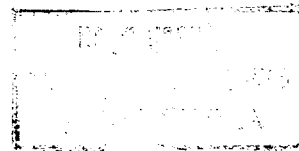




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

2

(21) 4666543/21

(22) 23.03.89

(46) 15.12.91. Бюл. № 46

(71) Минский радиотехнический институт

(72) В.Л. Свирид

(53) 681.327.6(088.8)

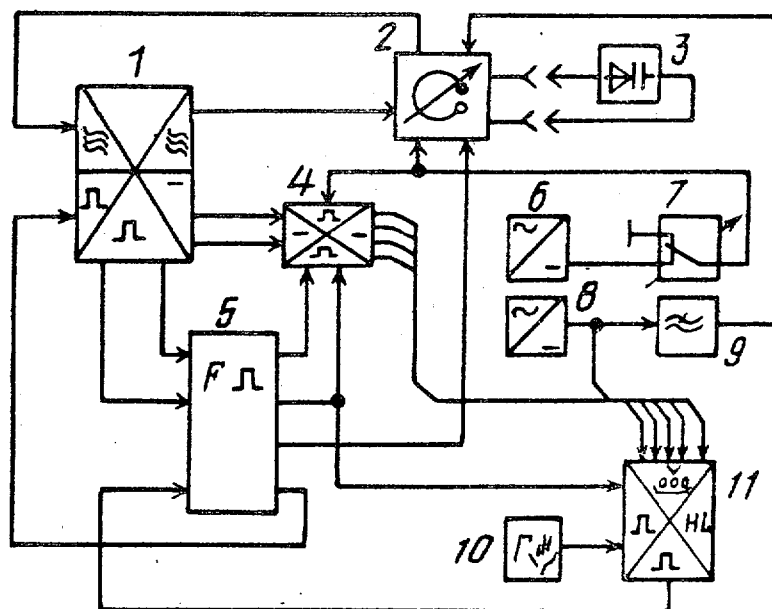
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1628015, кл. G 01 R 27/26, 1989.

Авторское свидетельство СССР
№ 1594447, кл. G 01 R 27/26, 1988.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ИЗМЕРЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Изобретение относится к радиоизмерительной технике, предназначено для измерения активной составляющей проводимости (сопротивления потерь), емкости и добротности

сти различных нелинейных и линейных элементов в схемах замещения параметров. Цель изобретения – повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот. Устройство для автоматического измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов содержит формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания, индикаторный блок 11 и измерительный блок 2. Введение в устройство преобразователя 4 измерительной информации, формирователя 5 управляющих импульсов, источника 6 напряжения, переключателя 7, источника 8 напряжения смещения, согласующего блока 9, генератора 10 запускающих импульсов позволило осуществить операции аналогового преоб-



Фиг.1

разования достоверной измерительной информации в виде постоянного тока с последующей автоматической регистрацией искомого параметра, что практически исключает ручные операции подключения исследуемых элементов к измерительному

контур и позволяет производить вычисления искомого параметра по результатам двух измерений центральной частоты и полосы пропускания, а это значительно увеличивает точность и быстроту измерений. 2 з.п. ф-лы, 4 ил.

Изобретение относится к радиоизмерительной технике, предназначено для измерения активной составляющей проводимости (сопротивления потерь), емкости и добротности различных нелинейных и линейных элементов в параллельной и/или в последовательной схемах замещения параметров с высокой точностью и повышенным быстродействием измерений в широком диапазоне рабочих частот и может быть использовано в подсистемах технической диагностики элементов автоматизированных систем контроля различной радиоэлектронной аппаратуры, а также при технологическом контроле дифференциальных параметров полупроводниковых приборов и других объектов.

Цель изобретения – повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот.

На фиг.1 изображена структурная схема устройства для автоматического измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов; на фиг.2 – структурная схема преобразователя измерительной информации; на фиг.3 – пример реализации формирователя управляющих импульсов; на фиг.4 – диаграммы, поясняющие принцип действия предлагаемого устройства.

Устройство для автоматического измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов (фиг.1) содержит формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания, измерительный блок 2 с исследуемым нелинейным элементом 3, преобразователь 4 измерительной информации, формирователь 5 управляющих импульсов, источник 6 напряжения, переключатель 7, источник 8 напряжения смещения, согласующий блок 9, генератор 10 запускающих импульсов и индикаторный блок 11.

Преобразователь 4 измерительной информации (фиг.2) содержит квадратор 12, первый – пятый переключатели 13–17, первый 18 и второй 19 источники опорного напряжения, первый – третий аналоговые делители 20–22, первый – пятый синхронные демодуляторы 23–27, первый – третий вычитатели 28–30 и первый – третий перемножители 31–33 сигналов, первый 34 и второй 35 информационные входы, первый –

третий управляющие входы 36–38, с первого по четвертый выходы 39–42.

Формирователь 5 управляющих импульсов (фиг.3) содержит элемент 43 ЗАПРЕТ, первый 44 и второй 45 элементы ИЛИ, ИК-триггер 46, первый 47 и второй 48 элементы И, дифференциатор 49 импульсов, первый 50 и второй 51 управляющие входы, установочный вход 52, выходы с первого по четвертый 53–56.

В качестве согласующего блока 9 могут быть использованы катушка индуктивности или резистор достаточно больших номиналов, образующих совместно с выходным конденсатором источника 8 напряжения смещения фильтр нижних частот, предотвращающий снижение добротности измерительного блока 2. Примененные в преобразователе 4 измерительной информации синхронные демодуляторы 23–27 представляют собой устройства выборки-хранения информации, а переключатели 13–17 – герконовые реле.

Измеряемые с помощью данного устройства дифференциальные параметры исследуемого нелинейного элемента 3 в параллельной схеме замещения соответственно емкость C_x , активная составляющая проводимости G_x и добротность Q_x определяются следующими математическими соотношениями

$$C_x = \frac{1}{4\pi^2 L} \left(\frac{1}{f_{02}^2} - \frac{1}{f_{01}^2} \right) \quad (1)$$

$$G_x = \frac{1}{\sqrt{2}\pi L} \left(\frac{\Delta f_2}{f_{02}^2} - \frac{\Delta f_1}{f_{01}^2} \right) \quad (2)$$

$$Q_x = \frac{2\sqrt{2} f_x C_x}{G_x} \quad (3)$$

где π – константа перевода циклической частоты в круговую;

L – индуктивность измерительного блока 2;

f_{02} , f_{01} и Δf_2 , Δf_1 – центральные (резонансные) частоты и полосы пропускания на уровне $\gamma = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0.816$ измерительного блока 2 соответственно с подключенным и отключенным исследуемым нелинейным элементом 3;

f_x – частота измерения, соответствующая центральной частоте измерительного блока 2 с подключенным нелинейным элементом 3

$$f_x = f_{02}. \quad (4)$$

В общем случае центральная частота f_0 и полоса пропускания Δf на уровне $\gamma = \sqrt{\frac{2}{3}}$, которые формируются автоматически в устройстве-прототипе и в формирователе 1 предлагаемого устройства в виде пропорциональных напряжений U_{f_0} и $U_{\Delta f}$ на основании частот f_1 и f_2 , соответствующих координатам точек перехода через нуль нормированной характеристики второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2, представляются в следующем виде (5)

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2} = f_1 + \frac{f_2 - f_1}{2} = K_n \left(U_{f_1} + \frac{U_{f_2} - U_{f_1}}{2} \right) = K_n U_{f_0} \quad (5)$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = K_n (U_{f_2} - U_{f_1}) = K_n U_{\Delta f}, \quad (6)$$

где K_n — коэффициент преобразования напряжения в частоту линейно управляемого по частоте генератора, используемого в формирователе 1 центральной частоты и полосы пропускания, имеет размерность герц/вольт $\left[\frac{\Gamma\text{ц}}{\text{В}} \right]$;

U_{f_1} и U_{f_2} — напряжение, соответствующие частотам f_1 и f_2 .

