с выходом второго селектора, выход подключен к входу цифрового отсчет-

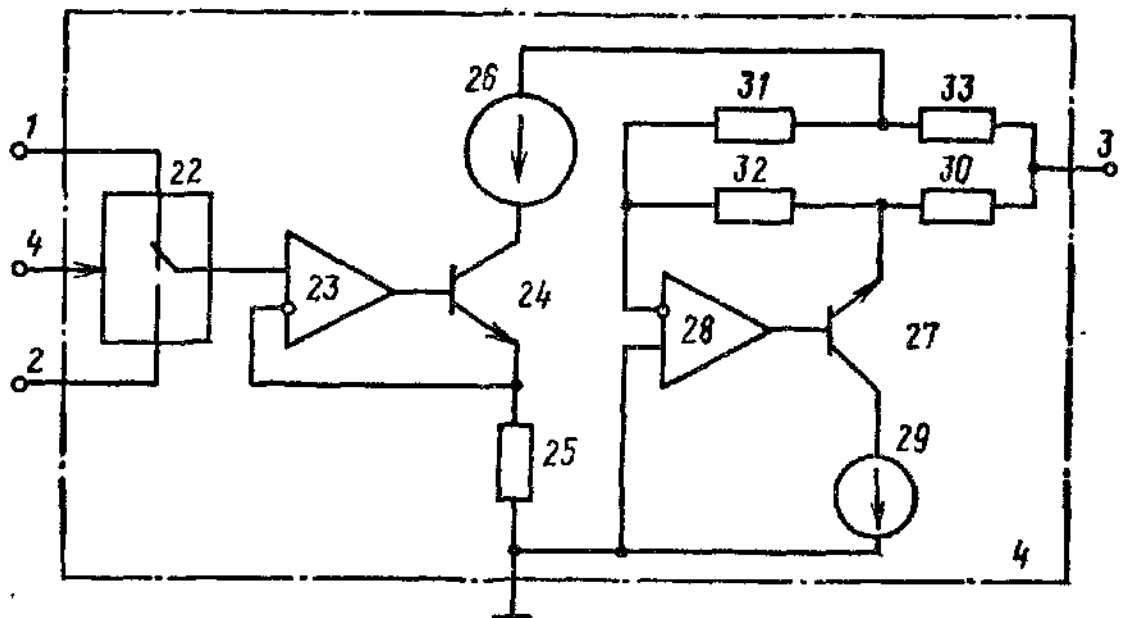
ного устройства, а управляющий вход соединен с управляющим входом цифрового отсчетного устройства и седьмым выходом блока управления, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности, первый вывод источника напряжения смещения подключен к общей шине измерителя, а второй вывод соединен с вторым выводом источника опорного напряжения, вторым входом компенсационного устройства и третьим входом преобразователя напряжения в интервал времени, первый вход которого соединен с выходом усилителя, второй вход которого подключен к общей шине измерителя, соединенной с четвертым входом компенсационного устройства, третий вход которого соединен с вторым выходом переключателя полярности.

2. Измеритель по п.1, отличающийся тем, что компенсационное устройство содержит два операционных усилителя, образцовый резистор, мост компенсации, два транзистора, два дополнительных источника напряжения и переключатель, первый и второй входы которого соединены соответственно с первым и вторым вхо-

