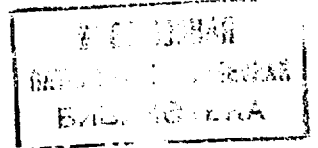




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- 1
- (21) 4298409/24-21
  - (22) 17.08.87
  - (46) 07.01.90. Бюл. № 1
  - (71) Минский радиотехнический институт
  - (72) В.Л.Свирид
  - (53) 621.317.33 (088.8)
  - (56) Авторское свидетельство СССР № 924621, кл. G 01 R 27/26, 30.04.82.  
Авторское свидетельство СССР № 1132258, кл. G 01 R 27/26, 30.12.84.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАРИКАПОВ

(57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения активной составляющей проводимости, емкости и добротности варикапов в параллельной

2

схеме замещения, например, при технологическом контроле параметров полупроводниковых приборов и других как нелинейных, так и линейных объектов, а также в подсистемах технической диагностики радиотехнических элементов автоматизированных систем контроля различной радиоэлектронной аппаратуры. Целью изобретения является повышение точности измерений без снижения быстродействия и расширение диапазона измеряемых величин. Цель достигается в результате автоматической компенсации остаточных активных потерь измерительного блока, что повышает его чувствительность к вносимым весьма малым активным составляющим проводимости исследуемых варикапов. 1 з.п. ф-лы, 8 ил.

Изобретение относится к радиоизмерительной технике, предназначено для измерения активной составляющей проводимости, емкости и добротности варикапов в параллельной схеме замещения с повышенной точностью измерений в расширенном диапазоне измеряемых величин и может быть использовано при технологическом контроле параметров полупроводниковых приборов и других как нелинейных, так и линейных объектов, а также в подсистемах технической диагностики радиотехнических элементов автоматизированных систем контроля различной радиоэлектронной аппаратуры.

Целью изобретения является повышение точности измерения без сниже-

ния быстродействия и расширение диапазона измеряемых величин.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства для автоматического измерения параметров варикапов; на фиг.2 - структурная схема индикаторного блока; на фиг.3 - структурная схема генератора ударного возбуждения; на фиг.4 - структурная схема преобразователя логарифмического декремента затухания во временной интервал; на фиг.5 - структурная схема формирователя информации о реактивной составляющей; на фиг.6 - структурная схема формирователя управляющих импульсов; на фиг.7 - диаграммы, поясняющие принцип измерения и работы устройства; на фиг.8 -

диаграммы, поясняющие принцип действия индикаторного блока.

Устройство для автоматического измерения параметров варикапов содержит измерительный блок 1, к которому посредством переключателя 2 и первой 3 и второй 4 клемм подключается исследуемый варикап 5, необходимый режим измерений которого обеспечивается с помощью источника 6 напряжения смещения. Формирование колебаний в измерительном блоке 1 осуществляется с помощью генератора 7 ударного возбуждения. Первый 8 и четвертый 9 синхронные демодуляторы, сравнивающий блок 10 и управляемая отрицательная активная проводимость 11 образуют систему автокомпенсации остаточных активных потерь в измерительном блоке 1, которая позволяет в отсутствие исследуемого варикапа получить логарифмический декремент затухания колебаний, равный нулю.

Формирование информации о логарифмическом декременте затухания колебаний в измерительном блоке 1 с подключенным варикапом 5 в удобном для практического использования виде производится с помощью последовательно соединенных преобразователя 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал, второго времяамплитудного преобразователя 13 и второго синхронного демодулятора 14. Второй времяамплитудный преобразователь 13 предназначен для линейного преобразования получаемого интервала времени в напряжение, а второй синхронный демодулятор 14 - для регистрации и хранения максимального значения этого напряжения.

Получение информации о периодах ударно возбуждаемых колебаний, действующих в измерительном блоке 1 с отключенным и подключенным исследуемым варикапом 5, в удобном для практического использования виде осуществляется с помощью последовательно соединенных формирователя 15 информации о периоде колебаний, и первого времяамплитудного преобразователя 16.

Третий синхронный демодулятор 17, выполняющий операцию избирательной регистрации и хранения максимального значения напряжения, имеющегося на выходе первого времяамплитудного преобразователя 16, совместно с пере-

множающим блоком 18 и вторым синхронным демодулятором 14 образуют канал формирования информации об искомой активной составляющей проводимости.

Формирователь 19 информации о реактивной составляющей предназначен для получения непосредственного отсчета измеряемой емкости, а аналоговый делитель 20 с источником 21 опорного напряжения обеспечивают непосредственный отсчет частоты, на которой производятся измерения параметров варикапов.

Перемножающе-делительный блок 22, предназначенный для реализации функции перемножения двух сигналов, пропорциональных емкости и частоте измерения, с одновременной реализацией операции обратного преобразования напряжения, пропорционального измеряемой активной составляющей проводимости, осуществляет непосредственный отсчет измеряемой добротности.

Регистрация всех измеряемых параметров, включая напряжение смещения исследуемых варикапов и частоту измерения, производится с помощью индикаторного блока 23.

Преобразование ударно возбуждаемых колебаний, получаемых в измерительном блоке 1, в различного рода прямоугольные импульсные сигналы, необходимые для управления ряда функциональных блоков устройства, осуществляется с помощью формирователя 24 управляющих импульсов. Для обеспечения жесткой синхронизации получаемых импульсов с ударно возбуждаемыми колебаниями, действующими в измерительном блоке 1, формирователь 24 напрямую связан с генератором 7 ударного возбуждения, формирователем 15 информации о периоде колебаний и посредством пятого элемента И 25 с делителем 26 частоты с переменным коэффициентом деления. Специально введенный пятый элемент И 25 предназначен для упрощения практической реализации делителя 26.

С целью расширения функциональных возможностей измерительного устройства за счет изменения абсолютных значений коэффициентом делитель 26 частоты с переменным коэффициентом деления, а также первый 16 и второй 13 времяамплитудные преобразователи снабжены управляющими органами, с помощью которых можно указать истин-

ное местоположение запятой на цифровом табло индикаторного блока 23, если значения этих коэффициентов в процессе измерений будут изменяться по отношению к первоначально принятым в 10, 100 и т.д. раз больше или меньше.

Для получения возможности управления работой системы автокомпенсации остаточных активных потерь только в пределах первой серии ударно возбуждаемых колебаний, формируемых в измерительном блоке 1 при отключенном варикапе 5, использованы первый 27 и второй 28 элементы И. С целью реализации возможности управления работой преобразователя 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал только в пределах второй серии ударно возбуждаемых колебаний, формируемых в измерительном блоке 1 при подключенном исследуемом варикапе 5, введены третий 29 и четвертый 30 элементы И. Элемент ИЛИ 31 и дифференцирующий блок 32 обеспечивают синхронизацию работы генератора 7 ударного возбуждения при переходе от одной серии колебаний к другой. Начальные условия работы измерительного устройства в целом задаются генератором 33 запускающих импульсов.

При этом первый вход измерительного блока 1 подключен к первому выходу генератора 7 ударного возбуждения, первый и второй управляющие входы которого подключены соответственно к первому выходу формирователя 24 управляющих импульсов и выходу дифференцирующего блока. Первый вход первого элемента И 24 подключен к второму выходу формирователя 24 управляющих импульсов, а выход второго элемента И 28 соединен с управляющим входом первого синхронного демодулятора 8.

Формирователь 15 информации о периоде колебаний, первый времяамплитудный преобразователь 16, формирователь 19 информации о реактивной составляющей и перемножающе-делительный блок 22 соединены последовательно. Второй перемножающий вход перемножающе-делительного блока 22 подключен к выходу аналогового делителя 20, множительный вход которого соединен с выходом источника 21 опорного напряжения.

Преобразователь 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал, второй времяамплитудный преобразователь 13, второй синхронный демодулятор 14 и перемножающий блок 18 соединены последовательно. Второй вход перемножающего блока 18 совместно с делительным входом аналогового делителя 20 соединен с выходом третьего синхронного демодулятора 17.

Источник 6 напряжения смещения соединен с вторым входом измерительного блока 1, второй выход которого через переключатель 2 соединен с первой клеммой 3 для подключения исследуемых варикапов 5. Вторая клемма 4 соединена с общей шиной устройства.

Соответствующие первые четыре информационных входа индикаторного блока 23 подключены к выходам перемножающе-делительного блока 22, аналогового делителя 20, формирователя 19 информации о реактивной составляющей и источника 6 напряжения смещения. Генератор 33 запускающих импульсов соединен с установочными входами генератора 7 ударного возбуждения, формирователя 24 управляющих импульсов, делителя 26 частоты с переменным коэффициентом деления и индикаторного блока 23.

Второй выход генератора 7 ударного возбуждения соединен с первым управляющим входом формирователя 24 управляющих импульсов, второй и третий управляющие входы которого подключены к выходам соответственно делителя 26 частоты с переменным коэффициентом деления и формирователя 15 информации о периоде колебаний.

Информационный вход преобразователя 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал совместно с информационным входом формирователя 24 управляющих импульсов соединен с первым выходом измерительного блока 1, а его третий управляющий вход подключен к третьему выходу генератора 7 ударного возбуждения, четвертый выход которого соединен с первым входом формирователя 15 информации о периоде колебаний. Второй вход формирователя 15 подключен к третьему выходу формирователя 24 управляющих импульсов.

Информационный вход третьего синхронного демодулятора 17 подключен к выходу первого времяамплитудного преобразователя 16, а его управляющий вход совместно с одним из управляющих входов формирователя 19 информации о реактивной составляющей соединен с четвертым выходом формирователя 24 управляющих импульсов, пятый выход 10 которого соединен с вторым управляющим входом формирователя 19 информации о реактивной составляющей.

Информационные входы первого и четвертого синхронных демодуляторов 8 и 9 подключены к первому выходу измерительного блока 1, к третьему выходу которого подключена управляемая отрицательная активная проводимость 11, соединенная с общей шиной устройства. Управляющий вход данной проводимости 11 подключен к выходу сравнивающего блока 10, соответствующие входы которого подключены к выходам первого 8 и четвертого 9 синхронных демодуляторов. Управляющий вход четвертого синхронного демодулятора 9 подключен к выходу первого элемента И 27, второй вход которого соединен с третьим выходом формирователя 24 управляющих импульсов.

Первые входы третьего 29 и четвертого 30 элементов И подключены к шестому выходу, а их вторые входы — соответственно к третьему и седьмому выходам формирователя 24 управляющих импульсов, второй и седьмой выходы которого дополнительно нагружены на входы второго элемента И 28. Выходы третьего 29 и четвертого 30 элементов И соединены отдельно с вторым и первым управляющими входами преобразователя 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал, выход которого дополнительно соединен с управляющим входом второго синхронного демодулятора 14, одним из входов элемента ИЛИ 31 и одним из управляющих входов индикаторного блока 23.

