



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

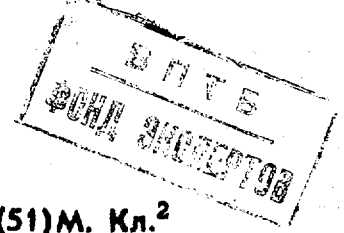
О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (61) Дополнительное к авт. свид-ву -
(22) Заявлено 21.09.77 (21) 2525795/18-25
с присоединением заявки № -
(23) Приоритет -

Опубликовано 05.02.80. Бюллетень № 5
Дата опубликования описания 08.02.80.

(11) 714317



(51) М. Кл.²

G 01 R 31/26

(53) УДК 621.382.3
(088.8)

(72) Автор
изобретения

В. Л. Свирид

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕРМОСТАБИЛЬНОЙ ТОЧКИ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Изобретение относится к измерительной технике, предназначено для измерения координат термостабильной точки характеристик управления полевых транзисторов с повышенной точностью и быстродействием и может быть использовано при технологическом контроле тепловых и других параметров полевых транзисторов различных типов.

Известны устройства для определения координат термостабильной точки полевых транзисторов, основанные на исследовании точки пересечения характеристик управления, снятых при двух значениях температуры окружающей среды.

Одно из таких устройств, позволяющее измерять параметры и характеристики управления полевых транзисторов, содержит регистрирующий прибор, преобразователь параметр-напряжение, генератор импульсов, два синхронных детектора, два аттенюатора, сравнивающее и вычитающее устройства, пропорциональный модулятор и блок напряжений смещения [1].

Это устройство при определении координат термостабильной точки не

обеспечивает соответствующей точности измерений вследствие субъективного характера отсчета с графического изображения точки пересечения характеристик управления, полученных при двух значениях температур окружающей среды. Так как местоположение термостабильной точки зависит от типа характеристик управления (сток-затворная или характеристики крутизны или проводимости канала), необходимо каждую из них снимать в отдельности, при этом из-за отсутствия автоматизации резко снижается производительность измерений.

Известно также устройство для измерения координат термостабильной точки полевых транзисторов, содержащее двухкамерный термостат с системой транспортировки исследуемого прибора из одной камеры в другую, преобразователь параметр-напряжение, соединенный с исследуемым прибором, генератор импульсов, шесть синхронных детекторов, два сравнивающих и три вычитающих устройств, два аттенюатора, пропорциональный модулятор, источник напряжений смещения и генератор-формирователь запускающих им-

пульсов, соединенный с логическим элементом ИЛИ, а также делительное устройство и регистрирующий прибор, подключенный к выходу логического элемента ИЛИ, при этом генератор импульсов подключен к первому и второму синхронным детекторам и пропорциональному модулятору, выход преобразователя параметр-напряжение соединен со входами первого и второго синхронных детекторов, выход первого детектора подключен непосредственно к одному из входов, а выход второго детектора через первый аттенюатор — ко второму входу первого сравнивающего устройства, выход которого соединен с пропорциональным модулятором, подключенным к клемме затвора полевого транзистора, первыми входами третьего и четвертого синхронных детекторов и первым вычитающим устройством, выход которого соединен с первыми входами пятого и шестого синхронных детекторов, а второй вход — через второй аттенюатор подключен к клемме истока полевого транзистора, которая соединена с выходом второго сравнивающего устройства, соответствующие входы которого подключены к выходам второго синхронного детектора и блока напряжений смещения, вторые входы третьего и пятого синхронных детекторов подключены к выходу генератора — формирователя импульсов, а четвертого и шестого — к выходу логического элемента ИЛИ, выходы пятого и шестого синхронных детекторов соединены с соответствующими входами второго вычитающего устройства [2].

Данное устройство также не обеспечивает высокой точности и производительности измерений, вследствие отмеченных выше причин.

