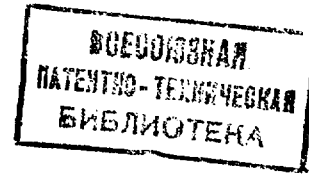




ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4810912/21
(22) 04.04.90
(46) 07.03.93. Бюл. № 9
(71) Минский радиотехнический институт
(72) В.Л.Свирид
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1698829, кл. G 01 R 27/26, 1989.
Авторское свидетельство СССР
№ 1756833, кл. G 01 R 27/26, 1988.

(54) АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬ-
НЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕ-
МЕНТОВ

(57) Изобретение относится к радиоизмери-
тельной технике, предназначено для авто-
матического измерения активной
составляющей проводимости, емкости и до-
бротности различных нелинейных и линей-
ных элементов в параллельной и/или в
последовательных схемах замещения пара-
метров с повышенной точностью и быстро-
действием измерений в широком диапазоне

2

рабочих частот. Сущность изобретения: ав-
томатическое устройство для измерения
дифференциальных параметров нелиней-
ных элементов содержит аналого-цифровой
преобразователь координат перехода через
ноль второй производной, измерительный
блок с исследуемым нелинейным элемен-
том, многоканальный переключатель, мик-
роЭВМ, блок отображения информации и
кодоуправляемый источник напряжения
смещения. В результате осуществления
операции двойного формирования досто-
верной цифровой информации о координатах
перехода через ноль второй
производной от амплитудно-частотной ха-
рактеристики измерительного блока соот-
ветственно с отключенным и подключенным
исследуемым нелинейным элементом и по-
следующим вычислением искомым парамет-
ров с помощью микроЭВМ повышаются
точность и быстродействие измерений без
сокращения диапазона рабочих частот. 3
ил.

Изобретение относится к радиоизмери-
тельной технике, предназначено для авто-
матического измерения активной
составляющей проводимости (сопротивле-
ния потерь), емкости и добротности различ-
ных нелинейных и линейных элементов в
параллельной и/или в последовательной
схемах замещения параметров с повышен-
ной точностью и быстродействием измере-
ний в широком диапазоне рабочих частот и
может быть использовано в подсистемах
технической диагностики радиотехнических
элементов автоматизированных систем
контроля различной радиоэлектронной ап-

паратуры, а также при технологическом кон-
троле параметров полупроводниковых при-
боров и других объектов.

Цель изобретения – повышение точно-
сти и быстродействия измерения без сокра-
щения диапазона рабочих частот.

На фиг.1 представлена структурная схе-
ма автоматического устройства для измере-
ния дифференциальных параметров
нелинейных элементов; на фиг.2 – диаграм-
мы, поясняющие принцип работы предлага-
емого автоматического устройства; на фиг.3
– структурная схема алгоритма работы мик-
роЭВМ.

Автоматическое устройство для измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов (фиг.1) содержит аналого-цифровой преобразователь 1 координат перехода через ноль второй производной, измерительный блок 2 с исследуемым нелинейным элементом 3, многоканальный переключатель 4, микроЭВМ 5, блок 6 отображения информации и кодоуправляемый источник 7 напряжения смещения.

Измеряемые с помощью устройства дифференциальные параметры исследуемого нелинейного элемента в параллельной схеме замещения – емкость C_x , активная составляющая проводимости G_x и добротность Q_x определяется следующими математическими соотношениями:

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

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

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

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 $\gamma = \frac{\sqrt{2}}{3} \approx 0,816$ 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 (резонансная) частота f_0 и полоса пропускания Δf на уровне $\gamma = \frac{\sqrt{2}}{3}$ определяются на основании частот f_1 и f_2 , соответствующих координатам точек перехода через ноль нормированной характеристики второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2, которые формируются в устройстве-прототипе и в аналого-цифровом преобразователе 1 устройства в виде соответствующего цифрового кода:

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad (5)$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 \quad (6)$$

Соотношения для искоемых параметров нелинейного элемента, измеряемых в последовательной схеме замещения, соответственно емкости C_x^* , активного сопротивления ν_x^* и добротности Q_x^* могут быть представлены в следующем виде:

$$C_x^* = \frac{1}{4\pi^2 L (f_{02}^2 - f_{01}^2)} \quad (7)$$

$$\nu_x^* = 2\sqrt{2}\pi L (\Delta f_2 - \Delta f_1) \quad (8)$$

$$Q_x^* = \frac{1}{2\pi f_x^* C_x^* \nu_x^*} \quad (9)$$

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

Константы и параметры, входящие в соотношения (7) – (9), по физическому смыслу идентичны аналогичным константам и параметрам, полученным для параллельной схемы замещения в соответствии с выражениями (1) – (3). Отличия состоят лишь в том, что параметры с индексом 2 (f_{02} и Δf_2) получают в результате измерений при последовательном включении исследуемого нелинейного элемента 3 в измерительный блок 2.