Второй вход элемента ИЛИ 31 подключен к седьмому выходу формирователя 24 управляющих импульсов, а выход соединен с входом дифференцирующего блока 32. Управляющий вход переключателя 2 подключен к выходу индикаторного блока 23, второй управляющий вход которого подключен к шестому выходу формирователя 24 уп-

равляющих импульсов, а свободный пятый информационный вход совместно с делительным входом перемножающе-делительного блока 22 подключен к выходу перемножающего блока 18.

Индикаторный блок 23 (фиг.2) содержит первый 34, второй 35 и третий 36 элементы ИЛИ, первый 37, второй 38 и третий 39 элементы ЗАПРЕТ, первый 40 и второй 41 делители частоты с переменным коэффициентом деления, дифференциатор 42 импульсов, RS-триггер 43, первый 44, второй 45 и третий 46 переключатели, двоичный счетчик 47, дешифратор 48 двоичного кода, индикатор 49 регистрируемых параметров, мультиплексор 50, цифровой вольтметр 51 и формирователь 52 запускающих импульсов.

При этом прямой вход первого элемента ЗАПРЕТ 37 подключен к выходу первого элемента ИЛИ 34, а выход соединен со счетным входом первого делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления, выход которого через дифференциатор 42 импульсов соединен с прямым входом второго элемента ЗАПРЕТ 38. Выход второго элемента ЗАПРЕТ 38 соединен с первыми входами первого переключателя 44 и второго элемента ИЛИ 35 и счетным входом второго делителя 41 частоты с переменным коэффициентом деления, выход которого соединен с прямым входом третьего элемента ЗАПРЕТ 39.

Выход третьего элемента ЗАПРЕТ 39 соединен с S-входом RS-триггера 43, прямой выход которого соединен с одним из входов третьего переключателя 46. Второй вход третьего переключателя 46 подключен к общей шине индикаторного блока 23, а выход соединен с инверсным входом первого элемента ЗАПРЕТ 37.

Выход второго элемента ИЛИ 35 соединен с установочным входом цифрового вольтметра 51, информационный вход которого подключен к выходу мультиплексора 50. Разрешающий вход мультиплексора 50 соединен с общей шиной индикаторного блока 23, а его управляющие входы совместно с входами дешифратора 48 двоичного кода подключены к соответствующим выходам двоичного счетчика 47, R-вход которого подключен к выходу третьего элемента ИЛИ 36, а C-вход — к выходу первого переключателя 44.

Первый вход третьего элемента ИЛИ 36 подключен к выходу второго переключателя 45, а второй - к седьмому выходу дешифратора 48 двоичного кода, первые шесть выходов которого соединены с соответствующими входами индикатора 49 регистрируемых параметров. Второй вход первого переключателя 44, управляющий орган которого сопряжен с управляющим органом второго переключателя 45, подключен к выходу формирователя 52 запускающих импульсов.

Один из информационных входов мультиплексора 50 соединен с общей шиной индикаторного блока 23, при этом последующие пять информационных входов мультиплексора 50 являются информационными входами 53-57 индикаторного блока 23, а входы первого элемента ИЛИ 34 - его первым и вторым управляющими входами 58 и 59. Вход второго переключателя 45, второй вход второго элемента ИЛИ 35, R-вход RS-триггера 43, инверсные входы второго 38 и третьего 39 элементов ЗАПРЕТ и установочные входы первого 40 и второго 41 делителей частоты с переменным коэффициентом деления являются установочным входом 60 индикаторного блока 23, а выход первого делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления - его выходом 61.

Генератор 7 ударного возбуждения (фиг.3) включает первый 62 и второй 63 элементы ИЛИ, цифровой элемент 64 задержки, RS-триггер 65, источник 66 тока, переключатель 67 тока и эквивалент 68 нагрузки. При этом один вывод эквивалента 68 нагрузки соединен с общей шиной генератора 7 ударного возбуждения, а второй подключен к одному выходу переключателя 67 тока. Информационный вход переключателя 67 тока подключен к выходу источника 66 тока, а управляющий вход - к прямому выходу RS-триггера 65, R-вход которого подключен непосредственно к выходу первого элемента ИЛИ 62, а S-вход посредством цифрового элемента 64 задержки соединен с выходом второго элемента ИЛИ 63.

Первые входы первого 62 и второго 63 элементов ИЛИ являются установочным входом 69 генератора 7 ударного возбуждения. Вторые входы первого 62 и второго 63 элементов ИЛИ являют-

ся соответственно его первым 70 и вторым 71 управляющими входами, а второй выход переключателя 67 тока, выход цифрового элемента 64 задержки, инверсный и прямой выходы RS-триггера 65 образуют соответственно первый, второй и третий и четвертый выходы 72-75 генератора 7 ударного возбуждения.

В качестве переключателя 67 тока может быть использовано герконовое реле или другой коммутатор тока, обеспечивающий эффективное перераспределение токов между измерительным блоком 1 и эквивалентом 68 нагрузки. Источник 66 тока представляет собой стабилизатор напряжения со схемой стабилизации тока на основе, например, диодно-транзисторной структуры, широко используемой в микроэлектронных дифференциальных усилителях. С целью снижения выходного сопротивления для переменного тока источник 66 тока блокируют конденсатором достаточно большого номинала емкости. Это позволяет эффективно демпфировать колебания в измерительном блоке 1 по окончании формирования серии ударно возбуждаемых колебаний.

Преобразователь 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал (фиг.4) содержит первый 76 и второй 77 синхронные демодуляторы, разрядный блок 78, компаратор 79 и элемент И 80. При этом один из входов элемента И 80 подключен к выходу компаратора 79, соответствующие входы которого соединены с выходами первого 76 и второго 77 синхронных демодуляторов. Информационный вход разрядного блока 78 подключен к дополнительному выходу первого синхронного демодулятора 76, а выход соединен с общей шиной преобразователя 12.

Информационные входы первого 76 и второго 77 синхронных демодуляторов представляют собой информационный вход 81 преобразователя 12, а выход элемента И 80 - его выход 82. Вход 83 - вход синхронного демодулятора 77. Управляющие выходы второго и первого синхронных демодуляторов являются первым 84 и вторым 85 управляющими входами преобразователя 12, а второй вход элемента И 80 совместно с управляющим входом разрядного блока 78 - его третьим управляющим входом 85.

Разрядный блок 78 преобразователя 12 выполнен в виде последовательного соединения образцового резистора и управляемого быстродействующего электронного ключа с малым остаточным сопротивлением в открытом и большим — в закрытом состоянии. Емкостный элемент памяти первого синхронного демодулятора 76, соединенный с его дополнительным входом, совместно с резистивным элементом разрядного блока 78 образуют образцовую RS-цепь, с помощью которой осуществляется преобразование логарифмического декремента затухания колебаний в пропорциональный интервал времени  $\Delta t$ .

Формирователь 19 информации о реактивной составляющей (фиг.5) реализован на основе квадратичного преобразователя 86 напряжений, соединенного с информационными входами первого 87 и второго 88 синхронных демодуляторов, и вычитающего блока 89, соответствующие входы которого подключены отдельно к выходам первого 87 и второго 88 синхронных демодуляторов. Вход квадратичного преобразователя 86 напряжений и выход вычитающего блока 89 являются соответственно информационным входом 90 и выходом 91 формирователя 19, а управляющие входы первого 87 и второго 88 синхронных демодуляторов — его первым 92 и вторым 93 управляющими входами.

Формирователь 24 управляющих импульсов (фиг.6) включает блок 94 регистрации экстремума, выполненный двухполярным, компаратор 95, один из входов которого соединен с общей шиной формирователя 24, дифференцирующий блок 96, первый 97, второй 98 и третий 99 элементы И, элемент НЕ 100, элемент ИЛИ 101, элемент ЗАПРЕТ 102, первый 103 и второй 104 RS-триггеры и Т-триггер 105, прямой и инверсный выходы которого соединены отдельно с первыми входами первого 97 и второго 98 элементов И.

При этом выход компаратора 95 соединен с одним из входов третьего элемента И 99, другой вход которого подключен к выходу блока 94 регистрации экстремума. Выход третьего элемента И 99 посредством элементов НЕ 100 и ИЛИ 101 соединен с R-входами первого 103 и второго 104 RS-триггеров. Инверсный выход второго RS-

триггера 104 через дифференцирующий блок 96 соединен с прямым входом элемента ЗАПРЕТ 102, выход которого соединен со счетным входом Т-триггера 105.

Вход блока 94 регистрации экстремума и второй вход компаратора 95 является информационным входом 106 формирователя 24 управляющих импульсов, а отдельные S-входы первого 103 и второго 104 RS-триггеров и объединенные вторые входы первого 97 и второго 98 элементов И — его соответственно первым 107, вторым 108 и третьим 109 управляющими входами.

Установочный вход Т-триггера 105, второй вход элемента ИЛИ 101 и инверсный вход элемента ЗАПРЕТ 102 являются установочным входом 110 формирователя 24, а выход элемента ЗАПРЕТ 102, инверсный выход Т-триггера 105, прямой выход первого RS-триггера 103, отдельные выходы первого 97 и второго 98 элементов И, прямой выход Т-триггера 105, прямой выход второго RS-триггера 104, выход третьего элемента И 99 и инверсный выход первого RS-триггера 103 — его соответственно с первого по девятый выходы 111-119.

Устройство работает следующим образом.

Начальные условия работы устройства, независимо от исходного состояния его функциональных блоков, устанавливаются с помощью генератора 33, относительно короткий импульс (фиг.7а) которого воздействует на установочные входы генератора 7, формирователя 24, делителя 26 частоты, индикаторного блока 23 и переводит указанные блоки в исходное состояние.

Пусть индикаторный блок 23 (фиг.2) находится в автоматическом режиме работы, при котором управляющие органы переключателей 44-46 устанавливаются в противоположное относительно показанного на фиг.2 положение. При этом запускающий импульс (фиг.7а), появившийся на установочном входе 60, воздействуя, с одной стороны, непосредственно на инверсные входы элементов ЗАПРЕТ 38 и 39, R-вход RS-триггера 43, второй вход элемента ИЛИ 35 и установочные входы делителей 40 и 41 частоты, а с другой стороны — через элемент ИЛИ 35 на установочный вход цифрового вольтметра

51 и через переключатель 45 и элемент ИЛИ 36 на R-вход двоичного счетчика 47, предотвращает на время своей длительности появление каких-либо сигналов на выходах элементов ЗАПРЕТ 38 и 39 и устанавливает в исходное (нулевое) состояние делителя 40 и 41, RS-триггер 43, цифровой вольтметр 51 и двоичный счетчик 47.