Цель предлагаемого изобретения — повышение точности и автоматизации измерений.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство введены третий и четвертый аттенюаторы, третье сравнивающее устройство, RS-триггер, функциональный преобразователь и масштабный усилитель, причем выход третьего синхронного детектора соединен непосредственно с одним из входов, а выход четвертого детектора через третий аттенюатор — со вторым входом третьего сравнивающего устройства, соединенного с R-входом RS-триггера, S-вход которого подключен к выходу генератора — формирователя импульсов, а выход — ко второму входу логического элемента ИЛИ и системе транспортировки исследуемого элемента, выход пятого синхронного детектора соединен непосредственно с одним из входов, а выход шестого детектора через четвертый аттенюатор — со вторым входом третьего вычитающего устройства, подключенного к регистрирующему при-

бору, выход третьего синхронного детектора соединен непосредственно с одним из входов, а выход второго вычитающего устройства через функциональный преобразователь — со вторым входом делительного устройства, выход которого через масштабный усилитель, сопряженный с преобразователем параметр-напряжение, подключен к регистрирующему прибору, который соединен с функциональным преобразователем, третьим вычитающим устройством и четвертым аттенюатором.

Известно, что:

$$U_{\text{зпо}} = U_{\text{зпото}} - \alpha \frac{U_{\text{зпото}} - U_{\text{зпото}}}{1 - \frac{\delta S}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}}) / \frac{\delta S'}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}})}, \quad (1)$$

$$P(U_{\text{зпо}}) = \alpha \frac{\delta S}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}}) \left[\frac{U_{\text{зпото}} - U_{\text{зпото}}}{1 - \frac{\delta S}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}}) / \frac{\delta S'}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}})} \right]^\alpha, \quad (2)$$

где $U_{\text{зпо}}$ — напряжение затвор-исток полевого транзистора соответствующее термостабильной точке исследуемой характеристики;

α — степень аппроксимирующего полинома характеристик управления полевого транзистора $\alpha = 1$ — для характеристик крутизны $S = f(U_{\text{зи}})$ в усилительном режиме и проводимости канала $G = f(U_{\text{зи}})$ в режиме управляемого сопротивления и $\alpha = 2$ — для сток-затворных характеристик;

$U_{\text{зпото}}$, $U_{\text{зпото}}$ и $\frac{\delta S}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}})$, $\frac{\delta S'}{\delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зи}})$ — напряжения отсечки и производные крутизны по напряжению затвор-исток $U_{\text{зи}}$ в одной из точек характеристики крутизны при двух значениях температуры окружающей среды, соответственно, t^0 и t^1 ;

$P(U_{\text{зпо}})$ — ордината термостабильной точки в соответствующих единицах измерения исследуемых характеристик полевого транзистора.

Переходя к конечным приращениям и выполняя в процессе измерений условие

$$\Delta S = \Delta S', \quad (3)$$

выражения (1) и (2) представляем в общем виде:

$$U_{\text{зпо}} = \left(1 - \frac{\alpha}{1-k}\right) \left[U_{\text{зпото}} - \frac{U_{\text{зпото}}}{\frac{1-k}{\alpha} - 1} \right], \quad (4)$$

$$P(U_{\text{зпо}}) = \frac{\alpha}{(1-k)^\alpha} \frac{S(U_{\text{зи}})}{\eta \Delta U_{\text{зи}}} (U_{\text{зпото}} - U_{\text{зпото}})^\alpha, \quad (5)$$

где

$$K = \frac{\Delta U_{зи}}{\Delta U_{зи}'} \quad (6)$$

При изменении температуры окружающей среды в относительно не широких пределах этот коэффициент (6) может быть принят равным 1,25;

$S(U_{зи})$ — одна из отсчетных точек характеристики крутизны при определении производной, соответствующая, например, пределу измерения крутизны;

$$\eta = \frac{S(U)}{\Delta S} \text{ — коэффициент связи между крутизной и приращением крутизны (при измерениях может быть принят, равным двум).}$$

Таким образом, для измеряемых координат, соответственно, характеристик крутизны, проводимости канала и сток-затворной можно записать:

$$U_{зи0,9} = 5(U_{зи0тс} - \frac{4}{5} U_{зи0тс}'), \quad (7)$$

$$U_{зи0тс} = 9(U_{зи0тс} - \frac{8}{9} U_{зи0тс}'), \quad (8)$$

$$S(U_{зи0,9}) = G(U_{зи0,9}) = 2 \frac{S(U_{зи})}{\Delta U_{зи}} (U_{зи0тс} - U_{зи0тс}') \quad (9)$$

$$I_c(U_{зи0тс}) = 16 \frac{S(U_{зи})}{\Delta U_{зи}} (U_{зи0тс}' - U_{зи0тс})^2 \quad (10)$$

Предлагаемое устройство в автоматическом режиме производит измерение напряжения отсечки и приращения напряжения, пропорционального производной при двух значениях температуры, при которых автоматически выполняются условия (3) и (6) и, в соответствии с (4) и (5), определяет искомые координаты, обеспечивая выигрыш в точности и быстродействии измерений.

