



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 012 155⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁵ H 04 N 5/33

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 4906500/09, 30.01.1991

(46) Дата публикации: 30.04.1994

(71) Заявитель:

Александров А.А.,
Славнин М.Г.,
Чаликов С.Ф.,
Штычно В.В.

(72) Изобретатель: Александров А.А.,
Славнин М.Г., Чаликов С.Ф., Штычно В.В.

(73) Патентообладатель:

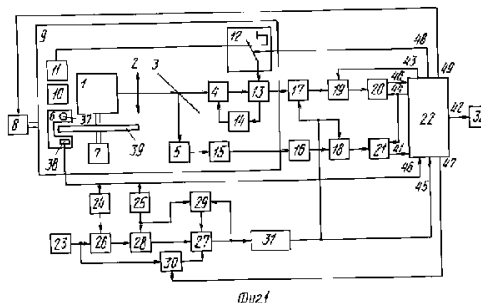
Александров Александр Анатольевич

(54) ТЕПЛОВИЗОР

(57) Реферат:

Использование: в устройствах тепловидения, а именно в тепловизорах, предназначенных для визуального наблюдения тепловых изображений различных объектов посредством бесконтактной оптико-цифровой регистрации собственного и отраженного теплового излучения и отображения теплового портрета в блоке визуализации. Сущность изобретения: тепловизор содержит зеркало 1, объектив 2, приемник 3, датчик положения зеркала 4, привод вращения 5, шаговый привод 6, поворотную платформу 7, эталонный источник 8, датчик температуры 9, модулятор 10, усилитель-преобразователь 11, термоэлектрический охладитель 12, устройство выборки и хранения 13, блок привязки уровня 14, аналого-цифровой преобразователь 15, блок контроллера 16,

блок визуализации 17, формирователь импульсов 18, смеситель 19, дифференциальный усилитель 20, усилитель обратной связи 21, резистор 22. Цель изобретения - повышение точности измерения температуры. 1 з. п. ф-лы, 9 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 012 155** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁵ **H 04 N 5/33**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4906500/09, 30.01.1991

(46) Date of publication: 30.04.1994

(71) Applicant:
**ALEKSANDROV A.A.,
SLAVNIN M.G.,
CHALIKOV S.F.,
SHTYKHNO V.V.**

(72) Inventor: **ALEKSANDROV A.A.,
SLAVNIN M.G., CHALIKOV S.F., SHTYKHNO
V.V.**

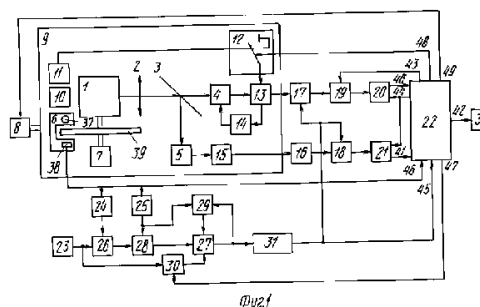
(73) Proprietor:
ALEKSANDROV ALEKSANDR ANATOL'EVICH

(54) **THERMAL IMAGER**

(57) Abstract:

FIELD: thermal imaging devices.
SUBSTANCE: thermal imager has mirror 1, lens 2, detector 3, mirror position sensor 4, rotating drive 5, stepping drive 6, turnable 7, reference source 8, temperature sensor 9, modulator 10, amplifier-converter 11, thermoelectric heat sink 12, retrieval and storage device 13, level fixing unit 14, analog-to-digital converter 15, controller unit 16, visualizing unit 17, pulse shaper 18, mixer 19, differential amplifier 20, feedback amplifier 21, resistor 22. EFFECT: improved temperature measurement accuracy. 2

cl, 9 dwg



Изобретение предназначено для визуального наблюдения тепловых изображений различных объектов посредством бесконтактной оптико-цифровой регистрации собственного и отраженного теплового излучения и отображения теплового "портрета" в видеоконтрольном блоке.

Известен тепловизор (см. М. М. Мирошников. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Учебное пособие для приборостроительных вузов. - Л. : Машиностроение, 1983, с. 598, рис. 360), содержащий зеркало, объектив, фотоприемник, предусилитель. Причем зеркало установлено перед объективом.

Недостатками данного устройства являются отсутствие привязки уровня сигнала к эталонному источнику (например, черному телу), что не позволяет измерить температуру исследуемого объекта, а также невысокое качество восприятия тепловой картины, особенно при использовании фотоприемника малой чувствительности в условиях неустойчивости раstra, вызванного неидеальностью вращения зеркала.

Наиболее близким по технической сущности к предложенному техническому решению является двухспектральный тепловизор, содержащий эталонный источник, находящийся в тепловом контакте с датчиком температуры, а также два идентичных канала (см. Ж. Госсорг. Инфракрасная термография. Основы, техника применения. М. : Мир, 1988, с. 274, с. 362, 379). Каждый канал содержит объектив, привод вращения, последовательно соединенные фотоприемник, предусилитель, видеоусилитель, блок привязки уровня, устройство выборки и хранения, аналого-цифровой преобразователь и видеоконтрольный блок. Развертка (т. е. строчное сканирование и формирование кадра) выполняется за счет двух скрещенных многоплоскостных зеркальных барабанов (призм).

Это устройство обеспечивает более высокое качество визуального восприятия тепловой картины за счет того, что зеркальные вращающиеся элементы развертки находятся внутри корпуса тепловизора за объективом и имеют более обтекаемую форму, чем простое зеркало (отсутствует "эффект вентилятора", когда скорость вращения зеркала существенно зависит от его взаимодействия с окружающим воздухом, а значит от конструкции тепловизора, окружающей температуры, атмосферного давления и т. д.).

Однако оптико-механическая система прототипа требует очень высокого качества изготовления и юстировки вращающихся зеркальных призм (ибо это определяет длину строк, их параллельность, расстояние между строками и проч), иначе даже при очень высокой стабильности привода вращения растр будет сильно искажаться. Это приводит к высокой сложности и стоимости самого устройства. В устройстве (прототипе), которое является двухканальным, обеспечивается повышение качества визуального восприятия тепловой картины за счет сопоставления изображений в двух различных спектральных интервалах ИК-диапазона. Однако двухканальность дополнительно усложняет и существенно

удорожает его (два комплекта дорогостоящей германиевой оптики, два прецизионных сканера с вращающимися зеркальными призмами и т. д.). Тем не менее неидеальности привода вращения приводят к неустойчивости раstra, что, особенно если контрасты наблюдаемых объектов близки к предельной чувствительности фотоприемников, ограничивает область применения тепловизора и снижает качество визуального восприятия тепловой картины.

Кроме того, в этом устройстве нельзя оперативно изменять поле зрения системы (изменение производится только сменой объектива), а также осуществлять форматирование изображения (т. е. задавать число строк в изображении и число элементов в строке) по желанию пользователя. В данном устройстве также возможно измерение температуры, поскольку привязка осуществляется с помощью датчика температуры эталонного источника (внутреннего абсолютно черного тела). Сигнал термокомпенсации вводится в каждом из измерительных трактов после блока привязки уровня с помощью соответствующих автономных компенсационных каналов, что приводит к появлению дополнительных смещений сигналов (т. е. к ошибкам в измерении температуры) за счет временных дрейфов в термокомпенсационных каналах и неидентичности сигнального и термокомпенсационного каналов для каждого диапазона. Кроме того, в рассматриваемой схеме устройства выборки и хранения (УВХ) размещены после соответствующих схем привязки уровня. В этом случае погрешности смещения УВХ (временной дрейф) поступают на аналого-цифровые преобразователи каждого тракта в виде термонеиндепендентных составляющих сигналов и определяют в них общие ошибки измерения температуры, которые являются несепарабельными по отношению к изменению температуры, так как включает в себя и остаточные ошибки термокомпенсации.