Переход RS-триггера 43 в исходное состояние сопровождается образованием на его прямом выходе нулевого потенциала, который подготавливает элемент ЗАПРЕТ 37 для передачи информации, образуемой впоследствии на выходе элемента ИЛИ 34. Влияние импульсов, возможно образуемых на выходе дифференциатора 42 импульсов в результате переходного процесса, связанного с возвращением в исходное состояние функциональных блоков устройства, в том числе делителей 40 и 41 частоты, полностью исключается с помощью элементов ЗАПРЕТ 38 и 39, если только длительность импульса генератора 33 согласована с длительностью переходных процессов в указанных функциональных блоках.

Запускающий импульс (фиг.7а), появившийся на R-входе двоичного счетчика 47, формирует на выходах последнего такой код, при котором выход мультиплексора 50 соединяется со своим первым информационным входом, несущим нулевой потенциал. Цифровой вольтметр 51, осуществивший сброс своих показаний под влиянием импульса, поступившего на его установочный вход, и не получив информации от мультиплексора 50, по истечении времени, необходимого для совершения процесса измерения, индицирует нулевые значения измеряемой величины. Одновременно с этим, имеющийся код на выходах двоичного счетчика 47, будучи преобразованным с помощью дешифратора 48, устанавливает индикатор 49 в исходное (нулевое) состояние.

Исключенный сигнал на выходе делителя 40 частоты и, следовательно, на выходе 61 индикаторного блока 23 размыкает переключатель 2 (фиг.1) и тем самым отключает клеммы 3 и 4 с подключенным варикапом 5 от измерительного блока 1.

Одновременно с этим при переходе в исходное состояние генератора 7 на

его втором 73 и четвертом 75 выходах устанавливаются нулевые потенциалы, на третьем выходе 74 - единичный. Исчезающий единичный потенциал на четвертом выходе 75 вызывает подключение к первому выходу 72 внутреннего источника тока, который, реализуя достаточно малое выходное сопротивление по переменному току, шунтирует первый вход измерительного блока 1 и прекращает в нем возможный колебательный процесс. Получаемый единичный потенциал на третьем выходе 74 генератора 7 ударного возбуждения, поступающий на третий управляющий вход 85 (фиг.4), приводит преобразователь 12 в исходное состояние и по мере разряда его собственных накопительных элементов памяти исключает возможность возникновения какого-нибудь сигнала на его выходе 82.

В свою очередь, запускающий импульс (фиг.7а), поступивший на установочный вход 110 (фиг.6) формирователя 24, образует на его третьем 113, шестом 116 и седьмом 117 выходах низкие (нулевые) потенциалы, а на втором 112 и девятом 119 выходах - высокие (единичные) потенциалы. Одновременно с этим запускающий импульс (фиг.7а) на время своей длительности предотвращает появление каких-либо импульсов на первом выходе 111 (фиг.6) формирователя 24, что исключает ложное срабатывание генератора 7, так как на его первом управляющем входе 70 (фиг.3) сигналы пока отсутствуют.

Формирователь 15 информации, будучи реализованным на основе элемента ЗАПРЕТ и воспринимающий в данный момент времени низкие потенциалы, имеющиеся на третьем выходе 113 (фиг.6) формирователя 24 и четвертом выходе 75 (фиг.3) генератора 7, формирует на своем выходе низкий (нулевой) потенциал. Этот потенциал, передвигаясь на третий управляющий вход 109 (фиг.6) формирователя 24, исключает возможность появления сигналов на его четвертом 114 и пятом 115 выходах. Отсутствие информации на информационном входе 106 (фиг.6) формирователя 24 обуславливает нулевой потенциал на его восьмом выходе 118, а отсутствие таковой на первом 107 и втором 108 управляющих входах сохраняет установленное исходное состояние формирователя 24 в целом.

Таким образом, в исходном состоянии на втором 112 и девятом 119 выходах формирователя 24 устанавливаются единичные потенциалы, а на всех остальных выходах — нулевые. Единичный потенциал на девятом выходе 119 (фиг.6) формирователя 24 подготавливает пятый элемент И 25 для передачи информации на свой выход, однако отсутствие таковой на его втором входе (этот вход соединен с восьмым выходом 118 формирователя 24) не позволяет повлиять на состояние делителя 26 частоты (фиг.1) и, следовательно, вызвать появление сигнала на втором управляющем входе 108 формирователя 24. Единичный потенциал, образованный на втором выходе 112 (фиг.6) формирователя 24, передаваясь на первые входы элементов И 27 и 28 не оказывает влияния на режим сохранения нулевых сигналов на их выходах.

Низкие потенциалы, получаемые на третьем 113 и седьмом 117 выходах (фиг.6) формирователя 24 запрещают передачу управляющих сигналов на выходы элементов И 27-30 (фиг.1) и, следовательно, запрещают прием информации синхронным демодулятором 8 и 9, а также преобразователю 12.

Нулевые сигналы, имеющиеся на четвертом 114, пятом 115 и шестом 116 выходах (фиг.6) формирователя 24 и на выходе 82 (фиг.4) преобразователя 12, поступая непосредственно на соответствующие управляющие входы синхронных демодуляторов 14 и 17, формирователя 19 и индикаторного блока 23, хотя и переводит указанные синхронные демодуляторы 14 и 17 и формирователь 19 в режим хранения информации, однако состояние всех функциональных блоков измерительного устройства (фиг.1), начиная с 13-го и заканчивая 22-м, безразлично, так как индикаторный блок 23, находясь в исходном состоянии и не получив информации по первому 58 и второму 59 управляющим входам (фиг.2), не реагирует на возможно изменяющуюся информацию на его информационных входах 53-57.

Образованные нулевые потенциалы на седьмом выходе 117 (фиг.6) формирователя 24 и выходе преобразователя 12 (фиг.1) и поступившие через элемент ИИ 31 на вход дифференцирующего блока 32, реагирующего только

на отрицательный перепад напряжения, могут создать на его выходе остроконечный импульс, однако этот импульс, следуя на второй управляющий вход 71 (фиг.3) генератора 7 после того, как прошел запускаящий импульс (фиг.7а) по установочному входу 69, не может повлиять на состояние функциональных блоков генератора 7 и вызывать нежелательные последствия.

По истечении интервала времени  $t_3$ , определяющегося временем установления переходных процессов, протекающих в измерительном устройстве (фиг.1), на втором выходе 73 (фиг.3) генератора 7 появляется задержанный импульс (фиг.7б) генератора 33 который, воздействуя на первый управляющий вход 107 (фиг.6) формирователя 24, образует на его третьем выходе 113 единичный потенциал (фиг.7в), а на девятом выходе 119 — нулевой. Одновременно с этим на третьем выходе 74 генератора 7 образуется нулевой потенциал, а на его четвертом выходе 75 — единичный (фиг.7в). В момент получения данного единичного потенциала генератор 7, направляя ток собственного генератора тока в эквивалент нагрузки и образуя разрыв внешней цепи, прекращает подачу тока со своего первого выхода 72 на первый вход измерительного блока 1 и вызывает в последнем ударное возбуждение колебаний (фиг.7г) с амплитудой  $U_m$  и произвольным логарифмическим декрементом затухания  $\lambda$  и периодом  $T$ .

Нулевой потенциал, полученный на третьем выходе 74 (фиг.2) генератора 7, поступая на третий управляющий вход 85 (фиг.4), исключает возможность появления сигналов на выходе 82 преобразователя 12. Вместе с этим единичный потенциал (фиг.7в), полученный на третьем выходе 113 (фиг.6) формирователя 24, поступая одновременно на вторые входы элементов 27 и 29 и формирователя 15, соответственно открывает первый элемент И 27 для передачи на свой выход информации с второго выхода 112 формирователя 24; подготавливает элемент И 29 для передачи информации на его выход и запрещает передачу сигнала на выход формирователя 15, несмотря на присутствие на его первом входе единичного потенциала с четвертого выхода 75 (фиг.3) генератора 7. Низкий по-



тенциал, действующий на девятом выходе 119 (фиг.6) формирователя 24, предотвращает передачу информации на выход элемента И 25 (фиг.1). Получаемый единичный сигнал на выходе элемента И 27 открывает для приема информации синхронный демодулятор 9.

Возникающие в измерительном блоке 1 колебания с определенной начальной фазой, например, такой, которая показана на фиг.7г, поступают на информационные входы синхронных демодуляторов 8 и 9, информационный вход 106 (фиг.6) формирователя 24 и информационный вход 81 (фиг.4) преобразователя 12.

В связи с тем, что на первом и втором 83 и втором 84 управляющих входах преобразователя 12 управляющие сигналы с выходов элементов И 29 и 30 отсутствуют, также как и отсутствует управляющий сигнал с выхода элемента И 28 на управляющем входе синхронного демодулятора 8, информация в данных блоках не обрабатывается. Синхронный демодулятор 9, являющийся в данный момент времени открытым для приема информации, воспринимает первую положительную полуволну ударно возбуждаемого колебания и следит за ее изменением.

Приобретаемая информация в виде напряжения определенной полярности на выходе синхронного демодулятора 9, поступая на один из входов сравнивающего блока 10, после усиления в нем передается на управляющий вход управляемой отрицательной активной проводимости 11 и смещает ее под влиянием большого разностного сигнала (напряжение на втором входе сравнивающего блока 10 отсутствует) в область максимального значения реализуемой отрицательной проводимости. При этом в измерительный блок 1 вносится максимально возможная отрицательная активная проводимость, определяющаяся собственной схмотехникой проводимости 11, и колебания в нем реализуются с логарифмическим декрементом затухания  $\lambda < 0$ , при котором амплитуда колебаний по мере их формирования возрастает и к концу их принудительного прекращения становится больше первоначальной  $U_m$  на величину некоторого приращения напряжения  $+\Delta U$  (фиг.7г). Данное обстоятельство позволяет получить в измерительном

блоке 1 колебания с произвольным числом периодов  $q$ , не опасаясь их естественного прекращения, как в случае без компенсаций активной составляющей измерительного блока.