На фиг. 1 представлена структурная схема предлагаемого устройства для измерения координат термостабильной точки полевых транзисторов; на фиг. 2 — характеристики крутизны при двух значениях температуры окружающей среды, поясняющие принцип измерений; на фиг. 3 — диаграммы, поясняющие принцип работы устройства.

Устройство (фиг. 1) содержит ряд функциональных систем. Исследуемый транзистор 1, преобразователь 2 параметр-напряжение, первый и второй синхронные детекторы 3 и 4 и пропорциональный модулятор 5, управляемые генератором 6 импульсов, а также первый аттенюатор 7 с коэффициентом затухания, равный двум, и первое сравнивающее устройство 8 образуют систему измерения производной крутизны по напряжению затвор-исток полевого

транзистора. Второй аттенюатор 9, соединенный с клеммой истока полевого транзистора 1 и имеющий коэффициент затухания, равный двум, и первое вычитающее устройство 10 обеспечивают непосредственный отсчет напряжения отсечки. Источник 11 напряжения смещения и второе сравнивающее устройство 12, соединенное с клеммой затвора транзистора 1, образуют систему стабилизации крутизны в одной из точек исследуемой характеристики независимо от влияния температуры окружающей среды, которая позволяет автоматически выполнить условие (3). Двухкамерный термостат 13 с системой транспортировки 14 исследуемого элемента из одной камеры в другую, третий и четвертый синхронные детекторы 15 и 16, третий аттенюатор 17, третье сравнивающее устройство 18 и RS-триггер 19, входящие в состав системы модуляции по температуре параметров полевого транзистора, позволяют при измерениях автоматически устанавливать заданное соотношение производных (6), например $K = 1,25$. Пятый и шестой синхронные детекторы 20 и 21, второе вычитающее устройство 22, функциональный преобразователь 23, делительный усилитель 24 и масштабный усилитель 25 представляют собой канал измерения ординат, а четвертый аттенюатор 26 и третье вычитающее устройство 27 — канал измерения напряжений затвор-исток, соответствующих термостабильной точке исследуемых характеристик полевого транзистора 1, которые в соответствии с уравнениями (4) и (5) производят обработку поступающей информации об измеряемых величинах с последующей передачей для индикации на регистрирующий прибор 28.

Для синхронного изменения коэффициента передачи четвертого аттенюатора 26 и третьего вычитающего устройства 27 в соответствии с выражениями (7) и (8), а также режима работы функционального преобразователя 23, представляющего в одном случае линейный повторитель, а во втором — квадрататор напряжений, и размерности индицируемых величин регистрирующего прибора 28 в соответствии с уравнениями (9) и (10), управляющие органы указанных структурных блоков сопряжены. Для автоматической коррекции показаний регистрирующего прибора 28, связанных с пределом измерения крутизны (множитель $S(U_{зи})$ в формулах (9) и (10), управляющие органы преобразователя 2 параметр-напряжение и масштабного усилителя 25, осуществляющие изменение их коэффициентов передачи, также сопряжены между собой. Управление всеми системами устройства производится с помощью генерато-

ра-формирователя 29 запускающих импульсов и логического элемента ИЛИ 30.