Данное устройство в автоматическом режиме для выбранной схемы замещения и установленного напряжения смещения последовательно во времени дважды, соответственно с отключенным и подключенным исследуемым элементом, формирует соответствующие координатам перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 частоты f_1 и f_2 в виде цифрового двоичного кода, на основании которых с помощью микроЭВМ 5 вычисляются центральные частоты f_{01} , f_{02} (5) и полосы пропускания Δf_1 , Δf_2 (6) измерительного блока 2, и в соответствии с установленными математическими соотношениями (1) – (4) или (7) – (9) в зависимости от принятой схемы замещения производят вычисление искоемых параметров, обеспечивая при этом существенное повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот.

Автоматическое устройство для измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов работает следующим образом.

Исходное состояние и порядок функционирования автоматического устройства (фиг.1) определяет микроЭВМ 5, для подготовки к работе которой необходимо выполнить ряд общеизвестных операций. Первоначально отредактированная программа вычислений параметров исследуемых нелинейных элементов 3 (текст программы прилагается) совместно с алгоритмическим языком, на котором работает микроЭВМ 5, например БЭИСИК, записывается в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), где и подлежит хранению.

Перед каждым новым включением в работу автоматического устройства информация с ПЗУ переписывается в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), затем по соответствующей команде (для этого используется клавиша ПУСК) вызывается данная программа и на экране блока 6 отображения информации появляется комментарий, указывающий оператору порядок действий. При этом на первых четырех шинах третьего порта ввода-вывода микроЭВМ 5 устанавливаются нулевые уровни сигналов. На остальных шинах всех портов ввода-вывода микроЭВМ 5 также исходно устанавливаются нулевые потенциалы, хотя их наличие и не имеет существенного значения для нормальной работы измерительного устройства в целом.

В дальнейшем в соответствии со структурной схемой (фиг.3) алгоритма работы микроЭВМ 5 последовательно во времени в диалоговом режиме с клавиатуры осуществляется ввод значения индуктивности L измерительного блока 2 с последующим вычислением коэффициента:

$$M = \frac{1}{4\pi^2 L} \quad (10)$$

входящего составной частью в соотношения (1) и (7) для искомым параметров. В случае выполнения измерительного блока 2 с неизменной индуктивностью L , ее величина и коэффициент M (10) представляют собой константы и их значения могут быть занесены в ПЗУ микроЭВМ 5 при первичной отладке программы вычисления искомым параметров.

Затем вводят схемы замещения W , причем при измерениях параметров нелинейных элементов 3 по параллельной схеме замещения значение переменной W принимается равным нулю ($W=0$), а по последовательной схеме замещения — единице ($W=1$). В соответствии с этим на первой шине V_1 третьего порта ввода-вывода микро-

ЭВМ 5 формируется нулевой или единичный потенциал (фиг.2 а), который, передаваясь на второй управляющий вход измерительного блока 2, производит коммутацию исследуемого нелинейного элемента 3 по параллельной или последовательной схеме замещения его параметров.

После этого вводят требуемое значение напряжения смещения U_{ϕ} , представляемое в виде десятичного числа в пределах от нуля до некоторой максимальной величины, например 32В, на которую спроектирован кодоуправляемый источник 7 напряжения смещения, исходя из условий измерений параметров исследуемых нелинейных элементов 3.

Следует отметить, что максимальное значение напряжения смещения, получаемого на выходе кодоуправляемого источника 7, определяется в пределе размаха максимального выходного напряжения, используемого совместно с цифроаналоговым преобразователем операционного усилителя. Для отечественного высоковольтного операционного усилителя типа К1408УД1 максимальное выходное напряжение составляет +19 В (4), что позволяет получить, используя схему смещения выходного уровня, максимальное напряжение на выходе кодоуправляемого источника 7 до 38В. Применяя известные схематические решения, обсуждаемое напряжение получают произвольной величины, однако точность его установки определяется разрядностью используемого цифроаналогового преобразователя, которая должна быть не менее 12.

К сожалению разрядность цифроаналогового преобразователя известными средствами получить трудно, и это определило реализацию кодоуправляемого источника 7 напряжения смещения как 12-разрядного функционального блока. В связи с этим все шины первого и второго портов ввода-вывода микроЭВМ 5 соединены лишь с многоканальным переключателем 4, который является 16-разрядным, а с кодоуправляемым источником 7 задействовано только 12 шин, что не нарушает нормального функционирования микроЭВМ 5.