С учетом соотношений (5) и (6) выражения для искомых параметров (1), (2) и (4) приобретают вид

$$C_x = \frac{1}{4\pi^2 L K_n^2} \left(\frac{1}{U_{f_{02}}^2} - \frac{1}{U_{f_{01}}^2} \right), \quad (7)$$

$$G_x = \frac{1}{\sqrt{2}\pi L K_n} \left(\frac{U_{\Delta f_2}}{U_{f_{02}}^2} - \frac{U_{\Delta f_1}}{U_{f_{01}}^2} \right), \quad (8)$$

$$f_x = K_n U_{f_{02}} \quad (9)$$

где $U_{f_{02}}$, $U_{f_{01}}$, $U_{\Delta f_2}$, $U_{\Delta f_1}$ — напряжения, соответствующие центральным частотам f_{02} , f_{01} и полосам пропускания Δf_2 и Δf_1 измерительного блока 2.

Соотношения для искомых параметров нелинейного элемента, представляемых в последовательной схеме замещения, соответственно емкости C_x^* , активного сопротивления V_x^* и добротности Q_x^* , могут быть получены аналогично и представлены в следующем виде

$$C_x^* = \frac{1}{4\pi^2 L (f_{02}^2 - f_{01}^2)} = \frac{1}{4\pi^2 L K_n^2 (U_{f_{02}}^2 - U_{f_{01}}^2)} \quad (10)$$

$$V_x^* = 2\sqrt{2}\pi L (\Delta f_2 - \Delta f_1) = 2\sqrt{2}\pi L K_n (U_{\Delta f_2} - U_{\Delta f_1}), \quad (11)$$

$$Q_x^* = \frac{1}{2\pi f_x^* C_x^* V_x^*} \quad (12)$$

где частота измерения f_x^* в точности соответствует частоте f_x , определяемой по формуле (4).

Константы и параметры, входящие в соотношения (10)–(12), по физическому смыслу идентичны аналогичным константам и

параметрам, полученным для параллельной схемы замещения в соответствии с выражениями (7)–(9). Отличия состоят лишь в том, что параметры с индексом 2 (f_{02} , Δf_2 и $U_{f_{02}}$, $U_{\Delta f_2}$) получают в результате измерений при последовательном включении исследуемого нелинейного элемента 3 в измерительный блок 2.

Предлагаемое устройство в автоматическом режиме для выбранной схемы замещения и установленного напряжения смещения последовательно во времени дважды, соответственно с отключенным и подключенным исследуемым элементом 3, формирует в виде соответствующих напряжений $U_{f_{01}}$, $U_{\Delta f_1}$ и $U_{f_{02}}$, $U_{\Delta f_2}$ центральную (резонансную) частоту (5) и полосу пропускания (6) измерительного блока 2 и в соответствии с установленными математическими соотношениями (3), (7)–(9) или (9)–(12) в зависимости от принятой схемы замещения производит обработку и вычисление искомых параметров с помощью преобразователя 4 измерительной информации с последующим представлением результатов измерений последовательно во времени индикаторным блоком 11, обеспечивая при этом существенное повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот.

Устройство для автоматического измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов работает следующим образом.

Прежде, чем все подсистемы и функциональные блоки измерительного устройства (фиг.1) привести в исходное состояние, определяют вид схемы замещения, причем при измерениях параметров нелинейных элементов 3 по параллельной схеме замещения положение переключателя 7, показанное на фиг.1, сохраняется, а по последовательной схеме замещения — изменяется на противоположное. В соответствии с этим на выходе переключателя 7 устанавливается нулевой или единичный от источника 6 напряжения потенциал, который, передаваясь на второй управляющий вход измерительного блока 2 и третий управляющий вход преобразователя 4 измерительной информации, производит перестройку их структуры для работы соответственно по параллельной или последовательной схемам замещения параметров нелинейного элемента 3.

После этого устанавливают требуемое значение напряжения смещения от источника 8, которое через согласующий блок 9 передается на второй информационный

вход измерительного блока 2, а затем и на исследуемый нелинейный элемент 3. Устанавливаемое напряжение смещения может быть предварительно проконтролировано с помощью индикаторного блока 11, переводя его в соответствующий режим работы (исходно данный блок устанавливается в автоматический режим работы).

Затем все подсистемы и функциональные блоки измерительного устройства (фиг.1) приводятся в исходное состояние с помощью генератора 10 запускающих импульсов, импульс (фиг.4,а) которого, поступая непосредственно на установочный вход индикаторного блока 11, под влиянием переднего фронта устанавливает последний в исходное (нулевое) состояние с индикацией нулевых значений измеряемых величин и регистрируемых параметров, возобновляется на выходе данного блока, передается на установочный вход формирователя 5 управляющих импульсов, приводя его также в исходное состояние с образованием на его втором – четвертом выходах нулевых потенциалов. На первом выходе формирователя 5 управляющих импульсов данный импульс (фиг.4,б) повторяется и, действуя на установочный вход, приводит в действие формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания по выполнению всех операций, связанных как с установкой начальных условий работы, так и формированием достоверной аналоговой информации о центральной частоте и полосе пропускания измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

Исходно формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания на своих втором, четвертом и пятом выходах устанавливает нулевые потенциалы, на третьем выходе – единичный потенциал (фиг.4,д), а на первом выходе формирует максимально возможный частотно-модулированный испытательный сигнал с небольшой девиацией частоты и несущей, соответствующей нижней границе частотного диапазона работы измерительного устройства. Получаемый единичный потенциал (фиг.4,д) на третьем выходе формирователя 1 воздействует на второй управляющий вход формирователя 5 управляющих импульсов, не вызывая в нем никаких изменений, а сигнал с первого выхода поступает на первый информационный вход измерительного блока 2. Измерительный блок 2, обладая собственной центральной (резонансной) частотой, как правило отличной от нижней границы частотного диапазона работы измерительного устройства, сигнал на свой выход не

пропускает и, следовательно, на информационный вход формирователя 1 он не поступает.

Спустя некоторое предельно короткое время задержки τ_3 (фиг.4,в), достаточное для установления начальных условий работы, в формирователе 1 центральной частоты и полосы пропускания формируются два относительно больших по длительности импульса. Длительность первого импульса (фиг.4,в) пропорциональна частоте f_1 первой координаты, а длительность второго импульса (фиг.4,г) пропорциональна частоте f_2 (5), (6) второй координаты перехода через нуль нормированной характеристики второй производной. Большой по длительности второй импульс (фиг.4,г) появляется на втором выходе формирователя 1 и, передаваясь на первый управляющий вход, повторяется (фиг.4,и) на третьем выходе формирователя 5 управляющих импульсов.