При подключении к измерительным клеммам устройства полевого транзистора 1, его рабочая точка оказывается смещенной в область максимума крутизны исследуемой характеристики под влиянием большого разностного сигнала, возникающего в сравнивающем устройстве 12 за счет опорного напряжения источника 11 и отсутствующего в данный момент напряжения синхронного детектора 4, что способствует образованию напряжений на выходах преобразователя 2 параметр-напряжение и синхронных детекторов 3 и 4 в результате непрерывной работы генератора 6. Выходное напряжение детектора 4, преодолевая в сравнивающем устройстве 12 опорное напряжение источника 11, переводит рабочую точку полевого транзистора 1 на участок характеристики, определяемый начальными условиями, с последующей стабилизацией в установившемся режиме крутизны $S(U_{зи})$ (фиг. 2) с заданной точностью, независимо от влияния различных факторов, за счет изменения напряжения смещения $U_{зи}$. Одновременно с этим выходное напряжение детектора 4, ослабленное attenuатором 7 в соответствующее число раз, сравнивается с полным напряжением детектора 3 в устройстве 8. Результат сравнения, усиленный в этом же устройстве, а затем преобразованный в пропорциональном модуляторе 5 в импульсной напряжением прямоугольной формы $\Delta U_{зи}$, воздействуя на затвор, вызывает модуляцию крутизны полевого транзистора, при этом на выходе преобразователя 2 образуется напряжение, пропорциональное глубине модуляции крутизны ΔS (фиг. 2). В дальнейшем это напряжение с помощью синхронных детекторов 3 и 4 разделяется по временному принципу с последующим накоплением информации в виде напряжений, соответствующих максимальному $S(U_{зи})$ и минимальному $S(U_{зи})$ значениям крутизны транзистора в пределах модулирующего воздействия. Таким образом, при выборе необходимых начальных условий работы детекторов 3, 4 и модулятора 5, синхронизм которых обеспечивается генератором 6 импульсов, данная система авторегулировки приходит в равновесное состояние, непрерывно поддерживая постоянной, с заданной степенью точности и в соответствии с уровнем затухания attenuатора 7, глубину модуляции крутизны транзистора 1, независимо от действия различных факторов, за счет изменения входного воздействия $\Delta U_{зи}$, несущего информацию о производной крутизны исследуемой

характеристики. Напряжение смещения $U_{зи}$ определенной полярности, поступающее с выхода сравнивающего устройства 12 и ослабленное в два раза attenuатором 9, вычитается в устройстве 10 с выходным напряжением сравнивающего устройства 8, а затем усиливается в два раза, образуя напряжение отсечки $U_{зотс}$ исследуемого транзистора (фиг. 2), которое поступает для дальнейшей обработки на синхронные детекторы 20 и 21. Одновременно с ним выходное напряжение сравнивающего устройства 8, соответствующее производной крутизны $\Delta U_{зи}$, воздействует на информационные входы синхронных детекторов 15 и 16. К рассматриваемому моменту времени полевого транзистора 1, находясь в одной из камер термостата 13, определяемой состоянием RS-триггера 19 при начальных условиях, приобрел температуру кристалла t^0 (фиг. 3а), и под влиянием управляющего импульса (фиг. 3б) генератора-формирователя 29, воздействующего на управляющие входы синхронных детекторов 15 и 20 непосредственно, а 16 и 21 — через логический элемент ИЛИ 30, в детекторах 15 и 16 накопилась информация о производной проводимости $\Delta U_{зи}$, а в детекторах 20 и 21 — о напряжении отсечки $U_{зотс}$, соответствующих характеристике крутизны полевого транзистора при температуре t^0 (фиг. 2). При этом полное выходное напряжение детектора 15 и ослабленное в K раз (6), напряжение детектора 16 полностью определяют начальное состояние сравнивающего устройства 18. По окончании управляющего импульса (фиг. 3б), длительность которого зависит от времени установления переходных процессов в рассмотренных системах авторегулировок, синхронные детекторы 15 и 20 переходят в режим хранения информации, а RS-триггер 19, получая по S-входу перепад напряжения — в единичное состояние и формирует импульс (фиг. 3в), который, воздействуя на систему транспортировки 14 и логический элемент ИЛИ 30, перемещает исследуемый транзистор 1 в другую камеру термостата 13 с температурой t^1 и продолжает сохранять прежний режим работы синхронных детекторов 16 и 21 (управляющие импульсы на фиг. 3г). По мере прогрева транзистора 1 (фиг. 3а) изменяется наклон исследуемой характеристики (фиг. 2), при этом системы стабилизации крутизны $S(U_{зи})$ и глубины модуляции крутизны ΔS , стремясь воспрепятствовать изменению этих параметров, вызывают изменения напряжения смещения и модулирующего воздействия $\Delta U_{зи}$, что приводит к непрерывному накоплению информации о производной