Одновременно с получением незатухающих колебаний в измерительном блоке 1 происходит обработка и анализ информации в формирователе 24 (фиг.6). В этом формирователе 24 по мере протекания ударно возбуждаемых колебаний (фиг.7г) формируется три последовательности прямоугольных импульсов. Первая последовательность (фиг.7д) с фронтами прямоугольных импульсов, соответствующих переходу через нуль исходного колебания, и вторая последовательность (фиг.7е) с фронтами прямоугольных импульсов, соответствующих местоположению экстремальных точек на этом колебании, образуют третью последовательность прямоугольных импульсов (фиг.7ж), длительность и местоположение каждого импульса в которой в точности соответствует интервалам времени, заключенным между первым переходом через нуль и экстремумом каждой положительной полуволны ударно возбуждаемых колебаний (фиг.7г). Третья последовательность прямоугольных импульсов (фиг.7ж) наблюдается на восьмом выходе 118 (фиг.6) формирователя 24.

При достижении максимального значения первой полуволны колебаний (заштрихованная первая область, фиг.7г) заканчивается формирование первых прямоугольных импульсов (фиг.7, ж, з), соответствующих первой четверти волны анализируемого колебания на восьмом 118 и третьем 113 выходах (фиг.6) формирователя 24, при этом прекращает свое существование и прямоугольный импульс (фиг.7и) на выходе первого элемента И 27, который переводит четвертый синхронный демодулятор 9 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды первой положительной полуволны ударно возбужденного колебания. Вместе с тем, исчезновение прямоугольного импульса (фиг.7з) на третьем выходе 113 формирователя 24, с одной стороны, разрешает передачу информации (фиг.7к) на выход формирователя 15 с четвертого выхода 75 (фиг.2) генератора 7 и, с другой стороны, вы-

зывает появление единичного потенциала на его девятом выходе 119 (фиг.6), подготавливающего элемент И 25 (фиг.1) для передачи информации на счетный вход делителя 26 частоты.

Информация в виде прямоугольного импульса (фиг.7к) с выхода формирователя 15 воспринимается первым времяамплитудным преобразователем 16 и передается на третий управляющий вход 109 (фиг.6) формирователя 24. При этом на пятом выходе 115 формирователя 24 образуется управляющий импульс (фиг.7л), который, воздействуя на второй управляющий вход 93 (фиг.5), открывает для обработки и приема информации формирователь 19. На информационный вход этого формирователя 19 в данный момент времени поступает линейно нарастающее напряжение (первая зачерненная область, фиг.7к), пропорциональное периоду  $T_1$  (фиг.7г) с выхода времяамплитудного преобразователя 16.

По мере протекания ударно возбужденных колебаний (фиг.7г) в измерительном блоке 1 и образования последовательности импульсов (фиг.7ж) на восьмом выходе 118 формирователя 24, через подготовленный для передачи информации элемент И 25 на счетный вход делителя 26 частоты поступает информация.

Из диаграмм (фиг.7г и ж) видно, что количество импульсов в последовательности импульсов, получаемой на восьмом выходе 118 формирователя 24 на единицу больше, чем число  $q$ , реализуемое при соответствующих изменениях искомым параметров. Для устранения такого несоответствия и, следовательно, упрощения реализации устройства (фиг.1) специально введен элемент И 25, с помощью которого первый импульс из последовательности импульсов (фиг.7ж), имеющий место на восьмом выходе 118 формирователя 24, исключается благодаря использованию сигнала именно с девятого выхода 119 формирователя 24, являющегося инверсным относительно сигнала (фиг.7з), действующего на третьем выходе 113 формирователя 24 и соответствующего лишь первой четверти рассматриваемой серии ударно возбуждаемых колебаний.

Общее количество периодов колебаний, подлежащих анализу, зависит от

величины устанавливаемого коэффициента деления делителя 6  $K_{\text{длкд}}$ , который определяет реализацию требуемых значений числа  $q$ , равных 1; 10; 100 и т.д.

В соответствии с тем, что принимаемое числовое значение  $K_{\text{длкд}}=q$ , не влияет на динамику протекающих процессов, рассмотрим работу измерительного устройства (фиг.1) при  $q=2$ .

При данных условиях к моменту образования третьего периода ударно возбуждаемых колебаний (фиг.7г), что соответствует началу третьего импульса (фиг.7ж), получаемому на восьмом выходе 118 (фиг.6) формирователя 24, образуется остrokонечный импульс (фиг.6м) на выходе делителя 26 частоты, который, поступая на второй управляющий вход 108, вызывает появление прямоугольного импульса (фиг.7н) на седьмом выходе 117 формирователя 24. С появлением данного импульса образуются аналогичные импульсы (фиг.7о, п) соответственно на выходах второго элемента И 28 и элемента ИЛИ 31.

Импульс (фиг.7о), получаемый на выходе второго элемента И 28, открывает для приема информации первый синхронный демодулятор 8, который, производя непрерывное слежение и запоминание, воспринимает в данный момент времени информацию об амплитуде третьего периода ударно возбужденных колебаний (вторая заштрихованная область, фиг.7г), действующего на первом выходе измерительного блока 1. Данная информация о текущей амплитуде третьего периода, непрерывно накапливаясь в синхронном демодуляторе 8, преодолевает в сравнивающем блоке 10 хранимую демодулятором 9 информацию и смещает управляемую отрицательную активную проводимость 11 в область меньших значений отрицательной составляющей, сдерживая относительный рост амплитуды колебаний.

В результате отмеченных противодействий, происходящих в сравнивающем блоке 10, маловероятным является то, что к моменту окончания формирования данной серии ударно возбужденных колебаний их амплитуда совпадает в первоначальной и приращение напряжений (фиг.7г) станет равным нулю ( $\Delta U=0$ ). Следует отметить, что наличие отрицательной обратной связи в

контуре уравнивания активной составляющей измерительного блока 1 приводит к нарушению постоянства декремента затухания амплитуды на заключительной (рассматриваемой) стадии формируемой серии колебаний. В дальнейшем по мере приближения системы автокомпенсации остаточных активных потерь в измерительном блоке к уравниванному состоянию путем формирования последующих серий ударно возбуждаемых колебаний отмеченная нелинейная зависимость практически исчезает.

Таким образом, наиболее вероятными оказываются случаи, когда амплитуда колебаний в конце формируемой серии не равна первоначальной  $U_m$ , причем она может быть как больше, так и меньше первоначальной, все зависит от инерционности контура уравнивания системы автокомпенсации. Какой из случаев будет преобладающим в данный момент времени, для динамики процессов, происходящих в других подсистемах устройства, пока не имеет решающего значения.

Итак, при достижении первого максимума амплитуды третьего периода колебаний (фиг.7г) в формирователе 24 заканчивается существование единичных импульсов (фиг.7ж,и) на восьмом 118 и седьмом 117 выходах (фиг.6). Одновременно с этим на первом выходе 111 формирователя 24 появляется остроконечный импульс (фиг.7р), на его шестом выходе 116 — единичный импульс (фиг.7с), а на втором выходе 112 — нулевой. Последний автоматически исключает дальнейшее существование импульса (фиг.7л) на пятом выходе 115 формирователя 24.

С получением нулевых уровней на втором 112 и седьмом 117 выходах формирователя 24 исключаются сигналы (фиг.7о,п) на выходах элемента И 28 и элемента ИЛИ 31, что переводит первый синхронный демодулятор 8 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды третьего периода колебаний (фиг.7г) и вызывает появление остроконечного импульса (фиг.7т) на выходе дифференцирующего блока 32. При этом, если амплитуда сигнала, накопленная в первом синхронном демодуляторе 8 в точности соответствует амплитуде сигнала, хранимой в синхронном демодуляторе 9, то

тогда разность напряжений  $\Delta U$  (фиг.7г) в первом приближении стремится к нулю ( $\Delta U \rightarrow 0$ ) и при реализации в первом приближении бесконечно большого коэффициента передачи сравнивающего блока 10 ( $K_c \rightarrow \infty$ ) на управляющем входе управляемой отрицательной активной проводимости 11 образуется вполне определенное напряжение, которое соответствует ее отрицательной проводимости, обеспечивающей полную компенсацию активных потерь измерительного блока 1 и, следовательно, реализацию логарифмического декремента затухания  $\lambda_1 = 0$ , и которое будет сохраняться в течение некоторого времени, например до образования следующей аналогичной серии ударно возбуждаемых колебаний. Если же разность напряжений  $\Delta U$  будет заметно отличаться от нуля, то тогда на выходе сравнивающего блока 10 будет получена усиленная разность такого напряжения, которая способна смещать управляемую отрицательную активную проводимость 11 в ту или другую сторону от положения равновесия в зависимости от полярности образуемой разности напряжений  $\Delta U$  с тем расчетом, чтобы в последующих циклах формирования ударно возбуждаемых колебаний осуществить точную подстройку системы автокомпенсации остаточных потерь в измерительном блоке 1.

Вместе с этим остроконечный импульс (фиг.7р), полученный на первом выходе 111 (фиг.6) формирователя 24, воздействуя на первый управляющий вход 70 (фиг.3) генератора 7, исключает единичный импульс (фиг.7в) на четвертом выходе 75 и вызывает появление его на третьем выходе 74. При этом к первому выходу 72 генератора 7 подключается внутренний источник тока, который своим малым выходным сопротивлением по переменному току шунтирует измерительный блок 1, и колебательный процесс в нем прекращается (фиг.7г), завершая формирование первой серии ударно возбуждаемых колебаний с периодом  $T_1$  и логарифмическим декрементом затухания, как было условлено выше,  $\lambda_1 = 0$  (23).

Низкий потенциал с четвертого выхода 75 (фиг.3) генератора 7, поступая на первый вход формирователя 15, прекращает существование импульса (фиг.7к) на выходе последнего, а

это, в свою очередь, исключает сигнал на третьем управляющем входе 109 (фиг.6) формирователя 24, следовательно, возможность появления единичного импульса, прежде всего, на четвертом выходе 114 и импульса (фиг.7л) на его пятом выходе 115.

Исчезновение единичного сигнала (фиг.7л) на пятом выходе 115 формирователя 24, следовательно, на втором управляющем входе 93 (фиг.5), переводит формирователь 19 информации о реактивной составляющей в режим хранения накопленной информации. К данному моменту времени в формирователе 19 информации о реактивной составляющей накопилась в виде постоянного напряжения  $(pU,)^2$  информация, пропорциональная квадрату  $q T_1$  периодов первой серии ударно возбуждаемых колебаний, которая первоначально была сосредоточена в длительности  $t_1$  идентичных импульсов (фиг.7к,л), существовавших на выходе формирователя 15 и пятом выходе 115 формирователя 24. С исключением импульса (фиг.7к) на выходе формирователя 15 времяамплитудный преобразователь 16 автоматически возвращается в исходное состояние, т.е. обнуляется благодаря тому, что его накопительный элемент блокируется разрядным ключом, управляемым анализируемым импульсом.