С образованием второго импульса (фиг.4,а) синхронно исчезает единичный потенциал (фиг.4,д) на третьем выходе и появляется линейно нарастающее напряжение (фиг.4,е), передаваемое также на четвертый выход формирователя 1, в соответствии с которым начинает изменяться (увеличиваться) и частота несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на его первом выходе. Получаемый на третьем выходе формирователя 5 управляющих импульсов импульс (фиг.4,и), действуя на первый управляющий вход, открывает для приема и преобразования измерительной информации преобразователь 4, на первый информационный вход которого поступает линейно нарастающее напряжение с четвертого выхода формирователя 1.

По мере возрастания линейно нарастающего напряжения (фиг.4,е), а также увеличения частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала и приближения его к полосе пропускания измерительного блока 2, на выходе последнего появляется сложный, изменяющийся во времени по амплитуде в соответствии с формой амплитудно-частотной характеристики, частотно-модулированный сигнал. Этот сигнал в формирователе 1 центральной частоты и полосы пропускания подвергается обработке с образованием постоянной составляющей, пропорциональной амплитудно-частотной характеристике измерительного блока 2 и ряда гармонических составляющих модулирующего сигнала, в том числе и второй, пропорциональной второй производной.

Вторая гармоническая составляющая после синхронной фазонечувствительной селекции и синхронной фазочувствительной демодуляции превращается в постоянную составляющую, пропорциональную второй производной от амплитудно-частотной характеристики. Постоянные составляющие, пропорциональные амплитудно-частотной характеристике и второй производной, затем раздельно под- 5 лежат операции нормирования с таким расчетом, чтобы максимальные значения данных сигналов устанавливались на определенных уровнях независимо от величины добротности измерительного блока 2 с от- 10 ключенным и подключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

По завершении выполнения операции нормирования, которая заканчивается, как правило, не позднее момента времени, когда 20 вторая производная достигает первого экстремума (точки максимума), формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания переходит в режим фиксированного коэффициента передачи и в 25 дальнейшем характеристика второй производной оказывается неподверженной каким-либо деформациям.

В момент времени t_{11} (фиг.4,е), соответствующий первой координате перехода че- 30 рез нуль нормированной характеристики второй производной, в формирователе 1 заканчивается формирование первого импульса (фиг.4,в), что приводит к изменению 35 режима его работы, который сводится к запоминанию полученного значения линейно нарастающего напряжения и вычисления в дальнейшем в соответствии с выражениями (5) и (6) величин искоемых параметров U_{f01} и $U_{\Delta f1}$.

Непрерывное увеличение линейно нарастающего напряжения (фиг.4,е, штриховая линия, составляющая продолжение сплошной утолщенной линии) и следова- 45 тельно частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала вызывает образование разностного напряжения (фиг.4,ж) на пятом выходе и изменение (уменьшение в два раза) коэффициента 50 передачи линейно нарастающего напряжения (на фиг.4,е, этот процесс отражен той же толщины линией, что и основная линия) на четвертом выходе формирователя 1 цент- 55 ральной частоты и полосы пропускания. Получаемое разностное напряжение (фиг.4,ж) с пятого выхода формирователя 1 воздействует на второй информационный вход преобразователя 4 измерительной ин- 60 формации, который остается открытым для

приема информации по обоим информационным входам.

Описанный процесс в формирователе 1 60 центральной частоты и полосы пропускания продолжается до тех пор, пока нормированная характеристика второй производной не преодолеет свой второй экстремум (точку минимума) и не достигнет второй коорди- 65 наты перехода через нуль. При вторичном переходе через нуль нормированной характеристики второй производной в момент времени t_{12} (фиг.4,е) заканчивает свое суще- 70 ствование второй импульс (фиг.4,г) на втором выходе с синхронным возобновлением импульса (фиг.4,д) на третьем выходе форми- 75 рователя 1.

Под влиянием отрицательного перепада 80 второго импульса (фиг.4,г) и положительного перепада вновь образованного импульса (фиг.4,д), воздействующих соот- 85 ветственно на первый и второй управляющие входы формирователя 5 управляющих импульсов, на его третьем выходе импульс (фиг.4,и) исключается, а на втором выходе 90 импульс (фиг.4,з) появляется. С исчезновением прямоугольного импульса (фиг.4,и) в формирователе 5 управляющих импульсов образуется остроконечный импульс (фиг.4,к), который передается на его первый 95 выход (второй импульс, показанный на фиг.4,г).

К моменту времени t_{12} (фиг.4,е) в форми- 100 рователе 1 накопилась информация в виде напряжения, в точности соответствующего второй координате перехода через нуль 105 нормированной характеристики второй производной, которое с исчезновением второго импульса (фиг.4,г) подлежит в нем хранению. Это напряжение совместно с 110 хранимым напряжением, соответствующим первой координате перехода через нуль нормированной характеристики второй 115 производной, в результате обработки в соответствии с математическими соотношениями (5) и (6) создает на четвертом и пятом 120 выходах формирователя 1 достоверную информацию об искоемых параметрах измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3: 125 центральной частоте U_{f01} (фиг.4,е) и полосе пропускания $U_{\Delta f1}$ (фиг.4,ж).

Эта информация, непрерывно преобразуемая в соответствии с математическими соотношениями (7) и (8) или (10) и (11) в зависимости от принятой схемы замещения, 130 подлежит запоминанию в преобразователе 4 измерительной информации, который в момент прекращения действия на его первом управляющем входе импульса 135

(фиг.4,и) с третьего выхода формирователя 5 управляющих импульсов переходит в режим хранения преобразованной информации.

Полученный единичный потенциал (фиг.4,з) на втором выходе формирователя 5 управляющих импульсов, поступая на первый управляющий вход измерительного блока 2, включает исследуемый нелинейный элемент 3 в состав измерительного блока с реализацией соответствующего режима его работы по изначально определенной схеме замещения параметров. При этом центральная частота и полоса пропускания измерительного блока 2 изменяется, принимая соответственно значения f_{02} и Δf_2 (1), (2), (4), (10) и (11), содержащие информацию об искомым параметрах (7)–(12) исследуемого нелинейного элемента 3.

Короткий импульс (фиг.4,б), получаемый в момент времени t_{12} на первом выходе формирователя 5 управляющих импульсов и поступающий на установочный вход, приводит описанным образом формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания в исходное состояние. Отличия состоят лишь в том, что в рассматриваемый момент времени, когда прямоугольный импульс (фиг.4,г) на втором выходе формирователя 1 исчезает, линейно нарастающее напряжение начинает убывать по экспоненте (фиг.4,е), а это приводит к автоматическому уменьшению до нулевого уровня напряжений U_{f01} (фиг.4,е) и $U_{\Delta f_1}$ (фиг.4,ж) на четвертом и пятом выходах формирователя 1, и, следовательно, снижению частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на его первом выходе.

Уменьшение частоты несущей сопровождается изменением уровня сигнала на информационном входе формирователя 1, огибающая которого с точностью до масштабного коэффициента, учитывающего скорость перестройки частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала, представляет собой зеркальное отображение характеристики второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с подключенным исследуемым нелинейным элементом 3. При этом не исключено возобновление выполнения операции нормирования характеристик с изменением коэффициента передачи формирователя 1, однако этот процесс не имеет никакого значения, так как происходит за пределом рабочего интервала времени.

Когда напряжение на четвертом и пятом выходах формирователя 1 приблизятся к нулевому значению, частота несущей частот-

но-модулированного испытательного сигнала возвратится в область нижней границы частотного диапазона работы измерительного устройства. При этом коэффициент передачи формирователя 1 приобретает максимальное значение и уровень сигнала на его первом выходе установится максимально возможным.