крутизны и напряжении отсечки разделено в синхронных детекторах 16 и 21. Изменяющееся напряжение детектора 21 обрабатывается в соответствии с выражением (4) в канале измерения напряжений затвор-исток, соответствующих термостабильной точке исследуемых характеристик, т.е. ослабляется в заданное число раз в аттенюаторе 26 и вычитается в устройстве 27 с хранимым напряжением детектора 20 с последующим необходимым усилением. Одновременно с этим в канале измерения ординат в соответствии с формулой (5) выходные напряжения детекторов 20 и 21 вычитаются в устройстве 22, а полученная разность после обработки в функциональном преобразователе 24 подвергается делению на напряжение детектора 15 в устройстве 24 и преобразованию в масштабном усилителе 25. Спустя некоторое время изменяющееся напряжение детектора 16 достигает такой величины, при которой на выходе аттенюатора 17 образуется напряжение в точности соответствующее значению напряжения, хранимому в детекторе 15 (соотношение напряжений 1,25, показанное на фиг. 3а). При данных условиях сравниваемое устройство 18 формирует на своем выходе перепад напряжения и воздействует им на R-вход RS-триггера 19, который, возвращаясь в исходное состояние, заканчивает формирование управляющего импульса (фиг. 3в), перевода посредством логического элемента ИЛИ 30 синхронные детекторы 16 и 21 в режим хранения накопленной информации о производной $\Delta U'_{зи}$ и напряжении отсечки $U_{зис0}$, соответствующим температуре t^0 (фиг. 2), и, воздействуя на систему 14 транспортировки, возвращает ее в исходное состояние, при этом изымается старый и подключается к измерительным клеммам устройства новый транзистор, находящийся в первой камере термостата и услевший заблаговременно прогреться до температуры t^0 , и измерительное устройство подготавливается к новому циклу измерений. Отрицательный перепад напряжения, образовавшийся на выходе логического элемента ИЛИ 30, разрешает регистрирующему прибору 28 индикацию выходных напряжений вычитающего устройства 27 и масштабного усилителя 25, которое к данному моменту времени оказываются точно соответствующими координатами измеряемым характеристикам. Для получения отсчета координат других характеристик изменяют одновременно коэффициенты передачи аттенюатора 26 и устройства 27 в соответствии с выражениями (7) или (8), а также режим работы функционального преобразователя 23 и размерность индицируемых величин регистрирующего прибора 28 в соответствии с формулами

(9) или (10) (эта операция может выполняться автоматически), при этом не требуется заново производить цикл измерений параметров одного и того же транзистора. Выбор предела измерения крутизны $S(U_{зи})$ при исследовании одного и того же транзистора, на показаниях регистрирующего прибора 28 не должен оказаться так как при изменении коэффициента передачи преобразователя автоматически подстраивается величина $\Delta U_{зи}$, входящая в выражения (9) и (10), и одновременно корректируется коэффициент передачи масштабного усилителя так, что соотношение $\frac{S(U_{зи})}{\Delta U_{зи}}$ остается постоянным.

Спустя некоторое предельно короткое, но достаточное для установления показаний регистрирующего прибора 28, время (индикация измеряемых координат предыдущего транзистора может производиться во время измерения параметров последующего транзистора) снова срабатывает генератор-формирователь 29 и процессы в измерительном устройстве периодически повторяются описанным выше способом, производя измерения координат термостабильной точки характеристик управления все новых и новых транзисторов.

Предлагаемое устройство выгодно отличается от известных повышенной точностью и быстродействием. Выигрыш в точности измерений заключен, прежде всего, в методе определения координат. Существующая функциональная связь между характеристиками крутизны и сток-затворной позволило перейти от нелинейных (сток-затворных) к линейным (крутизны, проводимости канала) характеристикам полевого транзистора и с их помощью достаточно точно измерить напряжение отсечки и производную крутизны, а затем по установленным связям (4) и (5) определить координаты как линейных, так и нелинейных характеристик. Количественной оценкой выигрыша в данном случае будет являться отношение угловых коэффициентов относительного изменения соответствующих параметров полевого транзистора в термостабильной точке, которые можно представить в общем виде:

$$\frac{\partial \rho_{\beta 0}}{\partial U_{зи}}(U_{зи0}) = \frac{\alpha^2 \Delta t^0}{\alpha \beta},$$

где α и β — температурные коэффициенты составляющих дрейфа параметров полевых транзисторов, обусловленных, соответственно, относительной подвижностью носителей заряда в канале и контактной разностью потенциалов между затвором и каналом.