Стабилизация абсолютной температуры приемников осуществляется при температуре кипения жидкого азота с помощью криостатирования, которое также обеспечивает высокую чувствительность тепловизора, необходимую, например при проведении медицинских исследований. Однако во многих случаях (например, при контроле некоторых технологических процессов) не требуются дорогостоящие тепловизоры с высокочувствительными приемниками. При этом необходимость стабилизации абсолютной температуры каждого приемника сохраняется, но обеспечение ее, как в прототипе, с помощью криостатирования становится фактором дополнительного усложнения и удорожания устройства, а также ограничивает область возможных применений из-за его неавтономности, связанной с регулярной дозаправкой криостата жидким азотом.

Целью изобретения является повышение информативности изображения путем управления полем зрения.

Соответствие заявляемого технического решения критерию "существенные отличия" определяется тем, что благодаря признакам, отличающим предлагаемое устройство от его прототипа, у устройства появились новые

свойства: уменьшение ошибки термокомпенсации за счет устранения вклада в нее термонеинзависимого смещения (временного дрейфа); устранение вклада термонеинзависимой погрешности смещения устройства выборки и хранения в общую ошибку измерения температуры; представление тепловой картины на фоне видимого изображения при упрощении структуры тепловизора и стабилизации растра; возможность оперативной смены формата изображения; возможность оперативного изменения поля зрения тепловизора.

Данные свойства, обуславливающие достижение цели изобретения, отсутствуют у всех известных устройств аналогичного назначения и определяют преимущества предлагаемого технического решения по отношению к прототипу, если предлагаемое устройство сравнивать с прототипом (или другими аналогичными устройствами) при равных условиях, включающих, например, равную чувствительность фотоприемников и одинаковую собственную стабильность приводов вращения (собственно привод без элементов развертки). В частности, форматирование, т. е. задание числа строк в изображении и числа элементов (отсчетов) в строке, означает вариацию поля зрения при фиксированном пространственном разрешении. Это свойство является новым для предлагаемого устройства. Оно полезно и необходимо при использовании тепловизора, например, для ряда задач теплового контроля (в частности, теплового контроля качества сборки каких-либо электронных блоков, модулей и других изделий электроники), когда объекты контроля могут иметь различные размеры. В таких случаях при использовании устройств, соответствующих прототипу, и других тепловизионных устройств возникает необходимость перемещения тепловизора (приближения или удаления) или смены объективов, что не всегда возможно и поэтому ограничивает сферу их применения. В предлагаемом устройстве возможность вариации поля зрения позволяет избежать попадания в кадр соседних объектов (например, контролируемых блоков), если они располагаются рядом (например, на конвейере) и имеют размеры, меньше, чем полное поле зрения тепловизора.

При работе с объектами, тепловой контраст которых близок к предельной чувствительности фотоприемников, тепловая картина как в прототипе, так и в предложенном устройстве превращается в совокупность нескольких пятен от наиболее горячих точек (объектов). Это ограничивает область применения прототипа, так как затрудняет привязку пятен к конкретным точкам наблюдаемого объекта, особенно в условиях нестабильности растра, приводящей к геометрическим искажениям внутри кадра (затрудняет измерение расстояний, оценивание размеров и проч.) и флуктуациям геометрических параметров наблюдаемого изображения от кадра к кадру (затрудняет измерения пространственных характеристик, ухудшает визуальное восприятие). У предложенного устройства эти недостатки отсутствуют, так как "пятна" тепловой картины накладываются на видимое изображение. Таким образом, возможность

форматирования изображения посредством вариации поля зрения за счет задания числа строк и числа элементов в строке обеспечивает расширение области применения предложенного тепловизора.

5 При фиксированном формате (т. е. зафиксированном числе элементов в строке) увеличение расстояния между отсчетами (элементами в строке) обеспечивает расширение поля зрения вдоль строк, а
10 уменьшение этого расстояния - соответствующее сужение поля. При максимальной длине строк (максимальное число отсчетов) увеличение расстояния между отсчетами создает эффект панорамирования, что означает
15 представление на экране тепловизора сжатой тепловой картины из сдвинутых друг к другу отсчетов, снятых в расширенном угловом секторе. Это позволяет наблюдать и качественно оценивать тепловой режим протяженного объекта (например, кабельных и воздушных линий электропередачи, энергетического, теплотехнического и другого оборудования) для выбора и подробного анализа теплового портрета в том или ином конкретном месте.

20 При уменьшении расстояния между элементами в строке создается эффект одномерной телевизионной лупы, так как при этом не только представляется на экране растянутая вдоль строк тепловая картина, снятая в суженном угловом секторе, но и обеспечивается повышение разрешающей способности вдоль строк при частичном перекрытии отсчетов. При значительном
25 уменьшении расстояния между элементами в строке (перекрытие отсчетов более 50%) прямая визуализация теплового портрета сопровождается значительными искажениями. Однако при этом имеется дополнительная возможность повышения отношения сигнал/шум в изображении за счет (при внесении необходимых дополнений в программу контроллера) усреднения по
30 нескольким соседним отсчетам и визуализации такого числа элементов в строке, которое соответствует угловому расстоянию между крайними отсчетами в строке, деленному на угловой размер самого отсчета. Таким образом, возможность
35 изменения расстояния между отсчетами в строках предлагаемого тепловизора обеспечивает как удобство пользователя, так и расширение области его применения.

На фиг. 1 изображена структурная схема устройства; на фиг. 2 приведен усилитель-преобразователь; на фиг. 3 и 4 - временные диаграммы, иллюстрирующие работу тепловизора; на фиг. 5 - приведен пример выполнения диска одного из
40 возможных вариантов датчика положения зеркала; на фиг. 6 - градуировочная кривая; на фиг. 7 - упрощенная структурная схема блока привязки уровня, на фиг. 8 - пример технической реализации блока привязки уровня; на фиг. 9 - схема программы работы тепловизора.

60 Предлагаемое устройство (см. фиг. 1 и 2) содержит зеркало 1, объектив 2, блок светоделения 3, первый и второй фотоприемники 4 и 5, датчик положения зеркала 6, привод вращения 7, шаговый привод 8, поворотную платформу 9, эталонный источник 10, датчик температуры

11, модулятор 12, усилитель-преобразователь 13, термоэлектрический охладитель 14, предусилитель 15, видеоусилитель 16, первый и второй блоки выборки и хранения 17 и 18, блок привязки уровня 19, первый и второй аналого-цифровые преобразователи 20 и 21, контроллер 22, генератор тактовых импульсов 23, первый формирователь импульсов 24, второй формирователь импульсов 25, первый и второй счетчики 26 и 27, регистр 28, третий формирователь импульсов 29, управляемый делитель 30, четвертый формирователь импульсов 31, видеоконтрольный блок 32, смеситель 33, дифференциальный усилитель 34, усилитель обратной связи 35, резистор 36.

Эталонный источник 10, зеркало 1, объектив 2, блок светоделения 3 и первый и второй фотоприемники 4 и 5 оптически связаны, первый фотоприемник 4, усилитель-преобразователь 13, первый блок выборки и хранения 17, блок привязки уровня 19 и первый аналого-цифровой преобразователь 20 соединены последовательно, второй фотоприемник 5, предусилитель 15, видеоусилитель 16, второй блок выборки и хранения 18 и второй аналого-цифровой преобразователь 21 соединены последовательно, датчик температуры 11 находится в тепловом контакте с эталонным источником 10, выход датчика температуры 11 подключен к первому входу модулятора 12, выход которого соединен с вторым входом усилителя-преобразователя 13, выход термостабилизации усилителя-преобразователя 13 подключен к входу термоэлектрического охладителя 14, который находится в тепловом контакте с первым фотоприемником 4.