По установлении начальных условий работы и истечении времени задержки τ_3 (фиг.4,в), формирователь 1 центральной частоты и полосы пропускания возобновляет свою работу с повторением в полном объеме всех рассмотренных функций. При этом в нем снова образуются два относительно больших по длительности импульса (фиг.4,в и г), один из которых (большой по длительности импульс, фиг.4,г), поступая с второго выхода на первый управляющий вход формирователя 5 управляющих импульсов, повторяется на четвертом выходе последнего и воздействует на управляющий вход индикаторного блока 11 и второй управляющий вход преобразователя 4, переводя его в режим приема и преобразования новой измерительной информации.

Формирователь 1, повторив описанные операции и зафиксировав в моменты времени t_{21} и t_{22} (фиг.4,е) информацию о новых значениях первой и второй координат перехода через нуль нормированной характеристики второй производной, на своих четвертом и пятом выходах формирует достоверную информацию в виде напряжений U_{f02} (фиг.4,е) и $U_{\Delta f_2}$ (фиг.4,ж) соответственно о центральной частоте и полосе пропускания измерительного блока 2 с подключенным исследуемым элементом 3. При этом преобразователь 4 измерительной информации эту информацию совместно с хранимой в нем информацией о собственных параметрах измерительного блока 2 преобразовывает в соответствии с математическими соотношениями (3), (7)–(9) или (9)–(12), и на своих выходах создает достоверную информацию об искомым параметрах, которая предъявляется на соответствующие входы индикаторного блока 11. В момент времени t_{22} на втором выходе формирователя 1 прямоугольный импульс (фиг.4,г) заканчивает свое существование, а на третьем выходе аналогичный импульс (фиг.4,д) возрождается. При этом линейно нарастающее напряжение начинает убывать по экспоненте (фиг.4,е, штриховая линия) и формирователь 1 описанным образом возвращается в исходное состояние, однако с тем отличием, что напряжения на его четвертом и пятом выходах продолжают сохра-

няться на зафиксированных уровнях $U_{f_{02}}$ (фиг.4,е) и $U_{\Delta f_2}$ (фиг.4,ж). Это обусловлено тем, что формирователь 1 в рассматриваемый момент времени не получает по установочному входу запускающего импульса (фиг.4,б) и его накопительные элементы принудительно не разряжаются.

Под влиянием положительного перепада возрожденного импульса (фиг.4,д) исключаются прямоугольные импульсы (фиг.4,з и л) на втором и четвертом выходах формирователя 5 управляющих импульсов, а под влиянием нулевого потенциала исчезнувшего импульса (фиг.4,г) продолжают сохраняться нулевые уровни напряжений на остальных его выходах.

Установившийся нулевой потенциал (фиг.4,з) на втором выходе формирователя 5 управляющих импульсов отключает исследуемый нелинейный элемент 3 от измерительного блока 2. При этом последний, возвращаясь в исходное состояние, скачкообразно приобретает прежние (первоначальные) значения центральной частоты f_{01} (1) и полосы пропускания Δf_1 (2), которые могут существенно отличаться от только что преобразованных в напряжение параметров f_{02} и Δf_2 .

Исключенный прямоугольный импульс (фиг.4,л) на четвертом выходе формирователя 5 управляющих импульсов переводит преобразователь 4 в режим хранения преобразованной измерительной информации. Этот же импульс (фиг.4,л) в индикаторном блоке 11 в момент прекращения своего существования формирует остроконечный импульс (фиг.4,м), под влиянием которого индикаторный блок 11 получает разрешение на выполнение своих функций, связанных с регистрацией и измерением последовательно во времени достоверной информации об искомых параметрах исследуемого нелинейного элемента 3, сосредоточенной на его информационных входах.

Процессы, протекающие в индикаторном блоке 11 при автоматическом режиме его работы, в дальнейшем сводятся к следующему. Под влиянием полученного остроконечного импульса (фиг.4,м) индикаторный блок 11 формирует продолжительный прямоугольный импульс, определяющий общее время индикации $\tau_{и}$ (фиг.4,а) всех параметров, включая напряжение смещения источника 8 (фиг.1), а также последовательность коротких импульсов (на диаграммах, представленных на фиг.4, эти импульсы и другие, упоминаемые ниже, не отражены), период которых определяет время индикации $\tau_{ип}$ одного параметра.

Одновременно с короткими импульсами в индикаторном блоке 11 вырабатываются раздельно последовательно один за другим достаточно большие по длительности прямоугольные импульсы, в соответствии с которыми на табло индикаторного блока 11 последовательно во времени предъясняются показания каждого в отдельности измеряемого параметра.

По окончании регистрации всех измеряемых параметров индикаторный блок 11, возвращаясь в исходное состояние, индицирует нулевые показания и формирует на своем выходе относительно короткий импульс (второй импульс, показанный на фиг.4,а), примерно совпадающий по длительности с импульсом, формируемым генератором 10 запускающих импульсов, который, поступая на установочный вход формирователя 5 управляющих импульсов, подтверждает его исходное состояние и, повторяясь на его первом выходе, возвращает описанным образом в исходное (нулевое) состояние измерительное устройство (фиг.1) в целом. Процессы в нем повторяются в описанной последовательности, производя измерения параметров следующего нелинейного элемента или того же нелинейного элемента 3 при других режимных условиях, определяемых соответствующим положением переключателя 7 и значением напряжения смещения источника 8. При этом напряжения $U_{f_{02}}$ и $U_{\Delta f_2}$ (фиг.4,е и ж) на четвертом и пятом выходах формирователя 1 центральной частоты и полосы пропускания за время задержки τ_3 (фиг.4,в) принудительно убывают по экспоненте до нулевых уровней.

За время возвращения измерительного устройства в исходное состояние τ_3 и время измерения $\tau_{изм}$ (фиг.4,а) индикаторный блок 11 при желании может быть перепрограммирован на ручной режим работы, при котором с помощью его органов управления на табло можно вызвать один или несколько сменяемых по очереди параметров или определить режим остановки работы измерительного устройства в целом, когда формируемый импульс запуска на выход индикаторного блока 11 проходить не будет и, следовательно, оно не возобновит свою работу. В этом случае повторный запуск в работу измерительного устройства с возобновлением в нем всех рассмотренных процессов возможен только с помощью генератора 10 запускающих импульсов, импульс (фиг.4,а) которого независимо от состояния индикаторного блока 11 всегда проходит на его выход.

Преобразователь 4 измерительной информации (фиг.2), используемый в предлагаемом устройстве (фиг.1), работает следующим образом.

При измерениях параметров нелинейных элементов по параллельной схеме замещения единичный сигнал к третьему управляющему входу 38 преобразователя 4 измерительной информации не подводится, а все его переключатели 13-17 остаются в положении, показанном на фиг.2.

Исходно, независимо от схемы замещения, при отсутствии каких-либо сигналов на первом 36 и втором 37 управляющих входах, все синхронные демодуляторы 23-27, находясь в режиме хранения информации, на своих выходах, как правило, не содержат никакой информации, если только до этого момента времени они случайно не находились в режиме приема информации, что обуславливает отсутствие сигналов на всех выходах 39-42 преобразователя 4 измерительной информации. На первом 34 и втором 35 информационных входах в исходный момент времени сигналы, как правило, тоже отсутствуют, однако при случайном их образовании, например, в результате переходного процесса при включении измерительного устройства в работу, с одновременным переходом синхронных демодуляторов 23-27 с режима приема информации в режим ее хранения, на выходах 39-42 преобразователя 4 измерительной информации могут быть получены сигналы, но они не имеют существенного значения, так как в данный момент времени не подлежат регистрации.