Применяя данное соотношение для соответствующих характеристик, используемых при определении координат, получаем выигрыш в точности измерений:

$$B = \frac{\partial \delta I_{ct}}{\partial U_{3и}} (U_{3иос}) / \frac{\partial \delta I_{ct}}{\partial U_{3и}} (U_{3иотс}) = 2$$

В действительности же, учитывая субъективный характер отсчета координат с графического изображения, получаемого известными методами с помощью характеристики, и возможность получения отсчета измеряемых параметров предложенным методом с помощью цифрового табло, выигрыш в точности измерений будет значительно выше.

Проведенный нами анализ погрешностей показывает, что среднеквадратическая погрешность измерения координат может быть получена в пределах $\pm (0,1 - 0,5)\%$ в зависимости от вида исследуемых характеристик. Количественную оценку выигрыша в быстродействии измерений можно получить, анализируя фиг. 3а. Для того, чтобы определить координаты с помощью известного устройства, необходимо время для изменения температуры кристалла полевого транзистора, равное, как минимум, 3-4 тепловым постоянным переход-среда $T_{пс}$, так как только после такого промежутка времени можно утверждать, что температура кристалла установилась и параметры транзистора не изменяются. Следует также иметь в виду, что тепловая постоянная транзистора, даже не заключенного в корпус, составляет десятки секунд.

Для того, чтобы определить координаты с помощью предлагаемого устройства необходимо гораздо меньше времени, чем тепловая постоянная транзистора. Это обусловлено тем, что нет необходимости ждать пока кристалл транзистора достигнет температуры второй камеры термостата. Здесь важно то, чтобы параметры транзистора изменились под влиянием температуры на необходимую величину (например, угловой коэффициент, так как производная, характеристики крутизны должны измениться на 25%). Повышая разность температур в камерах термостата, необходимое изменение параметров может быть достигнуто за весьма короткое время, однако, его минимальное значение должно быть согласовано с инерционностью систем авторегулировки измерительного устройства, время установления которых не трудно получить менее одной секунды.

Таким образом, выигрыш в быстродействии, который обеспечивает предлагаемое устройство по сравнению с лучшими автоматизированными устрой-

ствами, может составлять, как минимум, несколько десятков раз, а время измерения не превышать, по меньшей мере, тепловой постоянной переход-среда бескорпусного транзистора.

5

Формула изобретения

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Устройство для измерения координат термостабильной точки полевых транзисторов, содержащее двухкамерный термостат с системой транспортировки исследуемого прибора из одной камеры в другую, преобразователь параметр-напряжение, соединенный с исследуемым прибором, генератор импульсов, шесть синхронных детекторов, два сравнивающих и три вычитающих устройств, два аттенюатора, пропорциональный модулятор, источник напряжений смещения и генератор-формирователь запускающих импульсов, соединенный с логическим элементом ИЛИ, а также делительное устройство и регистрирующий прибор, подключенный к выходу логического элемента ИЛИ, при этом генератор импульсов подключен к первому и второму синхронным детекторам и пропорциональному модулятору, выход преобразователя параметр-напряжение соединен с входами первого и второго синхронных детекторов, выход первого детектора подключен непосредственно к одному из входов, а выход второго детектора через первый аттенюатор ко второму входу первого сравнивающего устройства, выход которого соединен с пропорциональным модулятором, подключенным к клемме затвора полевого транзистора, первыми входами третьего и четвертого синхронных детекторов и первым вычитающим устройством, выход которого соединен с первым входами пятого и шестого синхронных детекторов, а второй вход - через второй аттенюатор подключен к клемме истока полевого транзистора, которая соединена с выходом второго сравнивающего устройства, входы которого подключены соответственно к выходам второго синхронного детектора и источника напряжений смещения, вторые входы третьего и пятого синхронных детекторов подключены к выходу генератора-формирователя импульсов, а четвертого и шестого - к выходу логического элемента ИЛИ, выходы пятого и шестого синхронных детекторов соединены с соответствующими входами второго вычитающего устройства, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности и автоматизации измерений, в него введены третий и четвертый аттенюаторы, третье сравнивающее устройство, RS-триггер, функциональный преобразователь и масштабный усилитель, причем выход третьего