Выход датчика положения зеркала 6 соединен со входами первого формирователя импульсов 24, второго формирователя импульсов 25 и с первым входом контроллера 22. Генератор тактовых импульсов 23, управляемый делитель 30, второй счетчик 27 и четвертый формирователь импульсов 31 соединены последовательно, первый и второй входы первого счетчика 26 подключены к выходам генератора тактовых импульсов 23 и первого формирователя импульсов 24 соответственно, а выход соединен с первым входом регистра 28, второй вход регистра 28 подключен к выходу второго формирователя импульсов 25, а выход соединен с вторым входом второго счетчика 27, первый и второй входы третьего формирователя импульсов 29 подключены к выходам второго формирователя импульсов 25 и второго счетчика 27 соответственно, а выход соединен с управляющим входом второго счетчика 27. Выход четвертого формирователя импульсов 31 подключен к вторым входам контроллера 22 и первого и второго блоков выборки и хранения 17 и 18, третий и четвертый входы контроллера 22 соединены с выходами первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21 соответственно, первый выход контроллера 22 подключен к вторым входам первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21, второй, третий, четвертый, пятый и шестой входы контроллера 22 подключены соответственно, к входу видеоконтрольного

блока 32, к управляющему входу шагового привода 8, к входу управления управляемого делителя 30, к второму входу модулятора 12 и к второму входу блока привязки уровня 19.

Усилитель-преобразователь 13 содержит смеситель 33, дифференциальный усилитель 34, усилитель обратной связи 35 и резистор 36, причем выход смесителя 33 подключен к инвертирующему входу дифференциального усилителя 34, дифференциальный усилитель 34 и усилитель обратной связи 35 соединены последовательно, резистор 36 включен между инвертирующим входом и выходом дифференциального усилителя 34.

Выходная ось шагового привода 8 жестко соединена с поворотной платформой 9, на которой механически крепятся эталонный источник 10, датчик температуры 11, привод вращения 7 с жестко закрепленным на нем зеркалом 1, датчик положения зеркала 6, объектив 2, блок светоделения 3, первый и второй фотоприемники 4 и 5, предусилитель 15, усилитель-преобразователь 13, термоэлектрический охладитель 14 и модулятор 12.

Устройство работает следующим образом.

Отраженное от зеркала 1 оптическое излучение объекта через объектив 2 и блок светоделения 3 поступает на светочувствительные площадки первого и второго фотоприемников 4 и 5. Первый фотоприемник 4, выполненный на основе терморезистора, работает в тепловом диапазоне, а второй фотоприемник 5 - в видимом. Сигнал с выхода первого фотоприемника 4 проходит через усилитель-преобразователь 13 на первый блок выборки и хранения 17, выходной сигнал которого корректируется в блоке привязки уровня 19, затем оцифровывается в первом аналого-цифровом преобразователе 20 и подается на третий вход 40 контроллера 22. Сигналы с выхода второго фотоприемника 5 проходят через предусилитель 15 и видеоусилитель 16 на второй блок выборки и хранения 18, выходной сигнал которого оцифровывается во втором аналого-цифровом преобразователе 21 и подается на четвертый вход 41 контроллера 22. Зеркало 1, вращаемое приводом вращения 7, обеспечивает развертку изображения по строке (см. фиг. 4, поз. 58). При этом в поле зрения первого и второго фотоприемников 4 и 5 последовательно попадают эталонный источник 10, в качестве которого можно использовать черное тело, и наблюдаемый объект. Кадровая развертка реализуется путем вращения шаговым приводом 8 поворотной платформы 9. Контроллер 22 управляет кадровой разверткой, выдавая сигналы с выхода 49 на управляющий вход шагового привода 8 (для чего в приводе предусмотрены ключи). Таким образом, в запоминающее устройство, входящее в состав контроллера 22, записываются два цифровых массива, соответствующих видимому и тепловому изображениям. По окончании формирования массивов тепловое изображение контрастируется в контроллере 22 с помощью программной процедуры бинаризации (в простейшем варианте производится поэлементное сравнение изображения с пороговым значением, хранящимся в соответствующей ячейке памяти контроллера

22 и допускающем оперативное изменение) и затем смешивается программно с видимым (например черно-белым) изображением так, чтобы на экране видеоконтрольного блока 32 воспроизводилось изображение видимого канала с окрашенными пятнами, соответствующими нагретым участкам анализируемого объекта, выделенным процедурой бинаризации теплового изображения. Указанная процедура дает возможность пространственной привязки нагретого объекта по деталям видимого изображения даже при использовании малочувствительного приемника, что равносильно получению теплового изображения с высоким температурным разрешением.

Синхронизация работы предлагаемого устройства обеспечивается датчиком положения зеркала 6, который может быть выполнен в виде расположенных друг напротив друга лампочки 37 и фотодиода 38, между которыми размещен диск 39 (см. фиг. 3) с четырьмя отверстиями (для одностороннего зеркала), жестко закрепленный на оси привода вращения 7. При вращении диска 39 в момент прохождения каждого отверстия между лампочкой 37 и фотодиодом 38 вырабатывается синхроимпульс (см. фиг. 3 и 4, поз. 50), который с выхода фотодиода 38 (имеет на своем выходе формирователь импульсов) поступает на первый вход 46 контроллера 22 и входы первого и второго формирователей импульсов 24 и 25.

Нестабильность вращения зеркала 1 может привести к нестабильности раstra, т. е. j-е отсчеты разных (в том числе соседних) строк (j-номер отсчета в строке) будут сниматься при различных угловых положениях зеркала 1. Стабилизация раstra осуществляется следующим образом. Первый счетчик 26, на счетный вход которого поступают импульсы (см. фиг. 3, поз. 51) с выхода генератора тактовых импульсов 23, производит подсчет числа импульсов, укладываемых в измерительный интервал между задним и передним фронтами соседних импульсов с выхода датчика положения зеркала 6 (см. фиг. 3, поз. 50). При этом первый счетчик 26 обнуляется импульсом с выхода первого формирователя импульсов 24 (см. фиг. 3, поз. 52), а в регистр 28 с выхода первого счетчика 26 загружается двоичный код, соответствующий числу тактовых импульсов, укладываемых между соседними отсчетами изображения на строке.

Импульс загрузки (см. фиг. 3, поз. 53) вырабатывается вторым формирователем импульсов 25. При необходимости передний фронт импульсов загрузки можно привязать к переднему фронту тактовых импульсов (см. фиг. 3, поз. 51). В этом случае второй формирователь импульсов 25 может быть выполнен на основе D-триггера (см. Справочник по интегральным микросхемам.) Под ред. Б. В. Тарабрина. М. : Энергия, 1980, с. 725, рис. 5-228), на входы D и C которого подаются импульсы с выходов датчика положения зеркала 6 и генератора тактовых импульсов 23 соответственно. Второй счетчик 27 (здесь может быть использован счетчик с выходом переноса, например 155IE7), работающий на

уменьшение, вырабатывает импульсную последовательность (см. фиг. 3, поз. 54) с периодом, определяющим период съема информации по строке изображения. На первый вход второго счетчика 27 (счетный вход) поступают импульсы с управляемого делителя 30, который может быть реализован на основе делителя частоты с переключаемым коэффициентом деления (например, 561IE15) (см. Бирюков С. А. . Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. М. : Радио и связь, 1990, с. 33-34).