Введенное численное значение напряжение смещения U_{ϕ} микроЭВМ 4 переводит в цифровой двоичный код, который появляется на соответствующих шинах ее первого и второго портов ввода/вывода, передается на соответствующие цифровые шины кодоуправляемого источника 7 напряжения смещения и воздействует на изолированные от входной части выходные шины многоканального переключателя 4, находящегося в исходном (нулевом) состоянии, так

как на его управляющем входе отсутствует сигнал с второго выхода аналого-цифрового преобразователя 1 координат перехода через ноль второй производной. С целью снижения составляющей погрешности установки напряжения смещения, обусловленной конечной величиной разрядности кодоуправляемого источника 7, на экран блока 6 отображения информации в дальнейшем выводится не вводимая величина напряжения смещения, а его значение, соответствующее получаемому двоичному коду.

После ввода и преобразования данной информации на второй шине V_2 третьего порта ввода/вывода микроЭВМ 5 формируется относительно короткий импульс (фиг.2б), который, воздействуя на управляющий вход, записывает в регистры кодоуправляемого источника 7 напряжения смещения информацию, имеющуюся на его цифровых шинах. По окончании действия указанного импульса цифровая информация в регистрах сохраняется, и на выходе кодоуправляемого источника 7 образуется напряжение смещения, в точности соответствующее сформированному двоичному коду, которое передается по второму информационному входу в измерительный блок 2 и далее воздействует на исследуемый нелинейный элемент 3.

Вскоре на третьей шине V_3 третьего порта ввода-вывода микроЭВМ 5 формируется относительно короткий прямоугольный импульс (фиг.2в), который, воздействуя на управляющий вход аналого-цифрового преобразователя 1, своим передним фронтом приводит в действие данный преобразователь по выполнению всех операций, связанных как с установкой начальных условий работы, так и формированием достоверной цифровой измерительной информации о координатах перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

Исходно аналого-цифровой преобразователь 1 на своих втором выходе и информационных выходах устанавливает нулевые потенциалы, а на первом выходе формирует частотно-модулированный испытательный сигнал с малой девиацией, максимально возможной амплитудой и несущей частотой, соответствующей нижней границе частотного диапазона работы автоматического устройства, который воздействует на первый информационный вход измерительного блока 2. При этом измерительный блок 2,

обладая собственной резонансной частотой, как правило, отличной от нижней границы частотного диапазона работы измерительного устройства, сигнал на свой выход не пропускает, и следовательно, сигнал на информационном входе аналого-цифрового преобразователя 1 отсутствует. В свою очередь отсутствие сигнала на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 приводит к тому, что выходные шины многоканального переключателя 4 остаются изолированными от основной части схемы, а микроЭВМ 5 по истечении длительности запускающего импульса (фиг.2в), действовавшего на третьей шине V_3 , не получая информации по пятой шине своего третьего порта ввода-вывода, переходит в режим непрерывного опроса готовности данных на шинах первого и второго портов ввода-вывода.

Спустя некоторое предельно короткое время $\tau_{уст.1}$ (фиг.2г), достаточное для установления начальных условий работы аналого-цифрового преобразователя 1, на его первом выходе начинает изменяться (увеличиваться) частота несущей частотно-модулированного испытательного сигнала. По мере увеличения частоты несущей этого сигнала и приближения ее 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 аналого-цифровом преобразователе 1 подвергается обработке с образованием постоянной составляющей, пропорциональной амплитудно-частотной характеристике измерительного блока 2, и ряда гармонических составляющих модулирующего сигнала, в том числе первой и второй, пропорциональных соответственно первой и второй производным от амплитудно-частотной характеристики. Первая и вторая гармонические составляющие после раздельной синхронной фазочувствительной селекции и синхронной фазочувствительной демодуляции превращаются в постоянные составляющие, пропорциональные первой и второй производным.

Образуемая постоянная составляющая, пропорциональная второй производной, приводит в действие аналого-цифровой преобразователь 1 по выполнению операции быстрого нормирования характеристик (до наступления первого перехода через ноль второй производной), при этом уровень несущей на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1 начинает изменяться

(уменьшается) так, чтобы в установившемся режиме максимальное значение сигнала, пропорционального характеристике второй производной, устанавливалось на определенном уровне, задаваемом внутри преобразователя 1, независимо от величины добротности измерительного блока 2 с отключенным и подключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

В результате выполнения операции нормирования частотно-модулированный испытательный сигнал на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1 может совершать колебания амплитуды, которые, не выходя за пределы допуска, прекращаются, как правило, не позднее момента времени, когда характеристика второй производной достигает своей первой экстремальной точки (максимума). В соответствии с этим процессом происходит изменение уровней сигналов, пропорциональных амплитудно-частотной характеристике и характеристике первой производной, внутри аналого-цифрового преобразователя 1.