Появившийся единичный сигнал (фиг.7с) на шестом выходе 116 (фиг.6) формирователя 24 управляющих импульсов поступает на второй управляющий вход 59 (фиг.2) индикаторного блока 23 и на первые входы элементов И 29 и 30. При этом отсутствующие в данный момент времени сигналы (фиг.7з,и) на третьем 113 и седьмом 117 выходах (фиг.6) формирователя 24 не позволяют образовать единичные импульсы на выходах элементов И 29 и 30, а это приводит к тому, что преобразователь 12, не получая сигналов по первому и второму управляющим входам 83 и 84 (фиг.4), сохраняет свое исходное состояние несмотря на появление на его третьем управляющем входе 85 единичного импульса с третьего выхода 74 (фиг.3) генератора 7.

Импульс (фиг.7с), поступивший на второй управляющий вход 59 (фиг.2) индикаторного блока 23, беспрепятственно передается дальше через эле-

мент ИИИ 34 и открытый элемент ЗАПРЕТ 37 на счетный вход делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления. В зависимости от устанавливаемого коэффициента деления делителя 40 определяется процесс дальнейшей работы измерительного устройства (фиг.1) в целом.

Пусть сначала коэффициент деления делителя 40 (фиг.2) установлен равным единице. Тогда на выходе 61 индикаторного блока 23 появляется тот же импульс (фиг.7с), который действует на его втором управляющем входе 59 с шестого выхода 116 (фиг.6) формирователя 24. Этот импульс, передаваемый на управляющий вход переключателя 2, переводит данный переключатель в противоположное, относительно показанного на фиг.1, положение и тем самым подключает посредством клемм 3 и 4 исследуемый варикап 5 к измерительному блоку 1. При этом с помощью источника 6 напряжения появляется возможность создания необходимого режима измерения параметров исследуемого варикапа 5. Контроль напряжения смещения "Грубо" может производиться с помощью встроенного индикатора источника 6, а "Точно" осуществляется индикаторным блоком 23.

Остроконечный импульс (фиг.7т), появившийся на выходе дифференцирующего блока 32 в момент прекращения действия импульса (фиг.7п) на выходе элемента ИИИ 31 и поступивший на второй управляющий вход 71 (фиг.3) генератора 7 ударного возбуждения, по существу, заканчивает первый цикл формирования, анализа и обработки ударно возбуждаемых колебаний, позволивший получить необходимую информацию о собственных идеализированных параметрах измерительного блока 1: периоде  $T_1$  и логарифмическом декременте затухания  $\lambda_1=0$ . Во втором аналогичном цикле необходимо получить информацию о параметрах измерительного блока 1 совместно с исследуемым варикапом 5, которая затем позволит достаточно точно определить искомые параметры варикапа.

Тогда, спустя время задержки  $t_2$  (фиг.7т), на втором выходе 63 (фиг.3) генератора 7 появляется короткий импульс (второй импульс, фиг.7б) с одновременным образованием единичного

потенциала (фиг.7в) на его четвертом выходе 75 и нулевого - на третьем выходе 74, а также прекращением передачи тока с первого выхода 72 на первый вход измерительного блока 1. Полученные сигналы генератора 7 передаются на соответствующие входы формирователя 24, формирователя 15 и преобразователя 12 во временной интервал, и процессы, связанные с формированием второй серии ударно возбуждаемых колебаний, повторяются в том же порядке, что и при формировании первой серии колебаний. Отличия состоят лишь в разделении и дальнейшей обработке получаемой при этом информации с целью достижения желаемого результата.

Действительно, прекращение передачи тока в измерительный блок 1 вызывает в нем снова ударное возбуждение колебаний (фиг.7г) с увеличенным периодом  $T_2$  и логарифмическим декрементом затухания  $\lambda_2$  амплитуды, убывающей во времени  $t$  по экспоненте  $e^{-\frac{\lambda_2}{T_2}t}$  ввиду того, что в измерительный блок 1 параллельно включены положительные активная и реактивная составляющие полного сопротивления исследуемого варикапа 5, а образовавшийся импульс (фиг.7з) на третьем выходе 113 формирователя 24 управляющих импульсов, с одной стороны, запрещает на время своей длительности появление импульса (фиг.7к) на выходе формирователя 15, с другой - совместно с действующим единичным импульсом (фиг.7с) на шестом выходе 116 формирователя 24 вызывает появление импульса (фиг.7у) на выходе элемента И 29, который, поступая на второй управляющий вход 84 (фиг.4), открывает преобразователь 12 для приема информации.

По мере образования новой серии ударно возбуждаемых колебаний преобразователь 12 воспринимает первую четверть волны формируемого колебания (третья заштрихованная область, фиг.7г) и следит за ее изменением, при этом в момент превышения этим колебанием нулевого или другого уровня в нем начинает формироваться прямоугольный импульс (фиг.7ф), позволяющий в дальнейшем получить интервал времени, пропорциональный логарифмическому декременту затухания. Одновременно с этим формирователь 24,

произведя рассмотренную выше обработку, создает в дальнейшем на восьмом выходе 118 снова последовательность импульсов (фиг.7ж), временное положение каждого импульса которой соответствует местоположению первых четвертей положительных полуволн анализируемых колебаний. Эта последовательность импульсов с восьмого выхода 118 (фиг.6) формирователя 24 воздействует на один из входов элемента И 25.

При достижении максимума амплитуды  $U_{21}$  первой полуволны колебаний (заштрихованная третья область, фиг.7г) заканчивается формирование первых импульсов (фиг.7ж,з) на восьмом 118 и третьем 113 выходах формирователя 24 и, следовательно, аналогичного импульса (фиг.7у) на выходе элемента И 29. При этом преобразователь 12 переходит в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды  $U_{21}$  первой положительной полуволны ударно возбуждаемых колебаний, а преобразователь 15 получает возможность передачи на свой выход информации (фиг.7в) с четвертого выхода 75 (фиг.3) генератора 7 ударного возбуждения.

Получаемый единичный сигнал (фиг.7к) на выходе формирователя 15 подвергается преобразованию в первом времяамплитудном преобразователе 16 с образованием на его выходе линейно нарастающего напряжения (зачерненная вторая область, фиг.7к) и одновременно, поступая по третьему управляющему входу 109 (фиг.6) в формирователь 24, образует импульс (фиг.7х), который, передаваясь с четвертого выхода 114 формирователя 24 на первый управляющий вход 92 (фиг.5) формирователя 19 и на управляющий вход синхронного демодулятора 17, открывает последние для приема информации.

Приобретаемая третьим синхронным демодулятором 17 информация в виде напряжения, пропорционального  $q T_2$  периодам формируемых в данный момент времени колебаний (фиг.7г), поступает для дальнейшей обработки на второй вход перемножающего блока 18 и на делительный вход аналогового делителя 20, где, взаимодействуя с напряжением источника 21 опорного напряжения, образует напряжение, обратно

пропорциональное исходному. Получаемое напряжение воздействует на второй перемножающий вход перемножающе-делительного блока 22 и на соответствующий вход индикаторного блока 23.

В формирователе 19 информация анализируемая информация, подвергаясь непрерывному преобразованию, возводится в квадрат и вычитается из хранимой информации, пропорциональной квадрату  $q T_1$  периодам первой серии колебаний, с образованием разностного напряжения. Это напряжение с выхода 91 (фиг.5) формирователя 19 поступает на первый перемножающий вход перемножающе-делительного блока 22 и на соответствующий информационный вход индикаторного блока 23.

С дальнейшим протеканием колебаний в измерительном блоке 1 и образованием в последовательности прямоугольных импульсов (фиг.7ж) необходимого их количества, соответствующего установленному ранее коэффициенту деления  $K_{\text{дел}} K_{\text{дел}}$ , на выходе делителя 26 частоты снова возникает короткий импульс (фиг.7м), под влиянием которого на седьмом выходе 117 (фиг.6) формирователя 24 образуется единичный потенциал (фиг.7н), который повторяется (фиг.7п,ц) на выходах элемента ИЛИ 31 и элемента И 30 и который, поступая на первый управляющий вход 83 (фиг.4), во второй раз открывает для приема информации преобразователь 12. С данного момента времени преобразователь 12 воспринимает информацию о текущей амплитуде первой четверти анализируемой волны (четвертая заштрихованная область, фиг.7г) ныне действующей серии колебаний.

При достижении максимума амплитуды  $U_{2n}$  анализируемого (третьего) периода колебаний (фиг.7г) заканчивается указанным способом формирование третьего импульса (фиг.7ж) на восьмом выходе 118 (фиг.6), импульса (фиг.7н) на седьмом выходе 117 и, следовательно, импульса (фиг.7ц) на выходе элемента И 30, а также импульса (фиг.7с) на шестом выходе 116 и, следовательно, импульса (фиг.7х) на четвертом выходе 114 формирователя 24. Вместе с этим образовывается и остроконечный импульс (фиг.7р) на первом выходе 111 формирователя 24, который, передаваясь на первый управляющий

вход 70 (фиг.3) генератора 7 ударного возбуждения, исключает импульс (фиг.7в) на его четвертом выходе 75 и вызывает появление такового на его третьем выходе 74. При этом генератор 7 своим малым выходным сопротивлением, реализуемым на первом выходе 72, шунтирует измерительный блок 1 и прекращает в нем колебательный процесс, завершая тем самым формирование второй серии ударно возбуждаемых колебаний (фиг.7г) с периодом  $T_2$  и логарифмическим декрементом затухания  $\lambda_2$ .

Исчезновение импульса (фиг.7ц) на выходе элемента И 30 и, следовательно, на первом управляющем входе 83 (фиг.4) переводит преобразователь 12 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды  $U_{2n}$  (фиг.7г), а появление низкого потенциала (фиг.7в) на четвертом выходе 75 генератора 7 заканчивает формирование импульса (фиг.7к) длительностью  $t_2$  на выходе формирователя 15 информации и образование постоянного напряжения  $pU_2$ , пропорционального  $q T_2$  периодам, на выходе первого времяамплитудного преобразователя 16 (вторая зачерненная область, фиг.7к).

Окончание действия аналогичного импульса (фиг.7х) на четвертом выходе 114 (фиг.6) формирователя 24 переводит синхронный демодулятор 17 (фиг.1) и формирователь 19 информации в режим хранения накопленной информации в виде постоянных напряжений соответственно  $p U_2$  и  $(pU_2)^2$ . При этом разностное напряжение, получаемое на выходе 91 формирователя 19, оказывается точно соответствующим искомой емкости  $C_B$  исследуемого варикапа, а выходное напряжение третьего синхронного демодулятора 17, будучи подвергнутым обратному преобразованию совместно с напряжением источника 21 напряжения в аналоговом делителе 20, - частоте измерения  $f_B$  и могут регистрироваться индикаторным блоком 23.