Одновременно с образованием на первом управляющем входе 36 преобразователя 4 измерительной информации прямоугольного импульса (фиг.4,и), открывающего для приема информации первый 23 и третий 25 синхронные демодуляторы, на первый информационный вход 34 поступает линейно нарастающее напряжение (фиг.4,е), которое воздействует на информационный вход закрытого для приема информации пятого синхронного демодулятора 27 и вход квадратора 12. Возводимое в квадрат напряжение с выхода квадратора 12 через первый переключатель 13 поступает на делительный вход первого аналогового делителя 20, где, подвергаясь операции обратного преобразования, совместно с напряжением источника 18 опорного напряжения, определяющим масштабный коэффициент $\left(\frac{1}{4\pi^2 L}\right)$, входящий в выражения (7) и (10), образует обратно про-

порциональное квадрату анализируемого сигнала напряжение, которое воспринимается открытым для приема информации первым синхронным демодулятором 23.

С момента времени t_{11} (фиг.4,е) изменение линейно нарастающего напряжения на первом информационном входе 34 начинает происходить с уменьшенным в два раза угловым коэффициентом, а на втором информационном входе 35 появляется линейно нарастающее напряжение (фиг.4,ж) с прежним угловым коэффициентом, которое воспринимается открытым для приема информации третьим синхронным демодулятором 25. В момент времени t_{12} управляющий импульс (фиг.4,и), заканчивая свое существование на первом управляющем входе 36 преобразователя 4 измерительной информации, переводит первый 23 и третий 25 синхронные демодуляторы в режим хранения накопленной информации. При этом напряжения на первом 34 и втором 35 информационных входах начинают убывать по экспонентам к нулевым уровням.

К рассматриваемому моменту времени в первом 23 и третьем 25 синхронных демодуляторах накопилась с точностью до масштабных коэффициентов информация соответственно об обратной величине квадрата центральной частоты и полосе пропускания в виде постоянных напряжений $\frac{1}{U_{f01}^2}$ и $U \Delta f_1$, входящих в выражения (7) и (8). Эти напряжения воздействуют на инверсные входы соответственно первого 28 и второго 29 вычитателей, а после перемножения в первом перемножителе 31 сигналов поступают на инверсный вход третьего вычитателя 30 для последующей обработки.

Спустя время задержки τ_3 (фиг.4,в) на втором управляющем входе 37 преобразователя 4 измерительной информации появляется прямоугольный импульс (фиг.4,л), под влиянием которого второй 24, четвертый 26 и пятый 27 синхронные демодуляторы переходят в режим приема информации. Вместе с этим на первом информационном входе 34 преобразователя 4 измерительной информации снова появляется линейно нарастающее напряжение (фиг.4,е), которое непосредственно воспринимается пятым синхронным демодулятором 27, а после описанной обработки в квадраторе 12 и первом аналоговом делителе 20 накапливается в виде соответствующей величины напряжения и во втором синхронном демодуляторе 24.

В момент времени t_{21} линейно нарастающее напряжение (фиг.4,ж) опять появляет-

ся и на втором информационном входе 35 преобразователя 4, которое непосредственно воспринимается четвертым синхронным демодулятором 26. При этом линейно нарастающее напряжение на первом информационном входе 34 снова уменьшает в два раза свой угловой коэффициент.

Накапливаемая в соответствии с выражением для искомой частоты измерения f_x (9) пятым синхронным демодулятором 27 информация воздействует на второй вход третьего перемножителя 33 сигналов и поступает на первый выход 39 преобразователя 4 измерительной информации. Приобретаемая вторым 24 и четвертым 26 синхронными демодуляторами информация преодолевает соответственно в первом 28 и втором 29 вычитателях хранимую информацию в первом 23 и третьем 25 синхронных демодуляторах. Данная информация в соответствии с соотношением для искомой активной составляющей проводимости G_x (8), перемножаясь во втором перемножителе 32 сигналов и воздействуя на прямой вход третьего вычитателя 30, преодолевает в этом блоке перемноженную первым перемножителем 31 сигналов информацию, хранящуюся в первом 23 и третьем 25 синхронных демодуляторах, с образованием разностного напряжения, которое, будучи преобразованным с масштабным коэффициентом, пропорциональным $2\sqrt{2}\pi$, через четвертый переключатель 16 воздействует на делительный вход третьего аналогового делителя 22 и поступает на третий выход 41 преобразователя 4 измерительной информации.

Получаемое разностное напряжение во втором вычитателе 29 в данном режиме измерения не используется, а аналогичное напряжение, получаемое на выходе первого вычитателя 28 в соответствии с выражением для искомой емкости C_x (7), через третий переключатель 15 поступает на второй выход 40 преобразователя 4 измерительной информации и воздействует на первый вход третьего перемножителя 33 сигналов. Разностное напряжение, пропорциональное емкости C_x (7), перемножаясь в соответствии с математическим соотношением для искомой добротности Q_x (3) с выходным напряжением пятого синхронного демодулятора 27, пропорциональным частоте измерения f_x (9), с масштабным коэффициентом, пропорциональным 2π , с выхода третьего перемножителя 33 сигналов воздействует на делительный вход второго аналогового делителя 21 и через пятый переключатель 17 поступает на перемножающий вход третьего аналогового делителя 22,

где, взаимодействуя с выходным напряжением третьего вычитателя 30, пропорциональным активной составляющей проводимости G_x (8), образует частное напряжение, которое поступает на четвертый выход 42 преобразователя 4 измерительной информации. Частное напряжение, получаемое на выходе второго аналогового делителя 21 в результате взаимодействия выходного напряжения третьего перемножителя 33 сигналов с опорным напряжением второго источника 19, в данном режиме измерений не используется.

В момент времени t_{22} (фиг.4,е) импульс (фиг.4,л) на втором управляющем входе 37 преобразователя 4 измерительной информации заканчивает свое существование, что переводит второй 24, четвертый 26 и пятый 27 синхронные демодуляторы в режим хранения накопленной информации в виде постоянных напряжений $\frac{1}{U_{f02}} \cdot U_{\Delta f2}$ и U_{f02} .

входящих в выражения (7)–(9), которые в точности до выбранных масштабных коэффициентов соответствуют обратной величине квадрата центральной частоты, полосе пропускания и частоте измерения.

При таких условиях напряжения, получаемые на первом 39 и втором 40 выходах преобразователя 4 измерительной информации, становятся точно соответствующими измеряемому частоте f_x (9) и емкости C_x (7), а на третьем 41 и четвертом 42 выходах – измеряемому активной составляющей проводимости G_x (8) и добротности Q_x (3).

Полученные напряжения на выходах преобразователя 4 измерительной информации в дальнейшем сохраняются на время индикации τ_i (фиг.4,а), достаточное для регистрации и последующей индикации измеряемых величин, независимо от уровня сигналов (фиг.4,е,ж), присутствующих на первом 34 и втором 35 информационных входах, которые продолжают сохраняться. По истечении времени индикации τ_i работа преобразователя 4 измерительной информации (фиг.2) может быть возобновлена в соответствии с описанным алгоритмом.