По достижении первой экстремальной точки (максимума) на характеристике второй производной уровень несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1 фиксируется и в дальнейшем остается неизменным на протяжении всего интервала времени, необходимого для определения в цифровом виде координат перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с отключенным или подключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

По мере дальнейшего увеличения частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала в момент времени, когда первая производная достигает своего максимального значения, а вторая производная через ноль, частота несущей данного сигнала фиксируется, и аналого-цифровой преобразователь 1 начинает формировать частоту $f_1(5)$, (6), в точности соответствующую первой координате перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3. Спустя некоторое время, предельно короткое, достаточное для синхронизации процессов, аналого-цифровой преобразователь 1 формирует образцовый по длительности одиночный синхронизирующий импульс (импульс, показанный на фиг.2г в виде вертикальной штриховки), который заполняет

ся частотой f_1 , и таким образом, осуществляется преобразование первой координаты перехода через ноль второй производной в цифровой код. Получаемый на информационных выходах аналого-цифрового преобразователя 1 цифровой код сохраняется и передается на соответствующие информационные входы многоканального переключателя 4. На этом, по существу, заканчивается время измерения $\tau_{изм1}$ (фиг.2д) первой координаты перехода через ноль второй производной.

По окончании формирования одиночного синхронизирующего импульса (фиг.2г) на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 образуется одиночный прямоугольный импульс (фиг.2д) определенной длительности. Этот импульс, свидетельствующий о готовности данных в виде цифровой измерительной информации, воздействует на управляющий вход многоканального переключателя 4 и пятую шину третьего ввода-вывода микроЭВМ 5. При этом многоканальный переключатель 4 цифровую информацию с информационных выходов аналого-цифрового преобразователя 1 передает на свой выход и далее на шины первого и второго портов ввода-вывода микроЭВМ 5. Эта же информация поступает и на информационные входы кодоуправляемого источника 7 напряжения смещения, однако она им не воспринимается, так как на его управляющем входе сигнал отсутствует.

Одновременно с образованием одиночного прямоугольного импульса (фиг.2д) частота несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1 скачкообразно изменяется (увеличивается) до значения, которое она приобрела бы в результате непрерывной перестройки за интервал времени, заключенный между моментом перехода через ноль второй производной и окончанием процесса преобразования ее координаты в цифровой код. В дальнейшем частота несущей частотно-модулированного испытательного сигнала с неизменной амплитудой на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1 продолжает увеличиваться по линейному закону.

Прямоугольный импульс (фиг.2д), полученный на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1, воспринимается по пятой шине третьего порта ввода-вывода микроЭВМ 5, которая с момента прекращения действия запускающего прямоугольного импульса (фиг.2в) на третьей шине V_3

своего третьего порта ввода-вывода все это время осуществляла непрерывный опрос готовности данных на шинах первого и второго портов ввода-вывода. МикроЭВМ 5, получив таким образом разрешение на ввод данных, переписывает (осуществляет ввод информации побайтно F_1 и F_3 в соответствии со структурной схемой алгоритма, показанной на фиг.3) хранимую в аналого-цифровом преобразователе 1 и предъявленную на выходные шины многоканального переключателя 4 цифровую информацию о значении частоты f_1 первой координаты перехода через ноль второй производной в соответствующую ячейку оперативной памяти, где и подлежит хранению для последующих вычислений.

После выполнения данной операции и окончания действия прямоугольного импульса (фиг.2д) на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 микроЭВМ 5 снова осуществляет непрерывный опрос готовности данных до тех пор, пока не будет получена достоверная информация о второй координате перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3. Чтобы не было повторного ввода прежней информации, длительность упомянутого импульса (фиг.2 д) контролируется микроЭВМ 5, и только после прекращения его существования с последующим возобновлением возможен ввод новых данных (достигается программными средствами). Прекращение действия данного импульса на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 приводит к изоляции выходных шин многоканального переключателя 4 от остальной части схемы.