Окончание действия импульса (фиг.7к) на выходе формирователя 15 информации о периоде колебаний возвращает в исходное состояние первый времяамплитудный преобразователь 16 и предотвращает появление импульса (фиг.7л) на пятом выходе 115 (фиг.6) формирователя 24 несмотря на образование в данный момент времени единич-

ного потенциала на втором выходе 112 формирователя 24. Последний не вызывает образование управляющих импульсов (фиг.7и, о) и на выходах элементов И 27 и 28, так как исключены сигналы (фиг.7з,н) на третьем 113 и седьмом 117 выходах формирователя 24.

Единичный потенциал, поступивший на третий управляющий вход 85 (фиг.4) с третьего выхода 74 (фиг.3) генератора 7, включает в работу преобразователь 12 во временной интервал по выполнению операции разряда по экспоненте  $e^{-t/C_p}$ , хранимой информации об амплитуде колебаний  $U_{21}$  (фиг.7г), и на его выходе 82 появляется импульсный сигнал (фиг.7ч), который одновременно воздействует на первый вход элемента ИЛИ 31, вход второго времяамплитудного преобразователя 13, управляющий вход синхронного демодулятора 14 и управляющий вход 58 (фиг.2) индикаторного блока 23. Этот импульс, суммируясь с ранее действовавшими импульсами (фиг.7н,с) на седьмом 117 и шестом 116 выходах (фиг.6) формирователя 24, не прерывает сигнала (фиг.7п) на выходе элемента ИЛИ 31 и сигнала на выходе элемента ИЛИ 34 (фиг.2) индикаторного блока 23 и открывает для приема информации второй синхронный демодулятор 14.

Приобретаемая демодулятором 14 информация в виде линейно нарастающего напряжения с выхода второго времяамплитудного преобразователя 13 (зачерненная область, фиг.7ч) подвергается операции перемножения в перемножающем блоке 18 с хранимым в синхронном демодуляторе 17 напряжением  $pU_2$ . Результат перемножения воздействует на делительный вход перемножающе-делительного блока 22, где подвергается операции обратного преобразования с перемножением на произведение двух сигналов, пропорциональных измеряемой частоте  $f_8$  и емкости  $C_8$  установившихся на выходах аналогового делителя 20 и формирователя 19 информации. Образованные напряжения на выходах перемножающего блока 18 и перемножающе-делительного блока 22 поступают на соответствующие информационные входы индикаторного блока 23.

По мере разряда по экспоненте  $e^{-t}$  (фиг.7г) информации об амплитуде сигнала  $U_{21}$  и достижении хранимо-

го уровня информации об амплитуде сигнала  $U_{2n}$  в преобразователе 12 во временной интервал заканчивается формирование импульса (фиг.7ф) длительностью, характеризующей время, в течение которого уровень хранимой информации об амплитуде сигнала  $U_{21}$  превышает уровень хранимой информации об амплитуде сигнала  $U_{2n}$  (фиг.7г). При этом заканчивается формирование импульса (фиг.7ч) на выходе 82 (фиг.4) преобразователя 12, возвращающего в исходное состояние второй времяамплитудный преобразователь 13 и прекращающего существование импульса (фиг.7п) на выходе элемента ИЛИ 31 и импульса на выходе элемента ИЛИ 34 (фиг.2) индикаторного блока 23. Вместе с этим синхронный демодулятор 14 переходит в режим хранения накопленной информации в виде постоянного напряжения  $e \Delta U_2$ , пропорционального логарифмическому декременту затухания  $\lambda_2$  второй серии колебаний в измерительном блоке 1 и соответствующего интервалу времени  $\Delta t_2$  (фиг.7г), а остроконечный импульс (фиг.7т), образуемый на выходе дифференцирующего блока 32, снова запускает измерительное устройство (фиг.1) в работу.

В результате непрерывной работы измерительного устройства (фиг.1) в соответствии с изложенным выше алгоритмом при формировании нечетных серий ударно возбуждаемых колебаний (фиг.7г) вырабатывается информация для сохранения системы автокомпенсации активных потерь в измерительном блоке 1 в равновесном состоянии и информация о периоде собственных колебаний  $T_1$ , а при формировании четных серий ударно возбуждаемых колебаний - информация о параметрах измерительного блока 1 с подключенным ( $T_2, \lambda_2$ ) или отключенным ( $T_1, \lambda_1$ ) исследуемым варикапом 5. При этом с момента запуска (фиг.7а) измерительного устройства в работу и получения на установившемся входе 60 (фиг.2) запускающего импульса (фиг.8а) на втором управляющем входе 59 индикаторного блока 23 образуется последовательность прямоугольных импульсов (фиг.8б) с шестого выхода 116 (фиг.6) формирователя 24 управляющих импульсов, а на его первом управляющем входе 58 - последовательность относительно коротких импульсов (фиг.8в) с выхода преобраз-

зователя 12 логарифмического декремента затухания во временной интервал. Появление каждого импульса в последней последовательности строго соглас-

но с подключением к измерительному блоку 1 исследуемого варикапа 5. Получаемые последовательности импульсов, взаимодействуя в первом элементе ИЛИ 34 индикаторного блока 23, образуют на его выходе последовательность импульсов (фиг.8г), длительность каждого из импульсов которой представляет собой сумму длительностей соответствующих импульсов исходных последовательностей. Эта последовательность импульсов (фиг.8г), поступая через открытый первый элемент ЗАПРЕТ 37 на счетный вход делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления, превращается в нем в новую последовательность импульсов (фиг.8д), которая передается на вход дифференциатора 42 импульсов и выход 61 индикаторного блока 23.

Период следования импульсов в данной последовательности (фиг.8д), определяющий время индикации одного параметра  $\tau_{и}$  (фиг.8и), может регулироваться в широких пределах путем изменения коэффициента деления делителя 40. Применение делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления в качестве элемента регулировки времени индикации одновременно позволяет продуктивно использовать и ресурс переключателя 2 (фиг.1), но это, в свою очередь, определяет необходимость использования двух последовательностей импульсов (фиг.8б,в) для эффективного управления индикаторного блока 23. В качестве переключателя 2 целесообразнее всего использовать герконовые реле, обладающие минимально возможными остаточными параметрами (индуктивностью выводов, активным сопротивлением в замкнутом состоянии и т.д.) по сравнению с другими видами электронных коммутаторов, однако имеющие ограниченный ресурс переключения.

Получаемая последовательность импульсов (фиг.8д), подвергаясь операции дифференцирования с ограничением снизу в дифференциаторе 42 импульсов, приобретает вид последовательности остроконечных импульсов (фиг.8е), местоположение которых соответствует отрицательным перепа-

дам в анализируемом сигнале. Эта последовательность импульсов через открытый второй элемент ЗАПРЕТ 38 передается непосредственно на счетный вход второго делителя 41 частоты с переменным коэффициентом деления и через второй элемент ИЛИ 35 на установочный вход цифрового вольтметра 51, а также через первый переключатель 44 на С-вход двоичного счетчика 47.

Первый импульс из данной последовательности импульсов (фиг.8е) устанавливает на выходах двоичного счетчика 47 такой код, который, будучи дешифрованным в дешифраторе 48 двоичного кода, устанавливает единичный потенциал (фиг.8з) на его втором выходе, переместив этот потенциал (фиг.8ж) с первого выхода, что вызывает соответствующие изменения в индикаторе 49 регистрируемых параметров с отражением конкретного регистрируемого параметра, например добротности  $Q_{в}$ . Аналогичная операция дешифрации кодов происходит в мультиплексоре 50, который подключает к своему выходу информационный вход 53, на котором содержится информация об измеряемой добротности  $Q_{в}$ . В свою очередь, цифровой вольтметр 51, получив по установочному входу единичный сигнал в виде первого остроконечного импульса (фиг.8е), сбрасывает вторично свои нулевые показания, длившиеся с момента установки в исходное состояние (нулевой оцифрованный импульс, фиг.8ж) и спустя некоторый интервал времени, определяющийся собственной схмотехникой, производит изменения поступающей с выхода мультиплексора 50 информации с последующей индикацией измеренной величины до тех пор, пока не поступит следующий управляющий импульс на его установочный вход.

В дальнейшем в рассматриваемых функциональных блоках 47-51 процессы повторяются, однако с тем отличием, что с поступлением каждого нового импульса из последовательности импульсов (фиг.8е), имеющейся на выходе дифференциатора 42 импульсов, изменяется соответственно код на выходе двоичного счетчика 47, который с помощью дешифратора 48 двоичного кода перемещает последовательно во времени единичные сигналы (фиг.8з-м) с



данного выхода на очередной, вызывая каждый раз срабатывание индикатора 49 регистрируемых параметров в той последовательности, как это определено изначально. При этом мультиплексор 50 последовательно во времени подключает к информационному входу цифрового вольтметра 51 соответствующие информационные входы 54-57 индикаторного блока 23, на которых содержится необходимая информация об искомым параметрах варикапа, а сам цифровой вольтметр 51 с каждым импульсом, поступающим синхронно на установленный вход, осуществляет последовательно во времени операции сброса предыдущих показаний и измерения подведенной информации и ее индикации.

Данный процесс протекает до тех пор, пока не произойдет измерение всех искомым параметров и на выходе второго делителя 41 частоты с переменным коэффициентом деления не образуется короткий импульс (фиг.8н). Появление этого импульса во времени зависит от устанавливаемого коэффициента деления второго делителя 41, максимальное значение которого на единицу больше числа измеряемых параметров, в данном случае он равен шести.

Образуемый импульс (фиг.8н) на выходе второго делителя 41 частоты с переменным коэффициентом деления, поступая через открытый для передачи информации третий элемент ЗАПРЕТ 39 на S-вход RS-триггера 43, вызывает на прямом выходе последнего образование единичного потенциала (фиг.8о). Этот потенциал, передаваясь через третий переключатель 46 на инверсный вход первого элемента ЗАПРЕТ 37, прекращает передачу информации в виде последовательности импульсов (фиг.8г) на счетный вход первого делителя 40 частоты с переменным коэффициентом деления, и индикаторный блок 23 в целом останавливается в исходном (нулевом) (фиг.8ж) состоянии.