При измерениях дифференциальных параметров нелинейных элементов 3 по последовательной схеме замещения отличия в работе преобразователя 4 измерительной информации состоят в том, что к третьему управляющему входу 38 подводится единственный потенциал, который, воздействуя на управляющие входы всех пяти переключателей 13–17, переводит данные переключатели в противоположное относительно показанного на фиг.2 положение. При этом

отличия в обработке сигналов преобразователем 4 измерительной информации, общий алгоритм работы которого не нарушается, сводятся к тому, что в соответствии с математическим соотношением для искомой емкости C_x^* (10) выходное напряжение квадратора 12, не подвергаясь предварительному преобразованию, через второй переключатель 14 поступает на информационные входы первого 23 и второго 24 синхронных демодуляторов и накапливается в них в виде соответствующих напряжений $U_{f_{01}}^2$ и $U_{f_{02}}^2$. Получаемое разностное напряжение с выхода первого вычитателя 28 через первый переключатель 13 передается на делительный вход первого аналогового делителя 20, где, взаимодействуя с опорным напряжением первого источника 18, образует частное напряжение, которое через третий переключатель 15 поступает на второй выход 40 преобразователя 4 и воздействует на первый вход третьего перемножителя 33 сигналов.

Получаемые и сохраняемые в третьем 25 и четвертом 26 синхронных демодуляторах напряжения $U_{\Delta f_1}$ и $U_{\Delta f_2}$ в соответствии с математическим выражением для искомого активного сопротивления γ_x^* (11) вычитаются во втором вычитателе 29, а получаемая разность напряжений с масштабным коэффициентом $2\sqrt{2}\pi L$ через четвертый переключатель 16 воздействует на делительный вход третьего аналогового делителя 22 и передается на третий выход 41 преобразователя 4 измерительной информации. Разностное напряжение, образуемое на выходе третьего вычитателя 30, в рассматриваемом режиме измерений не используется.

Напряжения, пропорциональные искомой емкости C_x^* (10) и частоте измерения f_x^* (4), в соответствии с математическим соотношением для искомой добротности Q_x^* (12) перемножаются в третьем перемножителе 33 сигналов с прежним масштабным коэффициентом, пропорциональным 2π , и, взаимодействуя во втором аналоговом делителе 21 с опорным напряжением второго источника 19, образуют обратно пропорциональное их произведению напряжение, которое через пятый переключатель 17 поступает на перемножающий вход третьего аналогового делителя 22. Это напряжение, взаимодействуя с напряжением, пропорциональным активному сопротивлению γ_x^* (11), на выходе третьего аналогового делителя 22 образует частное напряжение, пропорциональное искомой добротности Q_x^* (12), которое и передается

на четвертый выход 42 преобразователя 4 измерительной информации.

Таким образом, и в этом случае на первом 39 и втором 40 выходах преобразователя 4 измерительной информации появляются напряжения, в точности соответствующие измеряемым частоте f_x^* (4) и емкости C_x^* (10), а на третьем 41 и четвертом 42 выходах – измеряемым активному сопротивлению γ_x^* (11) и добротности Q_x^* (12), которые в дальнейшем сохраняются и могут быть описанным способом зарегистрированы.

Единый сигнал, снимаемый с третьего управляющего входа 38, возвращает в исходное состояние все переключатели 13–17, переводя тем самым и преобразователь 4 измерительной информации (фиг.2) в целом в исходное состояние, соответствующее измерению параметров нелинейных элементов по параллельной схеме замещения. При необходимости работа преобразователя 4 измерительной информации в составе измерительного устройства может быть описанным образом возобновлена с получением новой информации о дифференциальных параметрах исследуемых нелинейных элементов 3 по параллельной или последовательной схемам замещения.

Формирователь 5 управляющих импульсов (фиг.3), применяемый в предлагаемом устройстве (фиг.1), работает следующим образом.

Относительно короткий прямоугольный импульс (фиг.4,а), поступающий на установочный вход 52 формирователя управляющих импульсов (фиг.3) и, следовательно, на инверсный вход элемента 43 ЗАПРЕТ и вторые входы первого 44 и второго 45 элементов ИЛИ, на время своей длительности исключает возможность появления каких-либо сигналов на выходе элемента 43 ЗАПРЕТ, беспрепятственно проходит на выход второго элемента ИЛИ 45 с возобновлением в полном виде на первом выходе 53, и под влиянием своего переднего фронта устанавливает ИК-триггер 46 в исходное состояние с образованием на его прямом выходе нулевого потенциала, а на инверсном выходе – единичного, что обуславливает отсутствие сигналов на втором 54 и четвертом 56 выходах формирователя 5 управляющих импульсов.

Отсутствие в данный момент времени сигналов на первом управляющем входе 50 формирователя 5 управляющих импульсов исключает сигнал и на его третьем выходе 55. Таким образом, по истечении длительности запускающего импульса (фиг.4,а) на установочном входе 52 на всех четырех

выходах 53–56 формирователя 5 управляющих импульсов устанавливаются нулевые потенциалы, несмотря на присутствие единичного потенциала (фиг.4,д) на его втором управляющем входе 51.

Относительно большой по длительности прямоугольный импульс (фиг.4,г), поступающий на первый управляющий вход 50 формирователя 5 управляющих импульсов и воздействующий на вторые входы первого 47 и второго 48 элементов И, передается только через подготовленный для передачи информации второй элемент И 48 на его выход и возобновляется в полном виде (фиг.4,и) на третьем выходе 55 формирователя 5. Получаемый импульс (фиг.4,и), обрабатываясь в дифференциаторе 49, в момент окончания своего существования образует на выходе последнего остроконечный импульс (фиг.4,к), который через второй элемент ИЛИ 45 передается на первый выход 53 формирователя 5 управляющих импульсов.

В момент времени, когда прекращает свое существование прямоугольный импульс (фиг.4,г), на втором управляющем входе 51 появляется прямоугольный импульс (фиг.4,д), который, передаваясь через открытый для передачи информации элемент 43 ЗАПРЕТ непосредственно на I-вход и через первый элемент ИЛИ 44 на K-вход ИК-триггера 46, под влиянием своего переднего фронта изменяет на противоположное состояние ИК-триггера 46 с образованием на его первом выходе и, следовательно, на втором выходе 54 формирователя 5 управляющих импульсов единичного потенциала (фиг.4,з), а на инверсном – нулевого. Получаемый нулевой потенциал запрещает передачу информации второму элементу И 48, а единичный потенциал (фиг.4,з) подготавливает первый элемент И 47 для передачи информации.

Вторично образуемый прямоугольный импульс (фиг.4,г) на первом управляющем входе 50, с одновременным прекращением действия прямоугольного импульса (фиг.4,д) на втором управляющем входе 51, беспрепятственно проходит через открытый для передачи информации первый элемент И 47 и в том же виде возобновляется (фиг.4,л) на четвертом выходе 56 формирователя 5 управляющих импульсов.

Прекращение действия второго импульса на первом управляющем входе 50 исключает импульс (фиг.4,л) на четвертом выходе 56 формирователя 5, а автоматическое вторичное появление на его втором управляющем входе 51 прямоугольного импульса (фиг.4,д), передаваемого через открытый

для передачи информации элемент 43 ЗАПРЕТ на I-вход и через первый элемент ИЛИ 44 – на K-вход, возвращает ИК-триггер 46 в исходное состояние с образованием снова на его первом выходе нулевого потенциала, а на инверсном выходе – единичного, что исключает прямоугольный импульс (фиг.4,з) на втором выходе 54 формирователя 5 управляющих импульсов и сохраняет нулевые потенциалы на остальных его выходах, приводя тем самым формирователь 5 в целом также в исходное состояние.