Когда первая производная достигает своего минимального значения, а вторая производная вторично переходит через ноль, аналого-цифровой преобразователь 1 производит полное стирание прежней цифровой измерительной информации, прекращает перестройку частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на своем первом выходе и описанным выше способом снова формирует образцовый по длительности второй синхронизирующий импульс (фиг.2г), в течение которого и осуществляется преобразование в цифровой двоичный код генерируемой частоты f_2 (5), (6), в точности соответствующей искомой второй координате перехода через ноль второй производной. На этом заканчивается время измерения $\tau_{изм.2}$ (фиг.2в) второй координаты перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной ха-

рактеристики измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

В момент прекращения действия синхронизирующего импульса (фиг.2г) код частоты f_2 , получаемый на цифровых шинах аналого-цифрового преобразователя 1, в дальнейшем сохраняется, а частота несущей частотно-модулированного испытательного сигнала на первом выходе аналого-цифрового преобразователя 1, убывая по экспоненте, возвращается к исходному состоянию в область нижней границы частотного диапазона работы устройства с одновременным увеличением до предельного значения уровня несущей из-за того, что перестает выполняться операция нормирования характеристик.

Под влиянием одновременно получаемого на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 второго прямоугольного импульса (фиг.2д) цифровая измерительная информация предъявляется на выходные шины многоканального переключателя 4, а микроЭВМ 5 получает разрешение на ввод новых данных. Вновь предъявляемую цифровую измерительную информацию микроЭВМ 5 снова переписывает (ввод данных F_2 и F_4 производится также побайтно) в соответствующую ячейку своей оперативной памяти для хранения и последующих вычислений и приступает к дальнейшему выполнению программы в соответствии со структурной схемой алгоритма, изображенной на фиг.3.

За время ввода и обработки информации $\tau_{обр.1}$ (фиг.2г) микро ЭВМ 5 по полученным полным данным F_1 и F_2 по формулам (5) и (6) вычисляет центральную частоту f_{01} (1), (2), (7) и полосу пропускания Δf_1 (2), (8) на уровне $\gamma = \sqrt{\frac{2}{3}}$ измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3, которые в виде значений $F(1)$ и $D(1)$ сохраняются в ОЗУ для последующих вычислений. Исчезающий к данному моменту времени второй прямоугольный импульс (фиг.2д) на втором выходе аналого-цифрового преобразователя 1 снова изолирует выходные шины многоканального переключателя 4 от его остальной части.

Микро ЭВМ 5 в очередной такт своей работы на четвертой шине V_4 своего третьего порта ввода/вывода устанавливает единичный потенциал (фиг.2е), который, 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 определен-

ной схеме замещения параметров. При этом центральная частота и полоса пропускания измерительного блока 2 изменяются, принимая соответственно значения $f_{02}(1), (2), (7)$ и $\Delta f_2(2), (8)$, содержащие информацию об

искомых параметрах исследуемого нелинейного элемента 3. После этого микроЭВМ 5, формируя в очередной раз прямоугольный запускающий импульс (фиг.2 в) на третьей шине V3 своего третьего порта ввода-вывода, описанным выше образом снова приводит в действие аналого-цифровой преобразователь 1 по выполнению в полном объеме своих функций, включая установку начальных условий работы, и процессы в нем и в измерительном устройстве в целом повторяются в том же порядке, что и при формировании и преобразовании измерительной информации о параметрах измерительного блока 2 с отключенным исследуемым нелинейным элементом 3.

Аналого-цифровой преобразователь 1, повторив описанные выше операции, спустя время установления начальных условий $\tau_{уст.2}$ (фиг.2г), формирует последовательно во времени за интервалы времени $\tau_{изм.3}$ (фиг.2 д) и $\tau_{изм.4}$ (фиг.2в) достоверную цифровую измерительную информацию, в точности соответствующую первой и второй координатам перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока 2 с подключенным исследуемым элементом 3, и с помощью прямоугольных импульсов (фиг. 2д), получаемых при этом на своем втором выходе, предьявляет ее посредством многоканального переключателя 4 на соответствующие шины портов ввода-вывода микроЭВМ 5.

Одновременно с этим микроЭВМ 5 повторяет ввод получаемой цифровой измерительной информации (сначала в виде побайтных данных "F1", " F 3" преобразуемых к полному виду данных "F1", а затем данных F2, F4, преобразуемых в F2) в соответствующие ячейки своей оперативной памяти с последующим вычислением по формулам (5) и (6) центральной частоты $f_{02}(1), (2), (7)$ и полосы пропускания $\Delta f_2(2), (8)$ на уровне $\gamma = \sqrt{\frac{2}{3}}$ измерительного блока 2 с подключенным исследуемым нелинейным элементом 3, которые в виде значений F (2) и D (2) сохраняются в ОЗУ для последующих вычислений.