Если коэффициент деления второго делителя 41 выбрать меньше максимального, то остановка индикаторного блока 23 произойдет в положении индикации измеряемой величины того параметра, который соответствует числовому значению установленного коэффициента деления. Чтобы продолжить ра-

боту индикаторного блока 23 с такого положения достаточно перевести третий переключатель 46 в положение, показанное на фиг.2. Чтобы начать работу индикаторного блока 23 с исходного (нулевого) состояния, необходимо осуществить запуск генератора 33 запускающих импульсов, при этом работа системы автокомпенсации активных потерь в измерительном блоке 1 не нарушается, а происходит лишь новая синхронизация всех функциональных блоков измерительного устройства и его быстроедействие не изменяется.

Работа индикаторного блока 23 и всего измерительного устройства в ручном режиме управления состоит в следующем. В этом режиме первый 44, второй 45 и третий 46 переключатели устанавливаются в положение, показанное на фиг.2, и с помощью формирователя 52 запускающих импульсов, подавая его сигналы на С-вход двоичного счетчика 47, выбирают требуемый параметр для детального исследования, контроль включения которого осуществляется индикатором 49 регистрируемых параметров.

При переборе всех пяти искомым параметров и последующем запуске формирователя 52 запускающих импульсов на седьмом выходе дешифратора 48 двоичного кода появляется единичный импульс, передний фронт которого, передаваясь через третий элемент ИЛИ 36 на R-вход, устанавливает двоичный счетчик 47 в исходное (нулевое) состояние, что вызывает перевод в исходное состояние и мультиплексора 50. При этом импульс, едва появившийся на седьмом выходе дешифратора 48 двоичного кода, перемещается на первый выход и таким образом индикатор 49 регистрируемых параметров также устанавливается в нулевое положение, указывающее об отсутствии измерительной информации на информационном входе цифрового вольтметра 51.

Если индикаторный блок 23 установить в режим исследования такого параметра варикапа 5, как добротность  $Q_p$ , то измерительное устройство будет непрерывно, в соответствии с образованием импульсов (фиг.8е) на выходе дифференциатора 42, через определенные интервалы времени, определяющиеся временем индикации од-

ного параметра  $\varrho_{и}$  (фиг.8и), и осуществлять измерение данного параметра, что позволяет производить исследование зависимости параметров варикапов во времени, а при снабжении измерительного устройства соответствующими установками и от влияния различного рода других факторов. Если третий переключатель 46 при этом перевести в противоположное, относительно показанного на фиг.2, положение и изменить коэффициент деления второго делителя 41 частоты, то общее время индикации  $\varrho_{и}$  (фиг.8и) можно будет дозировать в кратное число раз относительно времени индикации одного параметра  $\varrho_{и}$  (фиг.8и). Однако, чтобы перевести RS-триггер 43 в исходное состояние и, следовательно, возобновить работу индикаторного блока 23, необходимо заново запустить измерительное устройство в работу генератором 33 запускающих импульсов.

В режиме останова индикаторного блока 23 желательно производить смену исследуемого варикапа 5, а также изменять режим работы измерительного устройства, например, с целью расширения его функциональных возможностей путем изменения числа  $q$  с помощью делителя 26 частоты с переменным коэффициентом деления или коэффициентов  $p$  и  $l$  первого 16 и второго 13 времяамплитудных преобразователей. После таких изменений необходимо снова запуск в работу измерительного устройства. Смену режима измерения исследуемого варикапа 5 необходимо осуществлять в непрерывном (динамическом) режиме работы измерительного устройства и при установке индикаторного блока 23 в режим контроля этого параметра.

В случае использования предлагаемого измерительного устройства в автоматизированных системах контроля параметров радиотехнических элементов различной радиоэлектронной аппаратуры, когда контроль осуществляется по принципу годен-негоден и не требуется большого интервала времени для индикации измеряемых величин, может быть организован параллельный съём информации непосредственно с информационных входов 53-57, минуя индикаторный блок 23.

Предлагаемое устройство отличается повышенной точностью измерений и

расширенным диапазоном измеряемых величин от известных.

Существенное повышение точности измерений без снижения их быстродействия и расширение диапазона измеряемых величин, в основном в сторону малых значений активной составляющей проводимости и в сторону больших величин добротности  $Q_{в}$ , достигнуто за счет автокомпенсации остаточных активных потерь измерительного блока, повышающей его чувствительность к вносимым весьма малым активным составляющим проводимости исследуемых варикапов.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для автоматического измерения параметров варикапов, содержащее генератор ударного возбуждения, соединенный с первым входом измерительного блока, формирователь управляющих импульсов, первый выход которого соединен с первым управляющим входом генератора ударного возбуждения, дифференцирующий блок, соединенный с вторым управляющим входом генератора ударного возбуждения, делитель частоты с переменным коэффициентом деления, переключатель, информационный вход которого подключен к второму выходу измерительного блока, а выход - к одному из зажимов для подключения исследуемого элемента, а другой зажим - с общей шиной, четыре синхронных демодулятора, источник опорного напряжения, аналоговый делитель, множительный вход которого соединен с источником опорного напряжения, первый элемент И, один из входов которого подключен к второму выходу формирователя управляющих импульсов, второй элемент И, выход которого соединен с управляющим входом первого синхронного демодулятора, последовательно соединенные формирователь информации о периоде колебаний, первый времяамплитудный преобразователь, формирователь информации о реактивной составляющей и перемножающе-делительный блок, второй перемножающий вход которого подключен к выходу аналогового делителя, последовательно соединенные преобразователь логарифмического декремента затухания во временной интервал, второй времяамплитудный преобразователь,

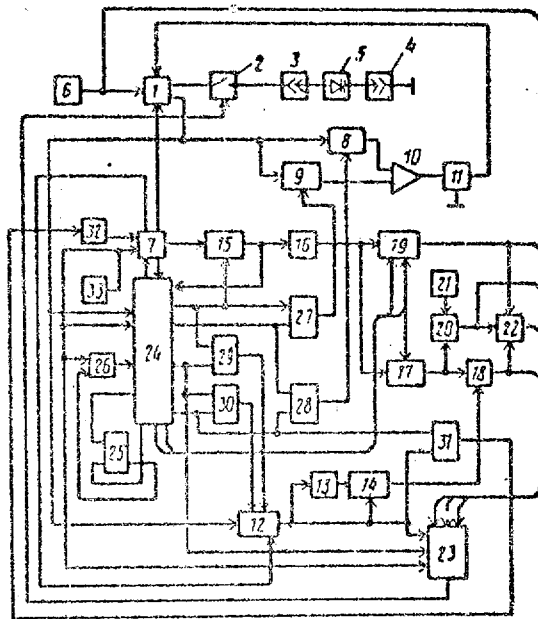
второй синхронный демодулятор и перемножающий блок, второй вход которого совместно с делительным входом аналогового делителя соединен с выходом третьего синхронного демодулятора, источник напряжения смещения, соединенный с вторым входом измерительного блока, индикаторный блок, соответствующие информационные входы которого подключены к выходам перемножающего делительного блока, аналогового делителя, формирователя информации о реактивной составляющей и источника напряжения смещения, а также генератор запускающих импульсов, соединенный с установочными входами генератора ударного возбуждения, формирователя управляющих импульсов, делителя частоты с переменным коэффициентом деления и индикаторного блока, при этом второй выход генератора ударного возбуждения соединен с первым управляющим входом формирователя управляющих импульсов, второй и третий управляющие входы которого подключены к выходам соответственно делителя частоты с переменным коэффициентом деления и формирователя информации о периоде колебаний, информационный вход преобразователя логарифмического декремента затухания во временной интервал совместно с информационным входом формирователя управляющих импульсов соединен с первым выходом измерительного блока, а третий управляющий вход преобразователя логарифмического декремента затухания во временной интервал подключен к третьему выходу генератора ударного возбуждения, четвертый выход которого соединен с первым входом формирователя информации о периоде колебаний, второй вход которого подключен к третьему выходу формирователя управляющих импульсов, информационный вход третьего синхронного демодулятора подключен к выходу первого времяамплитудного преобразователя, а управляющий совместно с одним из управляющих входов формирователя информации о реактивной составляющей соединен с четвертым выходом формирователя управляющих импульсов, пятый выход которого соединен с вторым управляющим входом формирователя информации о реактивной составляющей, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности из-

мерения без снижения быстродействия и расширения диапазона измеряемых величин, в него введены управляемая отрицательная активная проводимость, сравнивающий блок, элемент ИЛИ, третий, четвертый и пятый элементы И, причем информационные входы первого и четвертого синхронных демодуляторов подключены к первому выходу измерительного блока, к третьему выходу которого подключена управляемая отрицательная активная проводимость, соединенная с общей шиной устройства, управляющий вход данной проводимости подключен к выходу сравнивающего блока, соответствующие входы которого подключены отдельно к выходам первого и четвертого синхронных модуляторов, управляющий вход четвертого синхронного демодулятора подключен к выходу первого элемента И, второй вход которого соединен с третьим выходом формирователя управляющих импульсов, первые входы третьего и четвертого элементов И подключены к шестому выходу, а их вторые входы соответственно к третьему и седьмому выходам формирователя управляющих импульсов, второй и седьмой выходы которого дополнительно соединены с входами второго элемента И, выходы третьего и четвертого элементов И соединены отдельно с вторым и первым управляющими входами преобразователя логарифмического декремента затухания во временной интервал, выход которого дополнительно соединен с управляющим входом второго синхронного демодулятора, одним из входов элемента ИЛИ и одним из управляющих входов индикаторного блока, второй вход элемента ИЛИ подключен к седьмому выходу формирователя управляющих импульсов, а выход соединен с входом дифференцирующего блока, управляющий вход переключателя подключен к выходу индикаторного блока, второй управляющий вход которого подключен к шестому выходу формирователя управляющих импульсов, а свободный информационный вход - совместно с делительным входом перемножающего-делительного блока подключен к выходу перемножающего блока.