Данное состояние формирователя 5 управляющих импульсов сохраняется до тех пор, пока на его установочный вход 52 не поступит снова управляющий импульс (второй импульс, показанный на фиг.4,а). После этого формирователь 5 управляющих импульсов может возобновить свою работу с повторением всех описанных процессов.

Существенное повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот достигнуто в основном за счет введения специализированного измерительного блока и осуществления операции аналогового преобразования достоверной измерительной информации в виде постоянного тока с последующей автоматической регистрацией.

Данное устройство, способное производить измерения с прецизионной точностью и высоким быстродействием, причем с сохранением исключительно широкого диапазона рабочих частот, целесообразно для использования при технологическом контроле дифференциальных параметров как нелинейных элементов, так и различных линейных радиотехнических элементов, а также в подсистемах технической диагностики автоматизированных систем контроля параметров элементов различной радиоэлектронной аппаратуры.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для автоматического измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов, содержащее формирователь центральной частоты и полосы пропускания, индикаторный блок, отличающееся тем, что, с целью повышения точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот, в него введены преобразователь измерительной информации, формирователь управляющих импульсов, источник напряжения, переключатель, источник напряжения смещения, согласующий блок, генератор запускающих импульсов и измерительный блок, первый информационный вход которого подключен к первому выходу формирователя центральной частоты и полосы пропускания.

информационный вход которого подключен к выходу измерительного блока выход генератора запускающих импульсов соединен с установочным входом индикаторного блока, выход которого подключен к установочному входу формирователя управляющих импульсов, первый и второй управляющие входы которого подключены соответственно к второму и третьему выходам формирователя центральной частоты и полосы пропускания, четвертый и пятый выходы которого соединены соответственно с первым и вторым информационными входами преобразователя измерительной информации, первый и второй управляющие входы которого соединены соответственно с третьим и четвертым выходами формирователя управляющих импульсов, первый выход которого соединен с установочным входом формирователя центральной частоты и полосы пропускания, управляющий вход индикаторного блока подключен к четвертому выходу формирователя управляющих импульсов, второй выход которого соединен с первым управляющим входом измерительного блока, второй управляющий вход которого объединен с третьим управляющим входом преобразователя измерительной информации и подключен к выходу переключателя, один из входов которого соединен с общей шиной устройства, другой вход соединен с выходом источника напряжения, выход источника напряжения смещения соединен с информационным входом индикаторного блока и через согласующий блок — с вторым информационным входом измерительного блока, выходные клеммы которого служат для подключения исследуемого нелинейного элемента, выходы с первого по четвертый преобразователя измерительной информации соединены с соответствующими информационными входами индикаторного блока.

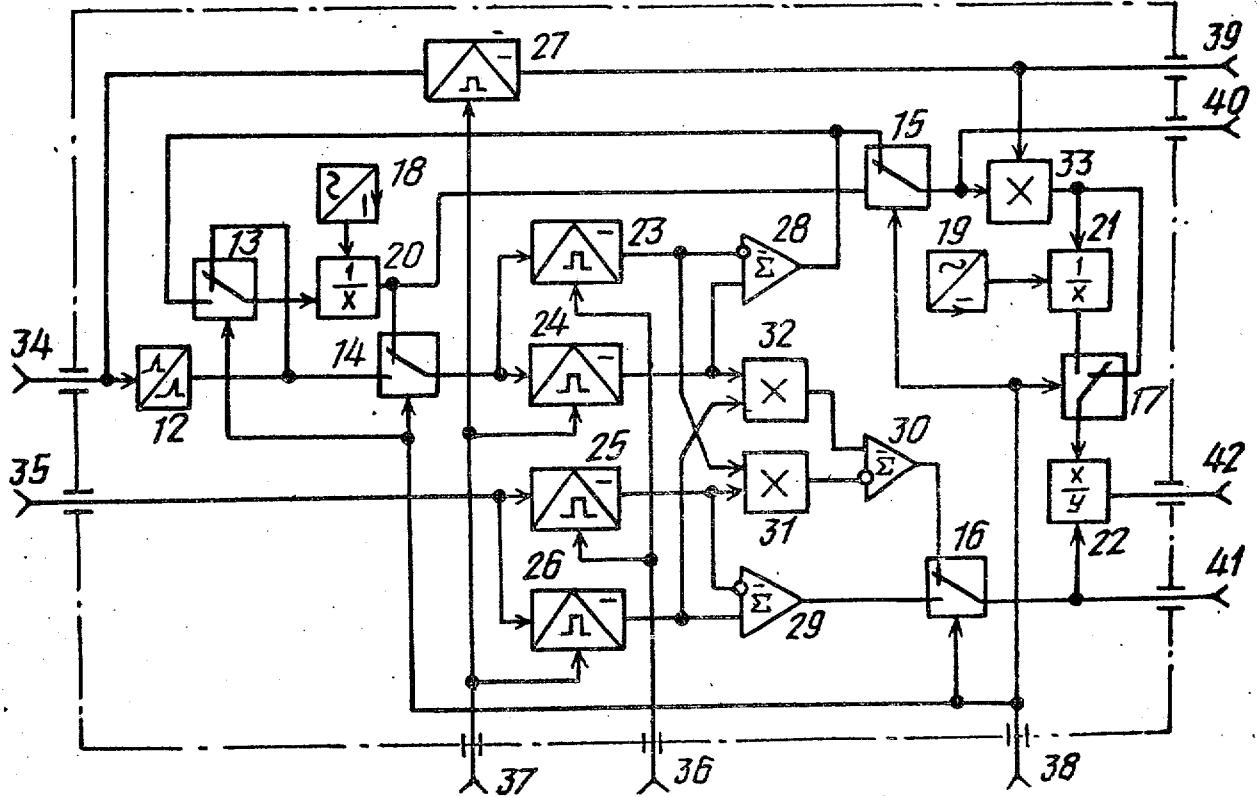
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что преобразователь измерительной информации содержит квадратор, первый — пятый переключатели, первый и второй источники опорного напряжения, первый, второй и третий аналоговые делители, первый — пятый синхронные демодуляторы, первый, второй и третий вычитатели и первый, второй и третий перемножители сигналов, при этом множительный и делительный входы первого аналогового делителя подключены к выходам соответственно первого источника опорного напряжения и первого переключателя, выход первого аналогового делителя соединен с первым входом второго переключателя и вторым входом третьего переключателя, первый

вход первого переключателя объединен с вторым входом второго переключателя и подключен к выходу квадратора, второй вход первого переключателя объединен с первым входом третьего переключателя и подключен к выходу первого вычитателя, инверсный и прямой входы которого подключены к выходам соответственно первого и второго синхронных демодуляторов, информационные входы которых объединены и подключены к выходу второго переключателя, инверсный и прямой входы второго вычитателя подключены к выходам соответственно третьего и четвертого синхронных демодуляторов, выход второго вычитателя соединен с вторым входом четвертого переключателя, первый вход которого подключен к выходу третьего вычитателя, инверсный и прямой входы которого подключены к выходам соответственно первого и второго перемножителей сигналов, первые входы которых подключены к выходам соответственно первого и второго синхронных демодуляторов, вторые входы перемножителей сигналов подключены к выходам соответственно третьего и четвертого синхронных демодуляторов, первый вход третьего перемножителя сигналов подключен к выходу третьего переключателя и является вторым выходом преобразователя, второй вход третьего перемножителя сигналов соединен с выходом пятого синхронного демодулятора и является первым выходом преобразователя, выход третьего перемножителя сигналов соединен с первым входом пятого переключателя и делительным входом второго аналогового делителя, множительный вход которого подключен к выходу второго источника опорного напряжения, второй вход пятого переключателя подключен к выходу второго аналогового делителя, выход пятого переключателя соединен с множительным входом третьего аналогового делителя, делительный вход которого подключен к выходу четвертого переключателя и является третьим выходом преобразователя, вход квадратора объединен с информационным входом пятого синхронного демодулятора и является первым информационным входом преобразователя, информационные входы третьего и четвертого синхронных демодуляторов объединены и являются вторым информационным входом преобразователя измерительной информации, объединенные управляющие входы первого и третьего синхронных демодуляторов, объединенные управляющие входы второго, четвертого и пятого синхронных демодуляторов и объединенные управляющие входы первого — пятого