На второй вход (вход данных) второго счетчика 27 подается код с регистра 28, который загружается импульсами с выхода третьего формирователя импульсов 29 (фиг. 3, поз. 55). При каждом цикле загрузки кода во второй счетчик 27 "старая" информация забывается. С выхода 47 контроллера 22 на вход управления управляемого делителя 30 (выводы 2 - 11, 13 - 22 микросхемы 561IE15) по шине поступают сигналы, обеспечивающие установку требуемого коэффициента деления частоты сигнала с выхода генератора тактовых импульсов 23 (см. фиг. 3, поз. 51), который приходит на вход управляемого делителя 30. При этом коэффициент деления (устанавливается программно с клавиатуры, входящей в состав контроллера 22) определяет расстояние между соседними отсчетами изображения по строке а в итоге - поле зрения тепловизора.

Третий формирователь импульсов 29 может быть реализован в виде двух формирователей импульсов (см. Справочник по интегральным микросхемам.) Под ред. Б. В. Тарабрина. М. : Энергия, 1980, с. 668, рис. 5-141 и с. 667, рис. 5-139), выходы которых объединены по схеме ИЛИ, а на входы подаются сигналы с выходов второго формирователя импульсов 25 и второго счетчика 27 соответственно. Импульсы (см. фиг. 3 и 4, поз. 56), управляющие работой (сигнал запуска) первого и второго блоков выборки и хранения 17 и 18 (число импульсов, т. е. количество элементов в строке задается программно и может оперативно изменяться с клавиатуры) вырабатываются четвертым формирователем импульсов 31, на вход которого подаются импульсы с выхода второго счетчика 27. Не смотря на то, что четвертый формирователь импульсов 31 инициирует работу первого и второго блоков выборки и хранения 17 и 18 в течение всего периода сигнала, контроллер 22 выдает (выход 43) импульсы (см. фиг. 4, поз. 62) на второй вход блока привязки уровня 19 только с приходом второго (соответствует моменту попадания эталонного источника 10 в поле зрения) синхроимпульса (см. фиг. 4, поз. 50) с выхода датчика положения зеркала 6, а импульсы (см. фиг. 3 и 4, поз. 57), управляющие работой (сигнал запуска) первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21 (выход 44), - только с приходом "четвертого" (соответствует началу строки) синхроимпульса (см. фиг. 4, поз. 50), для чего интервалы между ними (а они намеренно различны) измеряются с помощью специальной программы в контроллере 32. Интервалы между первым и вторым и между третьим и четвертым синхроимпульсами (см.

фиг. 3, поз. 50) используются для измерения скорости вращения зеркала, т. е. производится подсчет числа импульсов тактовой частоты, уложившихся в этот интервал.

Измерение температуры T_o исследуемого объекта производится программно в контроллере 22 в соответствии с градуировочной кривой (см. фиг. 6), которая заложена в память контроллера 22. Здесь U -сигнал на выходе усилителя-преобразователя 13; T - температура; T_o - температура объекта; $T_{э.и. ном.}$ - номинальная температура эталонного источника (начало отсчета по шкале температур); $T_o. и.$ - текущая температура эталонного источника; $t_{э.и.} = T_{э.и. ном.} - T_{э.и.}$ - нестабильность температуры $T_{э.и.}$ эталонного источника; U_o - сигнал на выходе усилителя-преобразователя при температуре исследуемого объекта T_o ; $U_{э.и.}$ - сигнал на выходе усилителя-преобразователя 13 от эталонного источника при температуре $T_{э.и.}$; $U_{э.и. ном.}$ - сигнал на выходе усилителя-преобразователя 13 при номинальной температуре $T_{э.и. ном.}$ эталонного источника. При этом оцифрованные значения сигнала (выход первого аналого-цифрового преобразователя 20), схемная привязка которых к уровню сигнала от эталонного источника 10 выполняется в блоке привязки уровня 19, поступают на вход 40 контроллера 22, т. е. измерение температуры объекта осуществляется относительно температуры эталонного источника $T_{э.и.}$. Нестабильность температуры $T_{э.и.}$ эталонного источника (уход от номинала на величину $t_{э.и.}$) вносит погрешность в измеряемую температуру объекта T_o из-за отличия сигнала ($U_o - U_{э.и.}$), подлежащего оцифровке в первом аналого-цифровом преобразователе 20, от сигнала $U'_{вх.20} = (U_o - U_{э.и. ном.})$ на величину $U_n = U'_{вх.20}$ (см. фиг. 6).

В рассматриваемом устройстве компенсация температурной нестабильности эталонного источника 10 осуществляется следующим образом.

На входы модулятора 12 поступают сигнал U_t (в виде постоянного напряжения) с выхода датчика температуры 11 (см. Шило В. Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Сов. радио 1979, с. 166, рис. 4.11, а. Здесь в мост включен терморезистор, находящийся в тепловом контакте с эталонным источником 10), пропорциональный уходу температуры эталонного источника 10 от номинала (последний соответствует нулю в входе первого аналого-цифрового преобразователя 20), и импульсы с выхода 48 контроллера 22 (см. фиг. 4, поз. 59), временно положение которых определяется синхроимпульсами (см. фиг. 4, поз. 50) с выхода датчика положения зеркала 6. Выходные импульсы модулятора 12 (фиг. 4, поз. 60), амплитуда которых равна U_t , а фаза определяется знаком U_t и синхроимпульсами, поступают на второй вход усилителя-преобразователя 13 (на вход смесителя 33), выходной сигнал которого показан на фиг. 4, поз. 61. Крутизна передаточной характеристики датчика

температуры 11 выбирается равной крутизне характеристики, приведенной на фиг. 6. Модулятор 12 может быть реализован в виде управляемого коммутатора, на один вход которого поступает сигнал с выхода датчика температуры 11, другой вход заземлен, а на управляющий вход подаются импульсы с выхода 48 контроллера 22. В усилителе-преобразователе 13 сигналы с двух входов складываются, при этом напряжение (перепад) U_o (см. фиг. 4, поз. 61) пропорционально отклонению истинной температуры исследуемого объекта от номинальной температуры эталонного источника $T_{э.и. ном.}$ (см. фиг. 6), что означает компенсацию температурной нестабильности эталонного источника 10. В устройстве-прототипе сигнал термокомпенсации вводится после блока привязки уровня с помощью автономного компенсационного канала, имеющего в своем составе усилитель и сумматор, что приводит к появлению дополнительного смещения сигнала за счет погрешности, вносимой элементами самого компенсационного канала.

В блоке привязки уровня 19, упрощенная схема которого показана на фиг. 7, по импульсному сигналу с шестого выхода 43 контроллера 22 (фиг. 4, поз. 62) (временное положение определяется импульсами, изображенными на фиг. 4, поз. 56, поступающими на вход 45 контроллера 22, а длительность задается программно) запоминается уровень сигнала U_1 , соответствующий эталонному источнику 10, который вычитается при формировании отсчетов изображения. Введение блока привязки уровня 19 между первым блоком выборки и хранения (УВХ) 17 и первым аналого-цифровым преобразователем 20 приводит к тому, что погрешность смещения УВХ присутствует как в сигнале от объекта, так и в сигнале U_1 , соответствующем эталонному источнику 10. В результате вычитания этих сигналов в блоке привязки уровня 19 погрешность смещения УВХ устраняется.

Контроллер 22 выполняет следующие функции: через третий 40 и четвертый 41 входы (первый и второй параллельные порты) воспринимает информацию с выходов первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21, преобразует ее и выдает видеосигналы через видеовыход 42 на видеоконтрольный блок 32; через первый выход 44 (первый одноразрядный порт) выдает импульсы (см. фиг. 3 и 4, поз. 57), управляющие работой первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21 (их временное положение определяется импульсами (см. фиг. 3 и 4, поз. 56), поступающими с выхода четвертого формирователя импульсов 31 на второй вход 45 (второй одноразрядный порт); через шестой выход 43 (третий одноразрядный порт) выдает импульсы (см. фиг. 4, поз. 62), управляющие работой блока привязки уровня; через пятый выход 48 (четвертый одноразрядный порт) выдает импульсы (см. фиг. 4, поз. 59), управляющие работой модулятора 12; через первый вход 46 (вход запроса прерываний, соединенный в контроллере 22 с пятым одноразрядным портом), воспринимает синхроимпульсы (см.