После выполнения данных операций микроЭВМ 5 на четвертой шине V⁴ своего третьего порта ввода-вывода устанавливает нулевой потенциал, завершая тем самым

формирование прямоугольного достаточно продолжительного импульса (фиг.2е), отключающего исследуемый нелинейный элемент 3 от измерительного блока 2, и приступает к выполнению программы по вычислению искомых параметров в соответствии с заданным алгоритмом (фиг.3). С отключением исследуемого нелинейного элемента 3 измерительный блок 2, возвращаясь в исходное состояние, скачкообразно приобретает прежние (первоначальные) значения параметров центральной частоты f_{01} и полосы пропускания Δf_1 , которые могут существенно отличаться от только что зафиксированных значений f_{02} и Δf_2 .

Из-за получаемой расстройки измерительного блока 2 по частоте его взаимосвязь с аналого-цифровым преобразователем 1 практически утрачивается еще и потому, что последний по истечении времени измерения $\tau_{изм.4}$ (фиг.2в) приступил к возвращению в исходное состояние с образованием на его первом выходе, как было изложено выше, частотно-модулированного испытательного сигнала предельной амплитуды и несущей частотой, приближающейся к нижней границе частотного диапазона работы измерительного устройства. Независимо от того, как происходит данный процесс, на дальнейшей работе измерительного устройства это не отражается, так как необходимая информация уже получена и микроЭВМ 5 в состоянии ее обработать.

Процессы, протекающие в микроЭВМ 5 на временном интервале ввода и обработки информации $\tau_{обр.2}$ (фиг.2г), в дальнейшем сводятся к непосредственному вычислению искомых параметров по запрограммированным формулам (1) – (4), (7) – (9), см. текст программы) с учетом ранее введенных данных в виде соответствующих констант и данных, полученных в результате измерений. После окончания вычислений на экран блока 6 отображения информации для индикации на временном интервале τ_u (фиг.2б) микроЭВМ выводит вид схемы замещения W, напряжение смещения U_ϕ в виде значения Y, а также значения вычисленных параметров в соответствующих единицах измерения: частоты измерения F_ϕ в виде значения F (2), емкости C, активной составляющей проводимости G или активного сопротивления R (в зависимости от вида схемы замещения) и добротности Q. На этом цикл измерений и вычислений заканчивается, образуя общее время измерений $\tau_{изм}$ (фиг.2б) и микроЭВМ 5 переходит в режим "Останов".

В случае необходимости процесс измерений и вычислений может быть продолжен

при тех же исходных данных, только при новом значении напряжения смещения U_{ϕ} , только при другой схеме замещения W при всех новых данных. В соответствии со структурной схемой (фиг.3) алгоритма работы при прежних данных микроЭВМ 5 на третьей шине V_3 своего третьего порта ввода-вывода формирует прямоугольный импульс (фиг.2в) и запускает описанным выше образом автоматическое устройство в работу с возобновлением измерительной информации. Такой режим работы микроЭВМ и автоматического устройства в целом полезен при исследовании влияния различного рода факторов (температуры, влаги, давления и т.д.) на параметры исследуемых нелинейных элементов 3.

При всех новых данных работа автоматического устройства начинается с ввода этих данных, включая замену исследуемого нелинейного элемента 3, с последующим повторением всех выше рассмотренных операций. В случае необходимости получения информации только при новом значении напряжения смещения U_{ϕ} или только при другой схеме замещения W достаточно ввести только новые значения U_{ϕ} или W , и микроЭВМ 5, осуществив ныне предписанные операции, запускает автоматическое устройство в работу и с учетом возобновляемой измерительной информации и сохраняемой в ОЗУ информации о ранее введенных константах вычисляет новые значения параметров и выводит их на экран блока 6 отображения информации.

Предлагаемое автоматическое устройство по сравнению с лучшими известными техническими решениями, в том числе и с устройством-прототипом, которое в настоящее время является спроектированным лучшим образцом и которое в связи с этим принимаем за базовый объект, выгодно отличается повышенной точностью и быстродействием измерений параметров нелинейных элементов. Существенное повышение точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот достигнуто в основном за счет введения специализированного измерительного блока и осуществления операции двойного формирования достоверной цифровой измерительной информации о координатах перехода через ноль второй производной от амплитудно-частотной характеристики измерительного блока соответственно с отключенным и подключенным исследуемым нелинейным элементом и последующим вычислением искомых параметров с помощью микроЭВМ, позволившей практически полностью исключить ручные операции под-

ключения исследуемых элементов к измерительному контуру и вычисления величин искомых параметров по результатам двух измерений координат перехода через ноль второй производной.