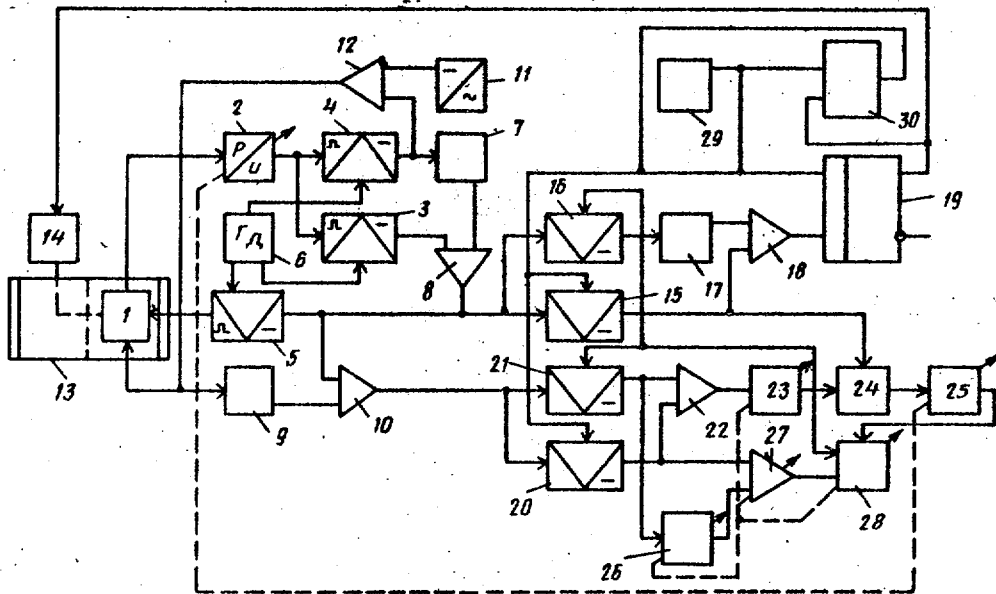
синхронного детектора соединен непосредственно с одним из входов, а выход четвертого детектора через третий аттенюатор - со вторым входом третьего сравнивающего устройства, соединенного с R-входом RS-триггера S-вход которого подключен к выходу генератора, - формирователя импульсов, а выход - ко второму входу логического элемента ИЛИ и системе транспортировки исследуемого элемента, выход пятого синхронного детектора соединен непосредственно с одним из входов, а выход шестого детектора через четвертый аттенюатор - со вторым входом третьего вычитающего устройства, подключенного к регистрирующему прибору, выход третьего синхронного детектора соединен непосредственно с

одним из входов, а выход второго вычитающего устройства через функциональный преобразователь - со вторым входом делительного устройства, выход которого через масштабный усилитель, сопряженный с преобразователем параметр-напряжение, подключен к регистрирующему прибору, который соединен с функциональным преобразователем, третьим вычитающим устройством и четвертым аттенюатором.

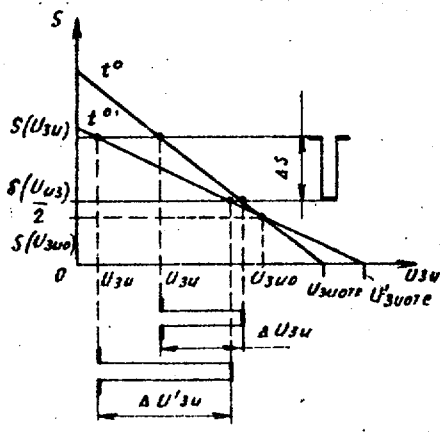
Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 543894, кл. G 01 R 31/26, 1975.

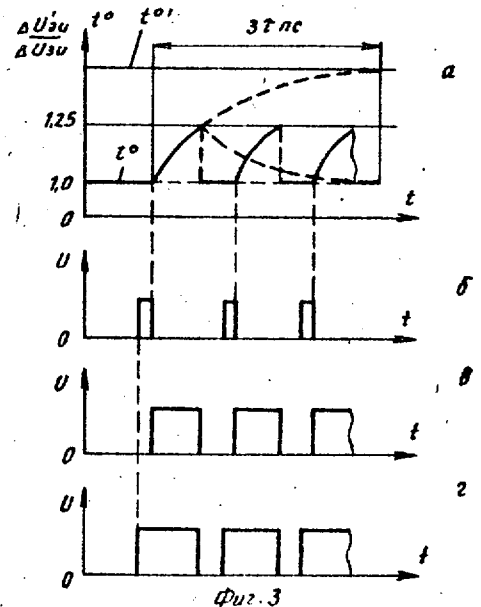
2. Заявка № 2523991/25, кл. G 01 R 31/26, 1977, по которой принято решение о выдаче авторского свидетельства.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3