фиг. 3 и 4, поз. 50) с выхода датчика положения зеркала 6 и измеряет временные интервалы между ними, классифицируя на "первый", "второй", "третий" и "четвертый" синхроимпульсы ("второй" синхроимпульс, соответствующий моменту попадания эталонного источника 10 в поле зрения, определяет момент выдачи импульсной последовательности на второй вход блока привязки уровня 19, "четвертый" синхроимпульс используется в качестве начала отсчета при формировании строки изображения); через четвертый выход 47 (третий параллельный порт) управляет работой управляемого делителя 30, записывая в него требуемый коэффициент деления; через третий выход 49 (четвертый параллельный порт) управляет шаговым приводом 8 (как показано в книге Т. Кенио. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. М. : Энергоатомиздат, 1987, для управления шаговым приводом достаточно четырех управляющих сигналов, т. е. требуется четырехразрядный параллельный порт). При этом следует заметить, что одноразрядные порты могут быть однонаправленными (ввода или вывода).

Сигналы видимого канала (выход первого аналого-цифрового преобразователя 20) и теплового канала (выход второго аналого-цифрового преобразователя 21) обрабатываются в контроллере 22 по специальной программе таким образом, что на его видеовыходе 42 формируются видеосигналы черно-белого изображения видимого диапазона и нормализованный видеосигнал теплового диапазона, который соответствует бинаризованному "тепловому портрету" объекта. Пороговое значение при бинаризации теплового изображения устанавливается оператором программно (с клавиатуры, входящей в состав контроллера 22).

Контроллер 22 может быть реализован в виде какой-либо ЭВМ, имеющей видеовыход, вход запроса прерываний, четырех параллельных порта и пять одноразрядных (пятый одноразрядный порт соединен с входом запроса прерываний), в частности на основе управляющей ЭВМ типа IBM PC, снабженной соответствующими платами расширения. В случае отсутствия ЭВМ с необходимой номенклатурой портов можно воспользоваться любой ЭВМ с открытой архитектурой, имеющей видеовыход (обеспечивает формирование цветного многоградиационного изображения) и вход запроса прерываний, и дополнить ее соответствующим числом портов ввода-вывода путем включения их в общую шину (см. книгу Микропроцессоры. Кн. 1. Архитектура и проектирование микроЭВМ. Организация вычислительных процессов/Под ред. Л. Н. Преснухина. - М. : Высшая школа, 1986, с. 79, рис. 3.4, с. 186, рис. 7.13). Видеоконтрольный блок 32 представляет собой цветной телевизионный монитор, связанный с видеовыходом контроллера 22, на экране которого отображаются полученная смесь видимого и бинаризованного теплового изображений и температура в любой его точке кадра, выбираемой оператором с клавиатуры (клавиатура входит в состав контроллера 22).

На фиг. 2 представлена схема усилителя-преобразователя 13, состоящего из дифференциального усилителя 34, смесителя 33, усилителя обратной связи 35 и резистора 36. Неинвертирующий вход дифференциального усилителя 34 соединен с выходом первого фотоприемника 4, который может быть реализован на основе охлаждаемого терморезистора. Инвертирующий вход дифференциального усилителя 34 подключен к выходу смесителя 33. Резистор 36, включенный между выходом и инвертирующим входом дифференциального усилителя 34, обеспечивает отрицательную обратную связь и стабилизацию усиления. Необходимая для поддержания неизменной передаточной характеристики (см. фиг. 4) термостабилизация первого фотоприемника 4 в рассматриваемом устройстве осуществляется за счет параметрической обратной связи. Изменение температуры фотоприемника 4 приводит к возникновению сигнала на выходе дифференциального усилителя 34, который поступает через усилитель обратной связи 35 на термоэлектрический охладитель 14. В установившемся режиме (баланс сигналов, поступающих с одинаковым весом на инвертирующий и неинвертирующий входы дифференциального усилителя 34) использование общего источника питания U_{CM} для смесителя 33 и первого фотоприемника 4 позволяет одновременно обеспечить и нулевое проникновение пульсаций U_{CM} в сигнал.

Схема программы, реализуемая контроллером 22, представлена на фиг. 9. Начальная установка (блок 63) включает в себя начальную установку счетчиков элементов в строке и строк в кадре, шагового привода, поля зрения, а также анализ интервалов между синхроимпульсами, поступающими на вход 36, путем программного опроса одноразрядного регистра ввода (в контроллере 22 вход запроса прерываний соединен с одноразрядным регистром ввода). В результате анализа интервалов контроллер 22 классифицирует синхроимпульсы на первый, второй, третий и четвертый и разрешает прерывание (блок 64) в интервале между первым и вторым синхроимпульсами. С приходом на вход 46 (вход запроса прерываний) второго синхроимпульса производится обработка прерывания (блок 65) и выполняется (блоки 66 и 67) программный анализ содержимого одноразрядного регистра (вход 45). При появлении сигнала на входе 45 контроллером 22 выдаются импульсы (выход 43) на второй вход блока привязки уровня 19, затем разрешается прерывание и выполняется переход к блоку 64. В дальнейшем обработка прерываний (блок 65) производится по приходу каждого синхроимпульса. При этом либо выполняется программа блока 66 (приход второго синхроимпульса), либо программа блока 69 (приход четвертого синхроимпульса), либо разрешается прерывание (блок 64), т. е. первый и третий синхроимпульсы пропускаются. Пропуск каждого первого и третьего синхроимпульса выполняется из-за того, что они используются только для формирования измерительного

интервала при измерении скорости вращения зеркала. В случае прихода четвертого синхроимпульса (соответствует началу отсчета при формировании строки изображения), программный анализ содержимого одноразрядного регистра (вход 45) выполняется в блоках 69 и 70. При появлении сигнала на входе 45 контроллером 22 выдаются импульсы (выход 44) на первый и второй аналого-цифровые преобразователи (АЦП) 20 и 21 (блок 71), считываются и записываются в память (блок 72) коды с выходов первого и второго АЦП 20 и 21. Затем производится увеличение счетчика элементов в строке (блок 73) и проверка на конец строки (блок 74). Если строка не окончилась, выполняется переход к блоку 69. В противном случае обнуляется счетчик элементов в строке (блок 75), осуществляется перемещение зеркала на одну строку путем выдачи (блок 76) управляющих сигналов (выход 49) на шаговый привод 8 и производится проверка на конец кадра (блок 77). Если кадр не окончился, контроллер 22 входит в режим ожидания прерывания (блок 64), т. е. ждет прихода синхроимпульса на вход 46. По окончании кадра прерывания запрещаются, выполняется процедура бинаризации теплового изображения (блок 78) и на видеоконтрольный блок 32 выдается сигнал (выход 42), соответствующий смеси видимого и бинаризованного теплового изображений. Таким образом на экране видеоконтрольного блока 32 будет черно-белое изображение с окрашенными пятнами, соответствующими нагретым участкам анализируемого объекта, а также температура любой выбранной точки кадра.

Контроллер 22 формирует сигналы, поступающие на вход управления шагового привода 8, на вторые входы первого и второго аналого-цифровых преобразователей 20 и 21, что позволяет задавать программно число строк и число элементов изображения в строке (т. е. форматировать изображение), и на вход управления управляемого делителя 30, что обеспечивает возможность оперативного изменения поля зрения тепловизора. Введение первого блока выборки и хранения (УВХ) 17 перед блоком привязки уровня 19 (в прототипе УВХ - после блока привязки) позволяет избавиться от погрешности смещения УВХ. Это означает снижение требований к реализации самого УВХ, т. е. возможность его упрощения и удешевления.