Выигрыш в точности и быстродействии измерений можно определить ориентировочно, исходя из следующих соображений. Отсутствие специализированного измерительного блока в устройстве-прототипе определяет необходимость подключать исследуемый нелинейный элемент к измерительному контуру непосредственно, при этом исключается возможность коррекции составляющей погрешности, обусловленной наличием индуктивности выводов как исследуемого нелинейного элемента, так и клемм для его подключения, величина которой на рабочих частотах сотен мегагерц составляет десятки процентов. Использование специализированного измерительного блока позволяет данную составляющую погрешности снизить до десятых долей процента.

Другие составляющие погрешности, присущие предлагаемому устройству, пренебрежимо малы. Например, основная составляющая погрешности за счет цифровой обработки сигналов связана с конечной величиной разрядности аналого-цифрового преобразователя 1 координат перехода через ноль второй производной, которая для используемого 16-разрядного преобразователя 1 характеризуется тысячными долями процента. В связи с этим реально достижим выигрыш в точности измерений, обеспечиваемый за счет введения в предлагаемое устройство измерительного блока 2, не менее 250 раз.

Ручные операции, присутствующие при измерениях с помощью устройства-прототипа, определяют время, необходимое для получения искомых параметров, исчисляющихся в лучшем случае десятками секунд. Предлагаемое устройство позволяет получить достоверную информацию об искомых параметрах за время, не превышающее в худшем случае десятых долей секунд. Это позволяет утверждать, что выигрыш в быстродействии измерений может составлять по меньшей мере около 100 раз.

Таким образом, данное автоматическое устройство обладает высокой эффективностью и позволяет существенно повысить точность и быстродействие измерений без сокращения диапазона рабочих частот. Это устройство, способное производить измерения с прецизионной точностью и высоким быстродействием, причем с сохранением широкого диапазона рабочих частот устрой-

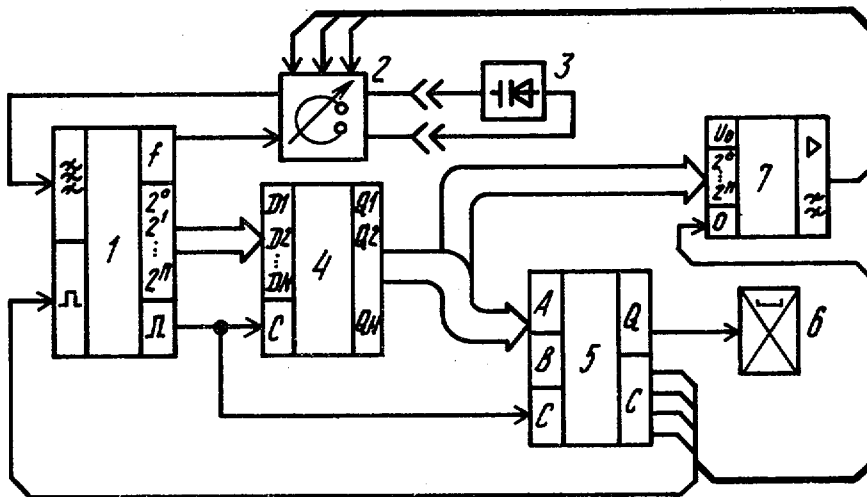
ства-прототипа, целесообразно для использования при технологическом контроле дифференциальных параметров как нелинейных элементов, так и различных линейных радиотехнических элементов, а также в подсистемах технической диагностики автоматизированных систем контроля параметров элементов различной радиоэлектронной аппаратуры.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