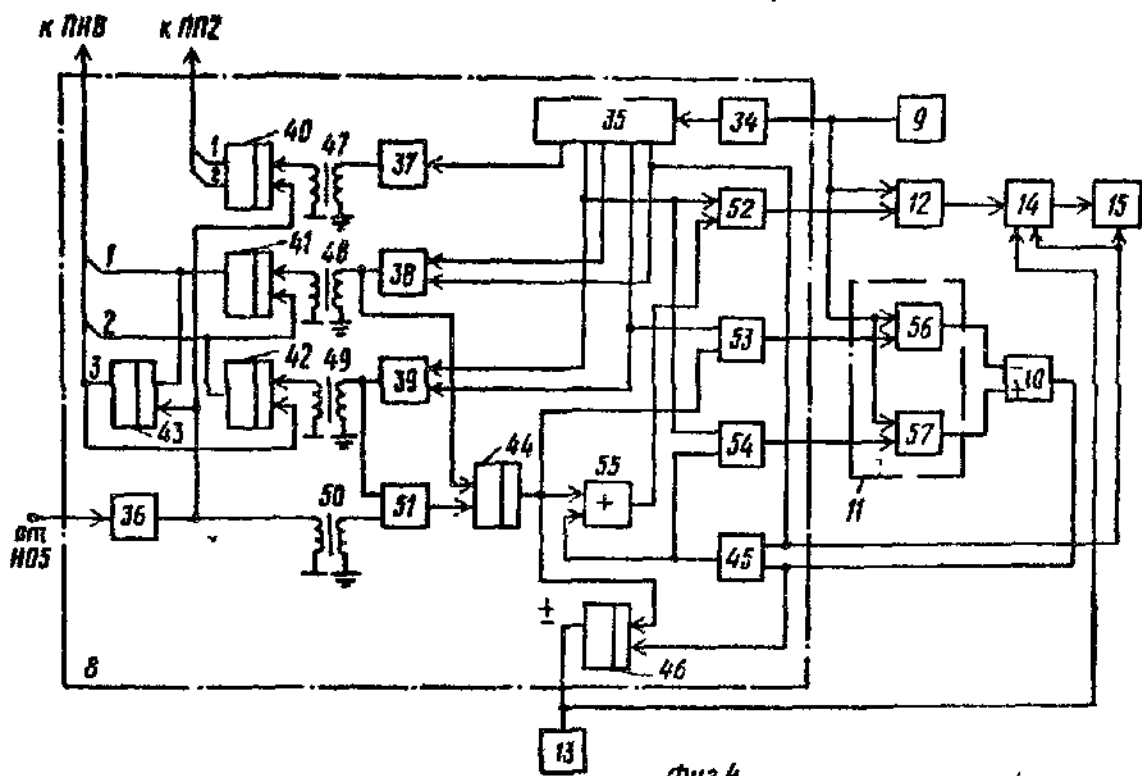
дами компенсационного устройства, управляющий вход соединен с управляющим входом компенсационного устройства, а выход - с неинвертирующим входом первого операционного усилителя, инвертирующий вход которого подключен к точке соединения эмиттера первого транзистора и первого вывода образцового резистора, а выход подключен к базе первого транзистора, коллектор которого через первый дополнительный источник напряжения подключен к первой вершине диагонали питания моста компенсации, вторая вершина которого соединена с эмиттером второго транзистора, база которого соединена с выходом второго операционного усилителя, а коллектор через второй дополнительный источник соединен с четвертым входом компенсационного устройства, вторым выводом образцового резистора и неинвертирующим входом второго операционного усилителя, инвертирующий вход которого соединен с первой вершиной выходной диагонали моста компенсации, вторая вершина выходной диагонали которого является выходом компенсационного устройства.



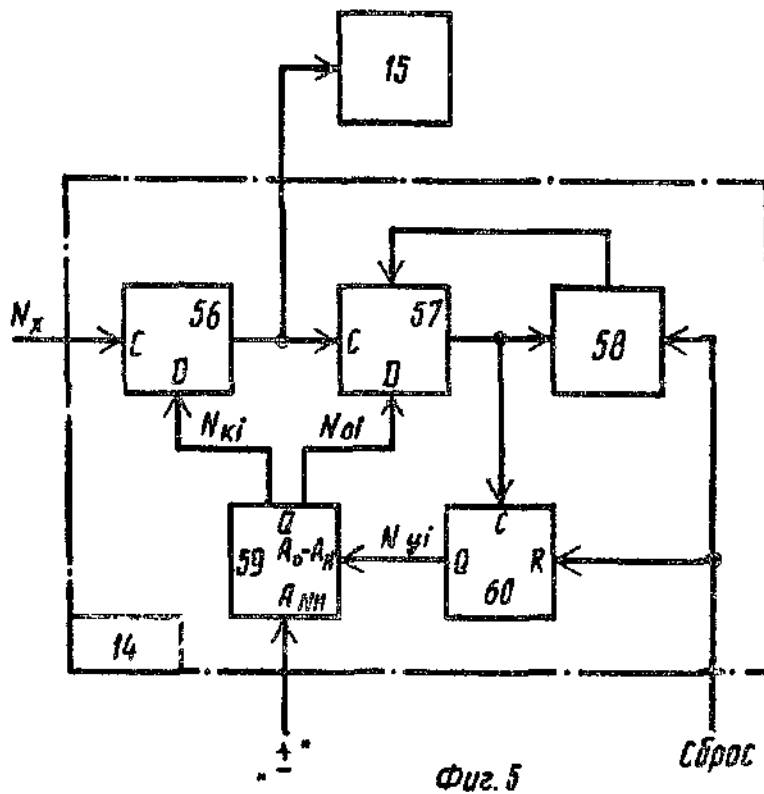
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Редактор Л. Пчолинская      Составитель В. Куликов  
Техред Н. Сердюкова      Корректор М. Самборская

Заказ 973

Тираж 510

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101