Итак, использование простого и дешевого оптико-механического тракта при структурных изменениях электронного тракта тепловизора без его усложнения (УВХ, место и форма введения компенсационного сигнала) и введении стабилизации раstra в совокупности с возможностями задания числа элементов в строке и числа строк при визуализации изображения, а также управление полем зрения обеспечивают повышение точности измерения температуры и дополнительные удобства пользователя при улучшении визуального восприятия тепловой картины на фоне видимого изображения, что означает удешевление тепловизора и расширение его потребительских свойств при решении задач индикации нагретых частей объекта. Использование сигнала

усилителя-преобразователя 13 для управления термоэлектрическим охладителем 14 позволяет обеспечить термостабилизацию первого фотоприемника 4, а следовательно, и стабилизацию передаточной характеристики тепловизора в целом достаточно простыми техническими средствами. Параллельно снижается проникновение пульсаций источника питания $U_{см}$ в сигнал. Это определяет преимущества предложенного устройства по сравнению с устройством-прототипом.

Формула изобретения:

1. ТЕПЛОВИЗОР, содержащий объектив, первый и второй фотоприемники, предусилитель, видеоусилитель, первый и второй блоки выборки и хранения, блок привязки уровня, первый и второй аналого-цифровые преобразователи, эталонный источник, датчик температуры, видеоконтрольный блок, привод вращения, причем второй фотоприемник, предусилитель, видеоусилитель, второй блок выборки и хранения и второй аналого-цифровой преобразователь соединены последовательно, датчик температуры находится в тепловом контакте с эталонным источником, отличающийся тем, что, с целью повышения информативности изображения путем управления полем зрения, введено зеркало, жестко закрепленное на оси привода вращения, шаговый привод, датчик положения зеркала, поворотная платформа, блок светоделения, модулятор, усилитель-преобразователь, термоэлектрический охладитель, контроллер, генератор тактовых импульсов, первый, второй, третий и четвертый формирователи импульсов, управляемый делитель, первый и второй счетчики, регистр, причем эталонный источник, датчик температуры, датчик положения зеркала, привод вращения, объектив, блок светоделения, первый и второй фотоприемники, предусилитель, усилитель-преобразователь, термоэлектрический охладитель и модулятор установлены на поворотной платформе, которая установлена на выходной оси шагового привода, а эталонный источник, зеркало, объектив, блок светоделения и первый и второй фотоприемники оптически связаны, выход датчика положения зеркала соединен с входами первого и второго формирователей импульсов и с первым входом контроллера, первый фотоприемник, усилитель-преобразователь, первый блок выборки и хранения, блок привязки уровня и первый аналого-цифровой преобразователь соединены последовательно, выход датчика температуры подключен к первому входу модулятора, выход которого соединен с вторым входом усилителя-преобразователя, выход термостабилизации усилителя-преобразователя подключен к входу термоэлектрического охладителя, который находится в тепловом контакте с первым фотоприемником, генератор тактовых импульсов, управляемый делитель, второй счетчик и четвертый формирователь импульсов соединены последовательно, первый и второй входы первого счетчика подключены к выходам генератора тактовых импульсов и первого формирователя импульсов соответственно, а выход соединен с первым входом регистра, второй вход

регистра подключен к выходу второго формирователя импульсов загрузки, а выход соединен с вторым входом второго счетчика, первый и второй входы третьего формирователя импульсов записи подключены к выходам второго формирователя импульсов и второго счетчика соответственно, а выход соединен с управляющим входом второго счетчика, выход четвертого формирователя импульсов подключен к вторым входам контроллера и первого и второго блоков выборки и хранения, третий и четвертый входы контроллера соединены с выходами первого и второго аналого-цифровых преобразователей соответственно, первый выход контроллера подключен к вторым входам первого и второго аналого-цифровых преобразователей, второй, третий,

четвертый, пятый и шестой выходы контроллера подключены соответственно к входу видеоконтрольного блока, к управляющему входу шагового привода, к входу управления управляемого делителя, к второму входу модулятора и к второму входу блока привязки уровня.

2. Тепловизор по п. 1, отличающийся тем, что усилитель-преобразователь содержит смеситель, дифференциальный усилитель, усилитель обратной связи и резистор, причем выход смесителя подключен к инвертирующему входу дифференциального усилителя, дифференциальный усилитель и усилитель обратной связи соединены последовательно, резистор включен между инвертирующим входом и выходом дифференциального усилителя.