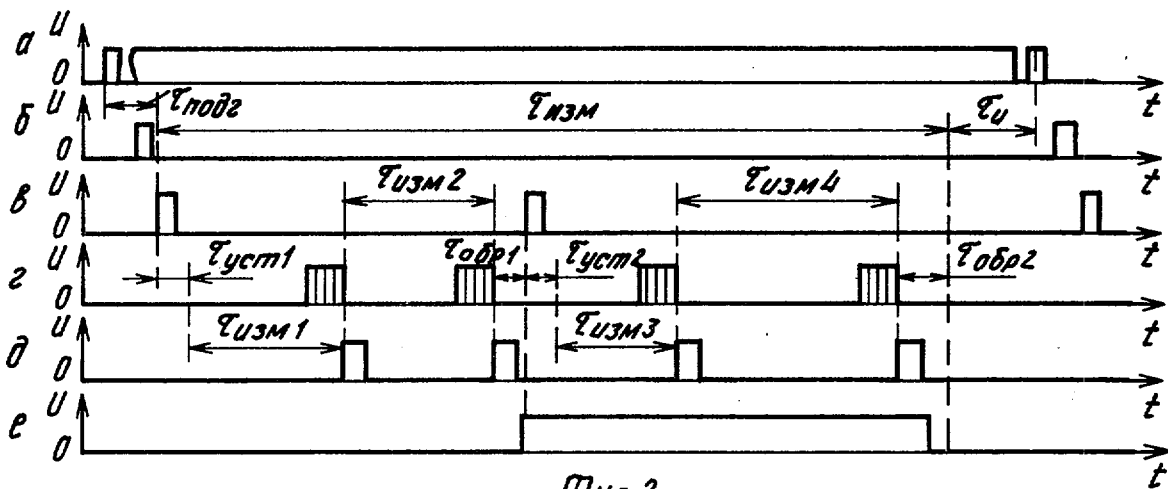
Автоматическое устройство для измерения дифференциальных параметров нелинейных элементов, содержащее аналого-цифровой преобразователь координат перехода через ноль второй производной микроЭВМ и блок отображения информации, вход которого подключен к информационному выходу микроЭВМ, отличающееся тем, что, с целью повышения точности и быстродействия измерений без сокращения диапазона рабочих частот, в него введены измерительный блок многоканальный переключатель и кодоуправляемый источник напряжения смещения, выход которого соединен с вторым информационным входом измерительного блока первый информационный вход которого соединен с первым выходом аналого-цифрового преоб-

разователя координат перехода через ноль второй производной, информационный вход которого соединен с выходом измерительного блока, к первому и второму выводу которого подключен нелинейный элемент, шины первого и второго портов ввода-вывода микроЭВМ соединены с соответствующими выходными шинами многоканального переключателя и информационными входами кодоуправляемого источника напряжения смещения, управляющий вход которого соединен с второй шиной третьего порта ввода-вывода микроЭВМ, первая и четвертая шины которого соответственно соединены с вторым и первым управляющими входами измерительного блока, третья шина третьего порта ввода-вывода микроЭВМ соединена с управляющим входом аналого-цифрового преобразователя координат перехода через ноль второй производной, второй выход которого соединен с пятой шиной третьего порта ввода-вывода микроЭВМ и управляющим входом многоканального переключателя, информационные входы которого соединены с соответствующими информационными выходами аналого-цифрового преобразователя координат перехода че-

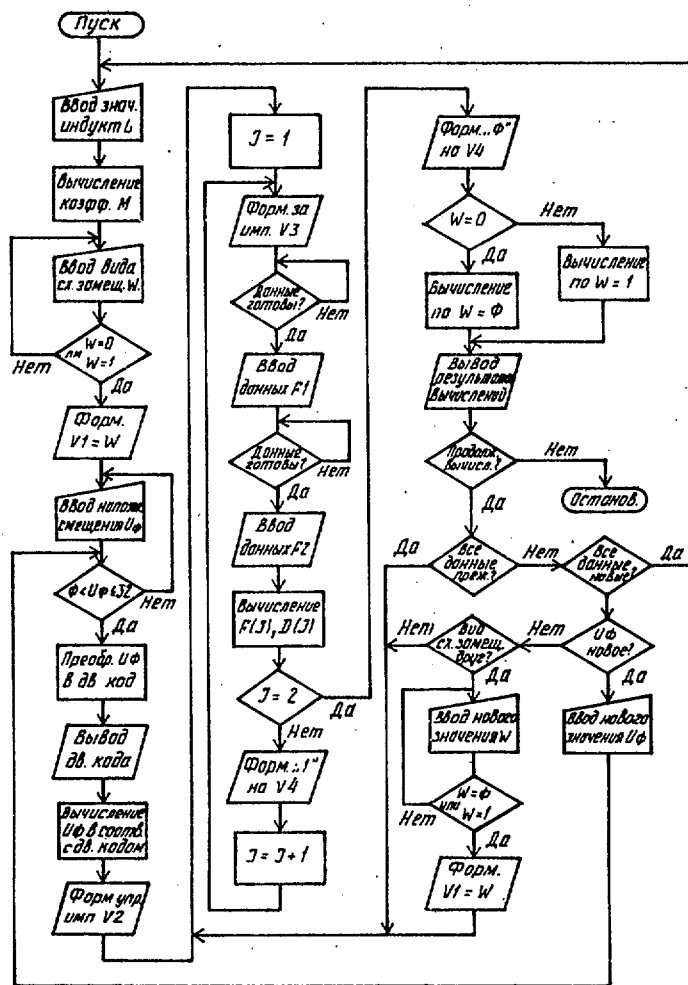
30



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Составитель В.Чеботова
 Редактор Техред М.Моргентал Корректор М.Куль

Заказ 1162 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

18