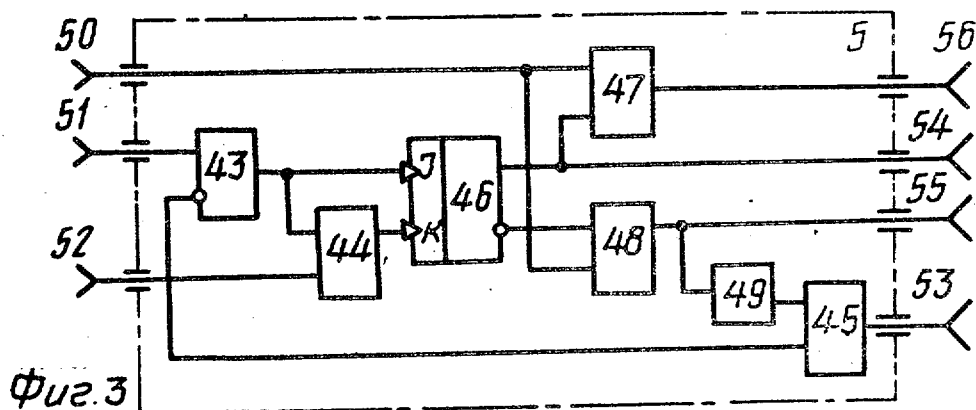
переключателей являются соответственно первым, вторым и третьим управляющими входами преобразователя, выход третьего аналогового делителя является четвертым выходом преобразователя.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что формирователь управляющих импульсов содержит элемент ЗАПРЕТ, первый и второй элементы ИЛИ, ИК-триггер, первый и второй элементы И и дифференциатор импульсов, причем первые входы первого и второго элементов И объединены и являются первым управляющим входом формирователя, I-вход ИК-триггера соединен с первым входом первого элемента ИЛИ и выходом элемента ЗАПРЕТ, прямой вход которого является вторым управляющим входом формирователя, инверсный

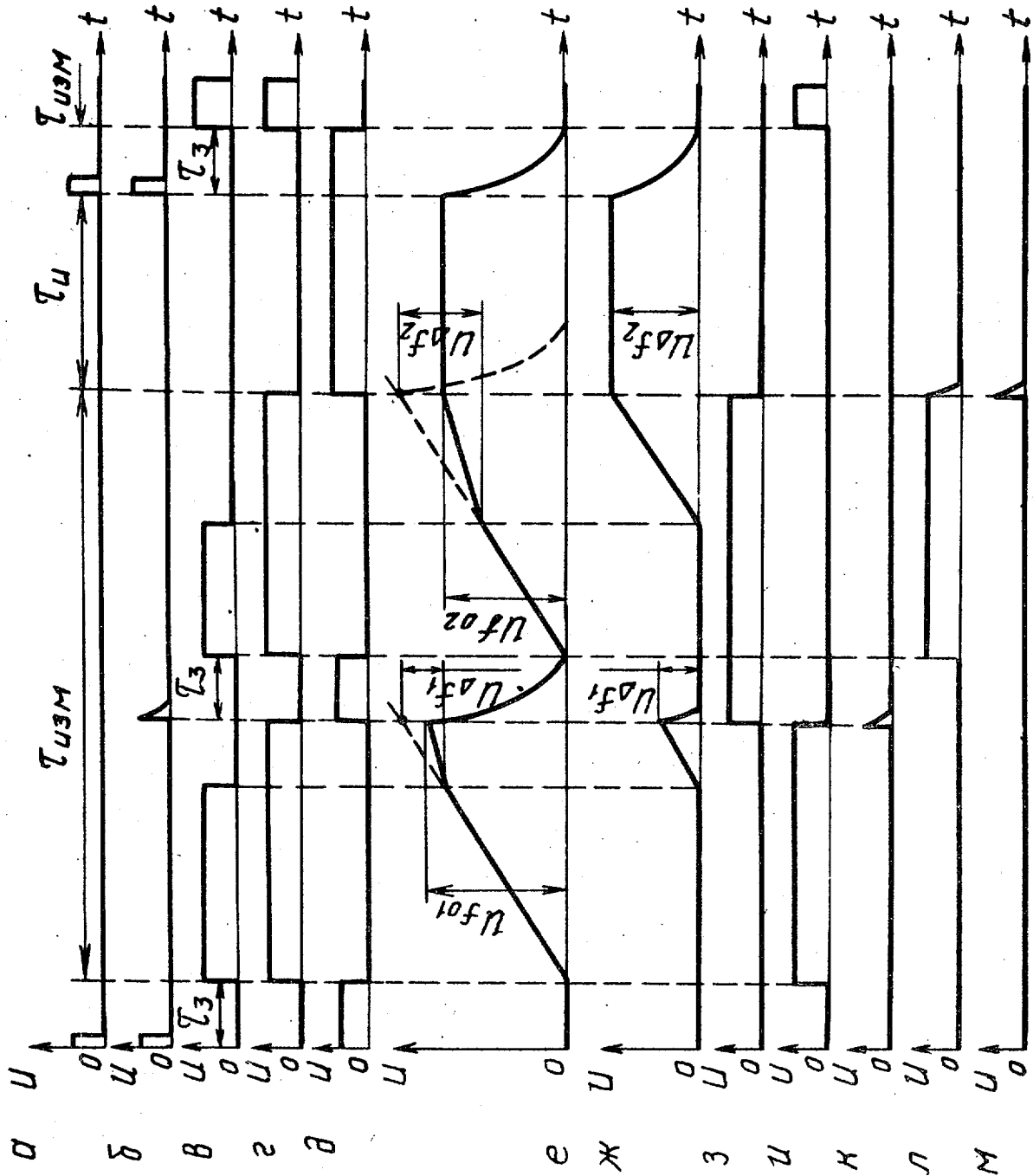
вход элемента ЗАПРЕТ соединен с вторым входом второго элемента ИЛИ, первый вход которого соединен с выходом дифференциатора импульсов, вход которого соединен с выходом второго элемента И и является третьим выходом формирователя, выход первого элемента ИЛИ соединен с К-входом ИК-триггера, прямой выход которого соединен с вторым входом первого элемента И и является вторым выходом формирователя, инверсный выход ИК-триггера соединен с вторым входом второго элемента И, выходы первого элемента И и второго элемента ИЛИ и второй вход первого элемента ИЛИ, соединенный с инверсным входом элемента ЗАПРЕТ, являются соответственно четвертым и первым выходами и установочным входом формирователя управляющих импульсов.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг.4

Редактор М.Кобылянская Составитель В.Чеботова
 Техред М.Моргентал Корректор М.Демчик

Заказ 4394 Тираж Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

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