5

10

15

20

25

30

35

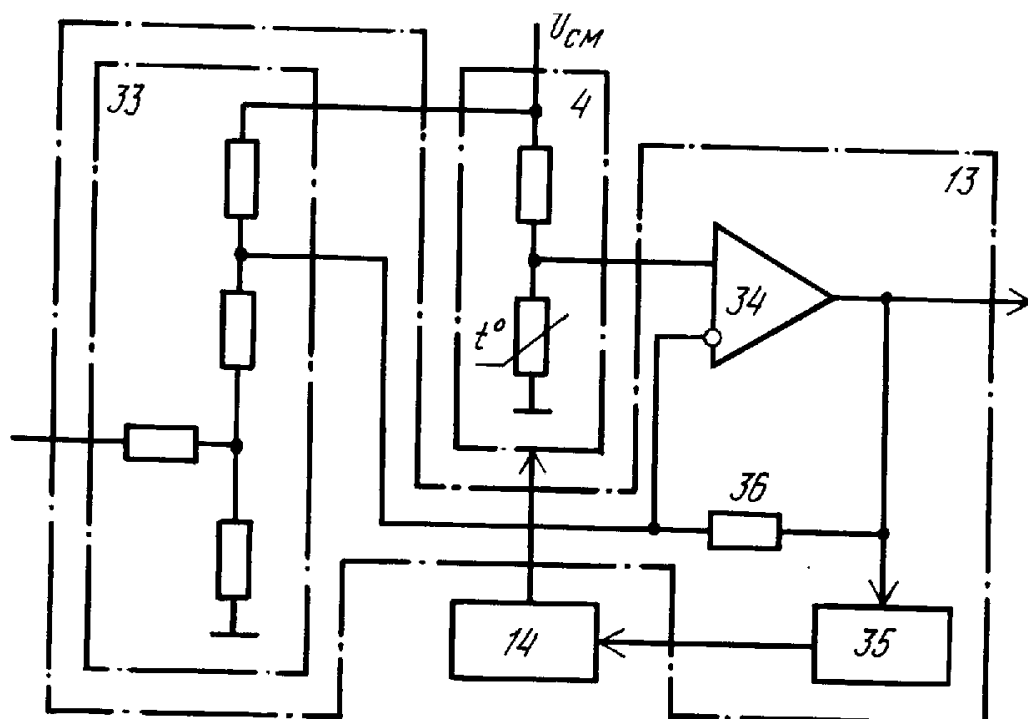
40

45

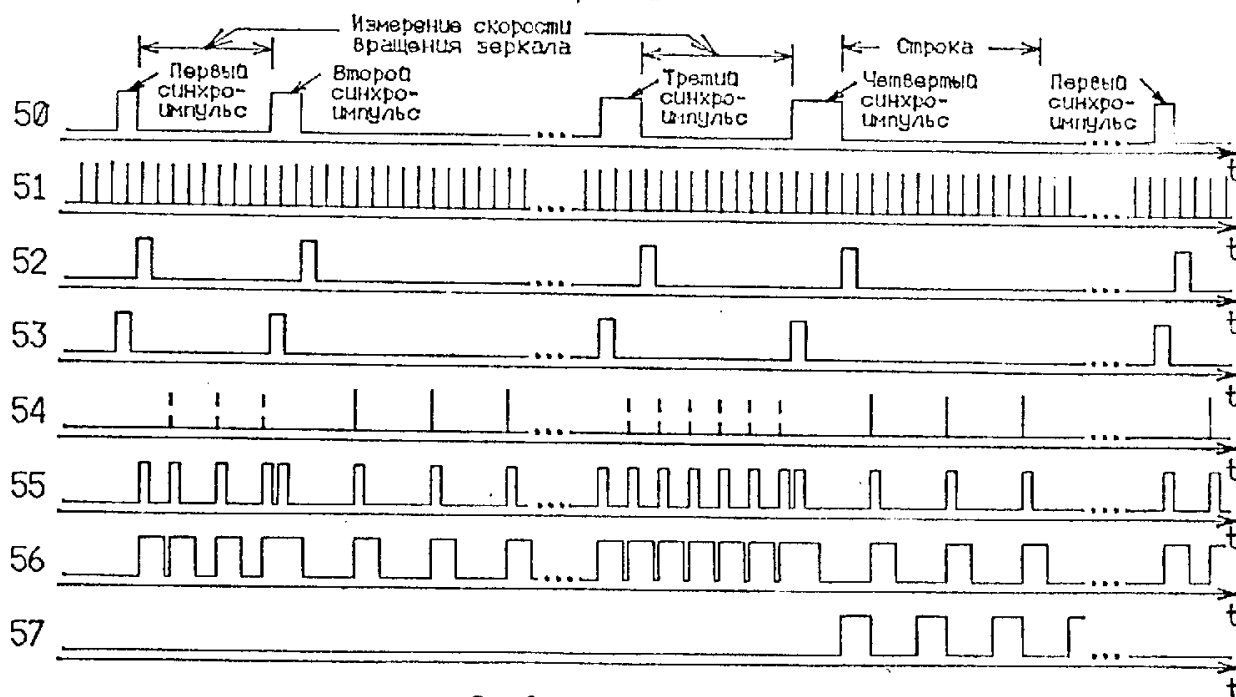
50

55

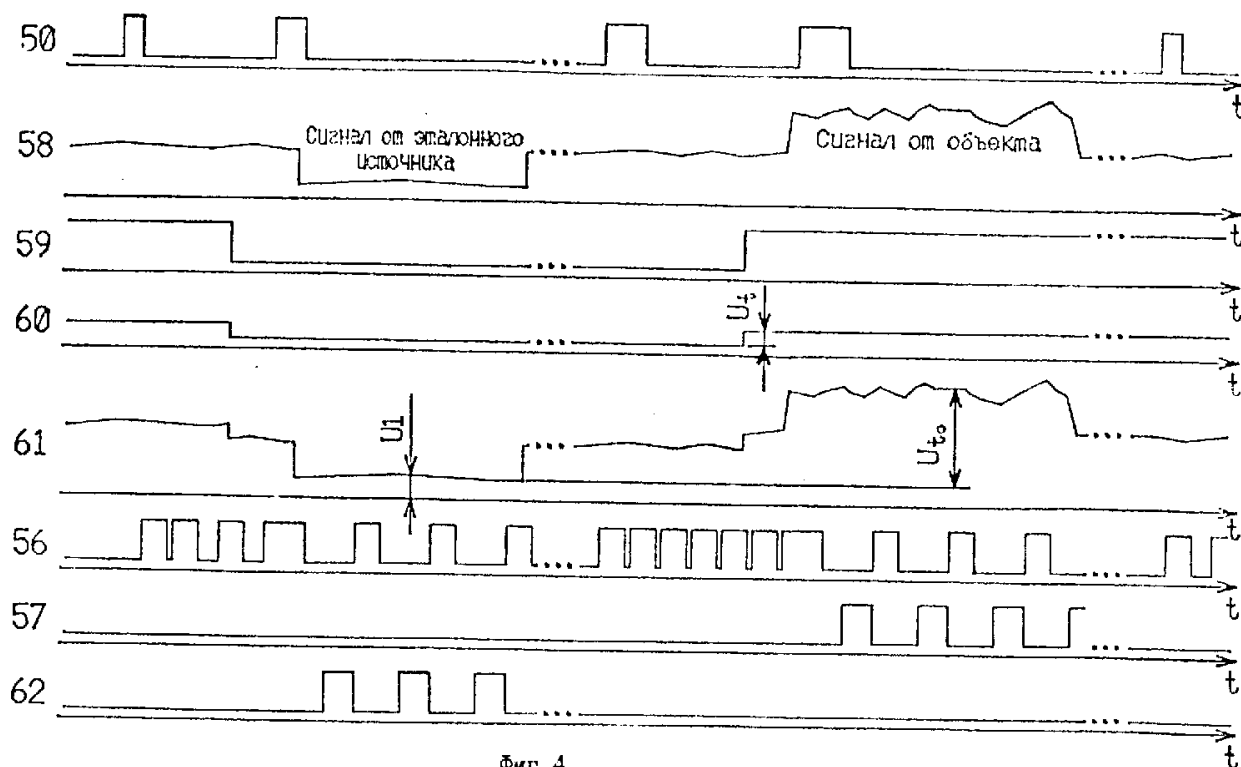
60



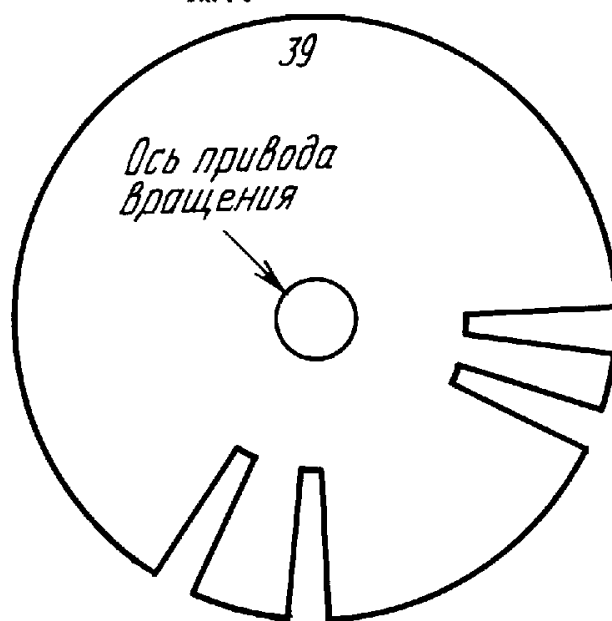
Фиг. 2



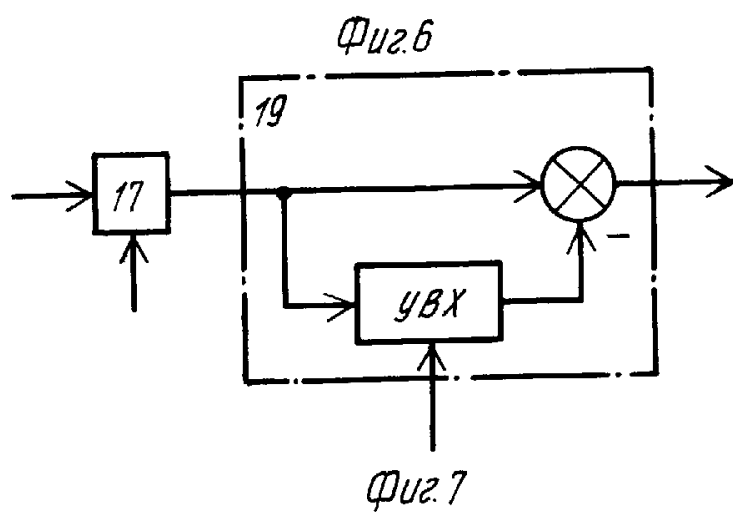