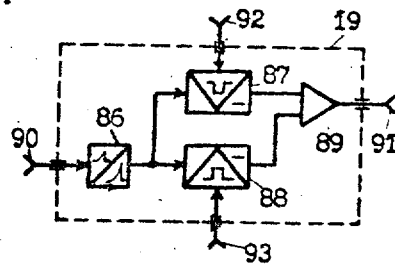
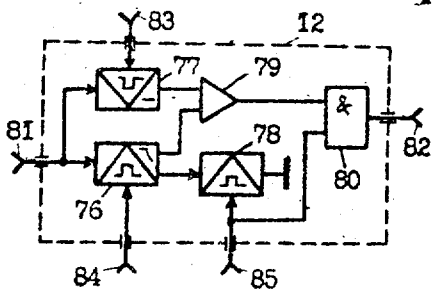
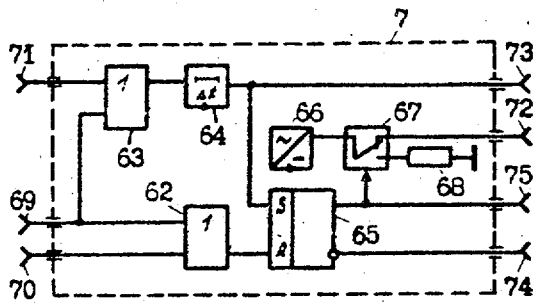
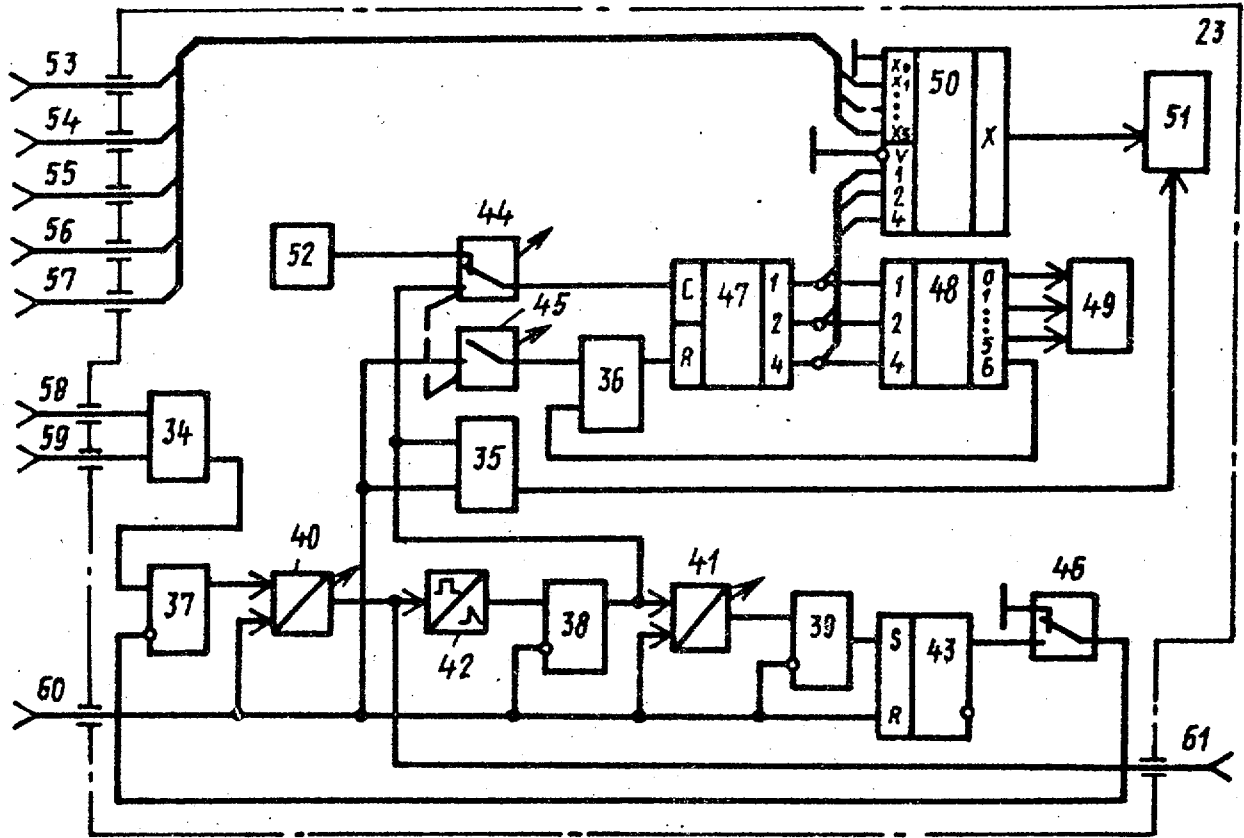
2. Устройство по п.1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что индикаторный блок содержит три элемента ИЛИ, три элемента ЗАПРЕТ, два делителя

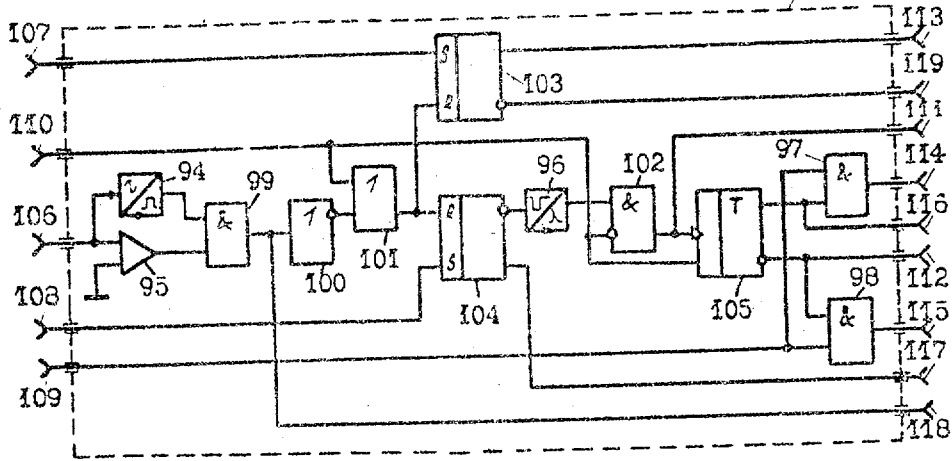
частоты с переменным коэффициентом деления, дифференциатор импульсов, RS-триггер, три переключателя, двоичный счетчик, дешифратор двоичного кода, индикатор, регистрируемых параметров, мультиплексор, цифровой вольтметр и формирователь запускающих импульсов, причем прямой вход первого элемента ЗАПРЕТ подключен к выходу первого элемента ИЛИ, а выход соединен со счетным входом первого делителя частоты с переменным коэффициентом деления, выход которого через дифференциатор импульсов соединен с прямым входом второго элемента ЗАПРЕТ, выход второго элемента ЗАПРЕТ соединен с первыми входами первого переключателя и второго элемента ИЛИ и счетным входом второго делителя частоты с переменным коэффициентом деления, выход которого соединен с прямым входом третьего элемента ЗАПРЕТ, выход третьего элемента ЗАПРЕТ соединен с входом RS-триггера, прямой выход которого соединен с одним из входов третьего переключателя, второй вход третьего переключателя подключен к общей шине индикаторного блока, а выход соединен с инверсным входом первого элемента ЗАПРЕТ, выход второго элемента ИЛИ соединен с установочным входом цифрового вольтметра, информационный вход которого подключен к выходу мультиплексора, разрешающий вход мульти-

плексора соединен с общей шиной индикаторного блока, а его управляющие входы совместно с входами дешифратора двоичного кода подключены к соответствующим выходам двоичного счетчика, R-вход которого подключен к выходу третьего элемента ИЛИ, а S-вход - к выходу первого переключателя, первый вход третьего элемента ИЛИ подключен к выходу второго переключателя, а второй - к седьмому выходу дешифратора двоичного кода, первые шесть выходов которого соединены с соответствующими входами индикатора регистрируемых параметров, второй вход первого переключателя подключен к выходу формирователя запускающих импульсов, при этом пять информационных входов мультиплексора являются информационными входами индикаторного блока, шестой вход мультиплексора является общей шиной индикаторного блока, а входы первого элемента ИЛИ - его первым и вторым управляющими входами, вход второго переключателя, второй вход второго элемента ИЛИ, R-вход RS-триггера, инверсные входы второго и третьего элементов ЗАПРЕТ и установочные входы первого и второго делителей частоты с переменным коэффициентом деления являются установочным входом индикаторного блока, а выход первого делителя частоты с переменным коэффициентом деления - его выходом.

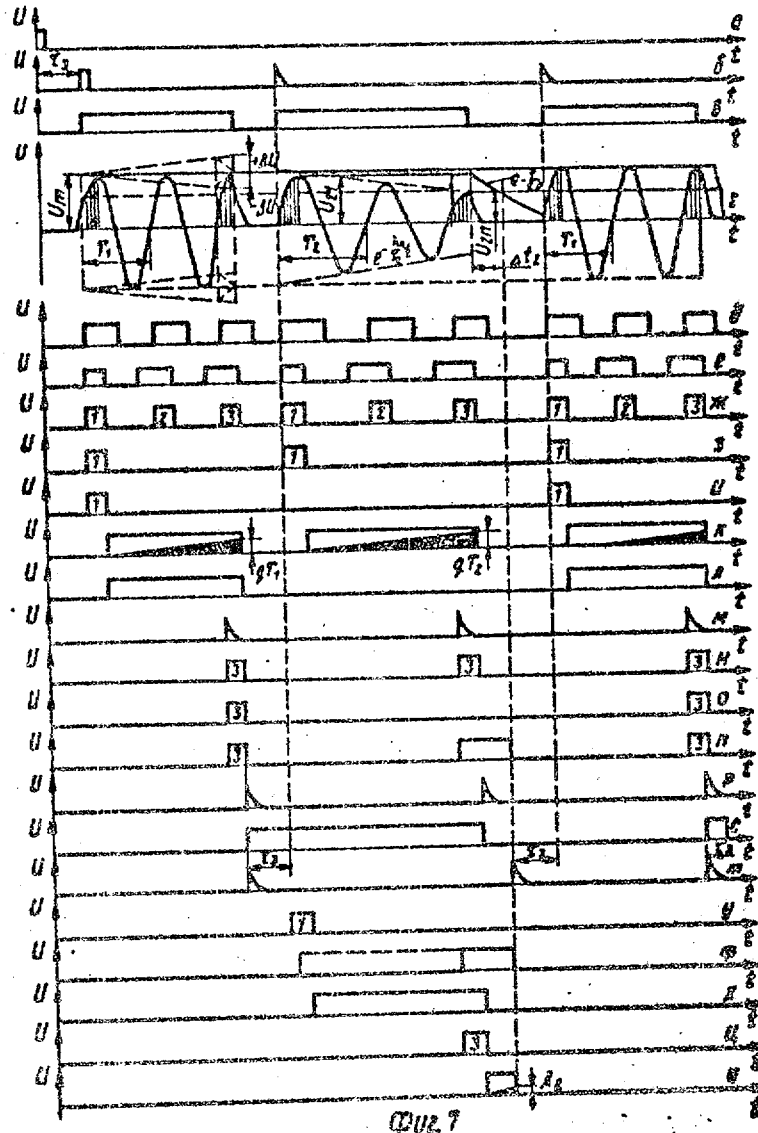


Ил. 1





Фиг. 6.



Фиг. 7