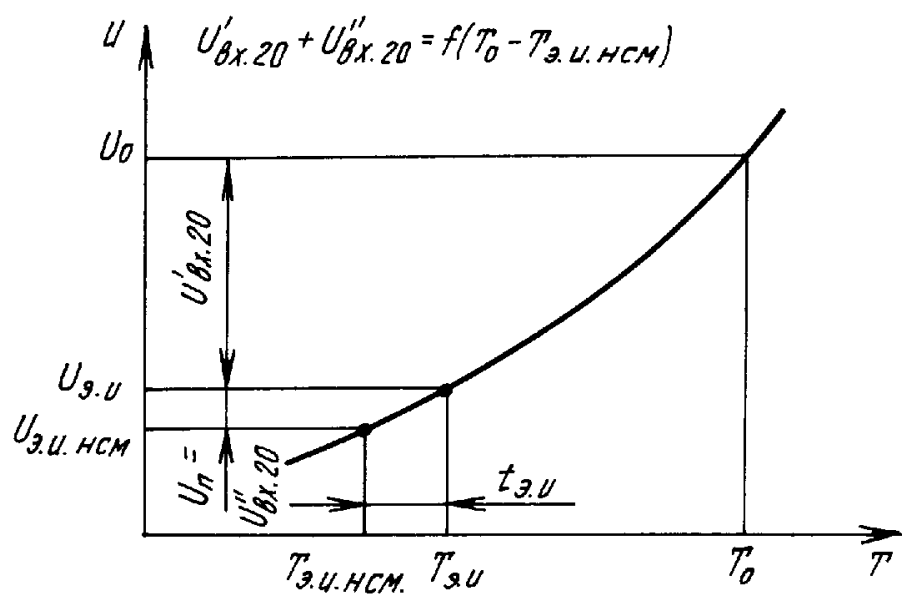
Фиг. 3

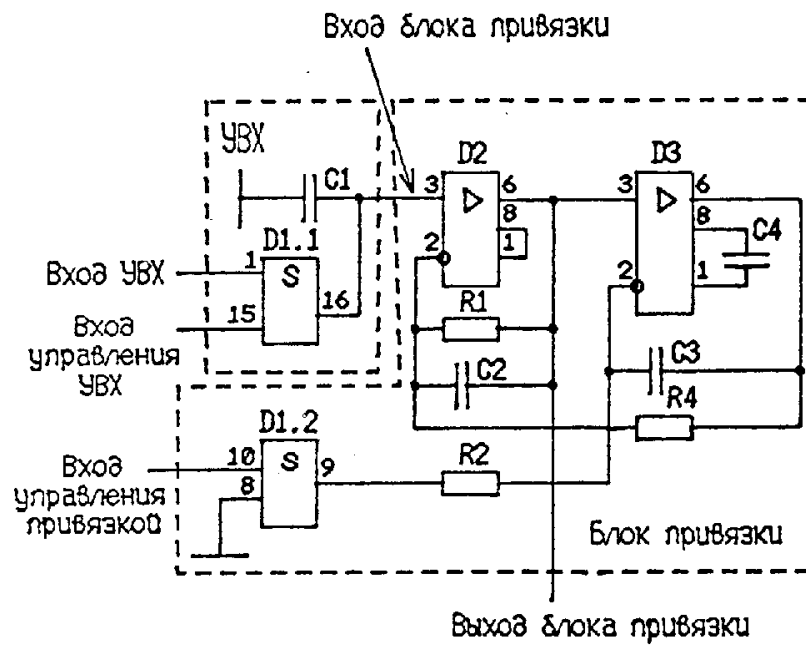


Фиг. 4



Фиг. 5

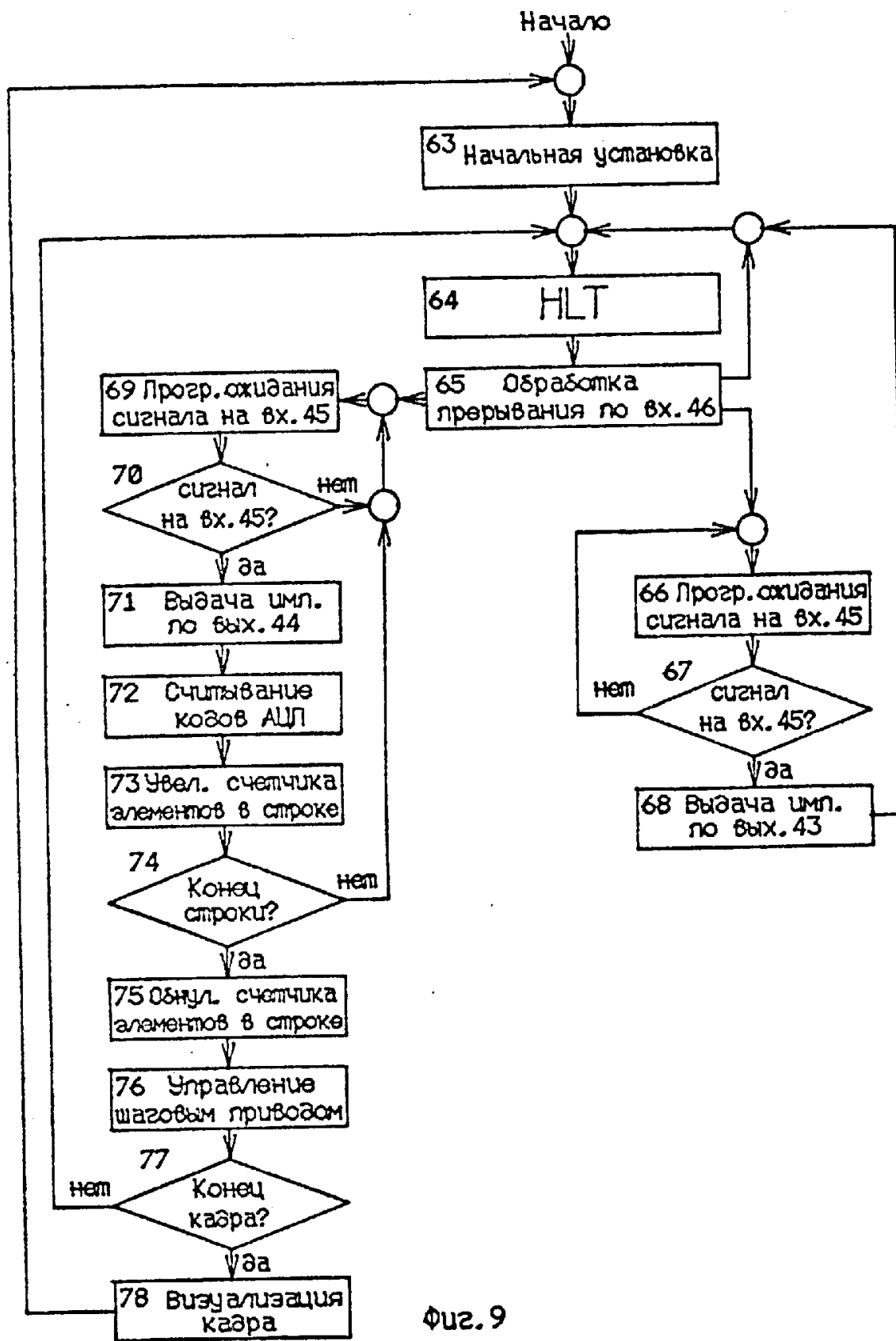




D1 - 590KH4; D2 - 544УД2; D3 - 140УД14

Напряжение заземляется на интеграторе D3

Фиг. 8



Фиг. 9