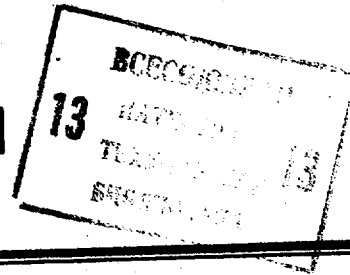




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3633092/24-21
- (22) 02.08.83
- (46) 30.12.84. Бюл. № 48
- (72) В.Л. Свирид
- (71) Минский радиотехнический институт
- (53) 621.317.75 (088.8)
- (56) 1. Авторское свидетельство СССР № 691781, кл. G 01 R 27/26, G 01 R 27/00, 1979.

2. Авторское свидетельство СССР № 924621, кл. G 01 R 27/26, 1982 (прототип).

(54)(57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, содержащее блок управления, соединенный с первым входом измерительного блока, блок регистрации экстремума, компаратор, один из входов которого соединен с общей шиной устройства, два синхронных демодулятора, информационные входы которых совместно с вторым входом компаратора и входом блока регистрации экстремума подключены к первому выходу измерительного блока, дифференцирующий блок, аналоговый делитель, делитель частоты с переменным коэффициентом деления, переключатель, информационный вход которого подключен к второму выходу измерительного блока, а выход - к одному из зажимов для подключения исследуемых элементов, три элемента И, элемент НЕ, два элемента ИЛИ, элемент ЗАПРЕТ, два RS-триггера, T-триггер, прямой выход которого соединен с управляющим входом переключателя и одним из входов первого элемента И, а инверсный - с одним из входов второго элемента И, цифровой элемент задержки,

соединенный с S-входом первого RS-триггера, прямой выход которого соединен с входом блока управления, генератор запускающих импульсов, соединенный с установочными входами T-триггера и делителя частоты с переменным коэффициентом деления, а также с первыми входами элементов ИЛИ и инверсным входом элемента ЗАПРЕТ, источник напряжения смещения и индикаторный блок, соответствующие информационные входы которого подключены к выходам аналогового делителя и источника напряжения смещения, при этом выход компаратора соединен с одним из входов третьего элемента И, другой вход которого подключен к выходу блока регистрации экстремума, выход третьего элемента И соединен непосредственно со счетным входом делителя частоты с переменным коэффициентом деления и через элемент НЕ - с вторым входом второго элемента ИЛИ, выходы делителя частоты с переменным коэффициентом деления и второго элемента ИЛИ соединены соответственно с S и R- входами второго RS-триггера, инверсный выход которого через дифференцирующий блок соединен с прямым входом элемента ЗАПРЕТ, выход последнего соединен со счетным входом T-триггера и другим входом первого элемента ИЛИ, выход которого соединен с R-входом первого RS-триггера, отсюда следует, что, с целью повышения быстродействия измерений, в него введены второй дифференцирующий блок, третий элемент ИЛИ, второй элемент ЗАПРЕТ,

третий RS-триггер, второй компаратор, четвертый, пятый и шестой элементы И, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой и восьмой синхронные демодуляторы, один квадратичный преобразователь напряжений, два времязащитных преобразователя, три перемножающих и два вычитающих блока, а также разрядный блок, второй аналоговый делитель и регулируемый источник опорного напряжения, причем информационные входы третьего и четвертого синхронных демодуляторов подключены непосредственно, а пятого и шестого - через квадратичный преобразователь напряжений к выходу первого времязащитного преобразователя, вход которого совместно с вторыми входами первого и второго элементов И соединен с выходом второго элемента ЗАПРЕТ, прямой вход которого подключен к прямому выходу первого RS-триггера, а инверсный - к прямому выходу третьего RS-триггера, S- и R-входы которого подключены к выходам соответственно цифрового элемента задержки и второго элемента ИЛИ, информационные входы седьмого и восьмого синхронных демодуляторов подключены к выходу второго времязащитного преобразователя, вход которого совместно с первыми входами четвертого и пятого элементов И соединен с выходом шестого элемента И, один вход которого подключен к выходу второго компаратора, соответствующие входы которого соединены с выходами первого и второго синхронных демодуляторов, а второй - к инверсному выходу первого RS-триггера, соединенному с управляющим входом разрядного блока, информационный вход которого подключен к дополнительному выходу первого синхронного демодулятора, а выход соединен с общей точкой устройства, управляющие входы первого и второго синхронных демодуляторов подключены к прямым выходам соответственно третьего и второго RS-триггеров, третьего и пятого синхронных демодуляторов - к выходу первого элемента И, четвертого и шестого синхронных демодуляторов - к выходу

второго элемента И, а седьмого и восьмого синхронных демодуляторов - к выходам соответственно четвертого и пятого элементов И, вторые входы которых подключены соответственно к прямому и инверсному выходам T-триггера, выходы пятого и шестого синхронных демодуляторов соединены с соответствующими входами первого вычитающего блока, четвертого и седьмого синхронных демодуляторов - с входами первого, а третьего и восьмого синхронных демодуляторов - с входами второго перемножающих блоков, выходы которых соединены с соответствующими входами второго вычитающего блока, выход последнего соединен с вторым входом первого аналогового делителя и соответствующим информационным входом индикаторного блока, соответствующие управляющие входы которого подключены отдельно к выходам генератора запускающих импульсов и пятого элемента И, а другие информационные входы - к выходам первого вычитающего блока и второго аналогового делителя, соединенным с отдельными входами третьего перемножающего блока, выход которого соединен с первым входом первого аналогового делителя, второй вход второго аналогового делителя подключен к выходу третьего синхронного демодулятора, а первый - к выходу регулируемого источника опорного напряжения, управляющий орган которого совместно с управляющими органами первого и второго вычитающих блоков сопряжен с управляющим органом делителя частоты с переменным коэффициентом деления, кроме этого, выход источника напряжения смещения соединен с вторым входом измерительного блока, второй зажим для подключения исследуемых элементов соединен с общей шиной устройства, а вход цифрового элемента задержки подключен к выходу третьего элемента ИЛИ, один из входов которого подключен непосредственно к выходу генератора запускающих импульсов, а другой через второй дифференцирующий блок - к выходу четвертого элемента И.

Изобретение относится к радио-измерительной технике, предназначенно для измерения активной составляющей проводимости, емкости и добротности различных линейных и нелинейных элементов с повышенной точностью и быстродействием и может быть использовано в подсистемах технической диагностики элементов автоматизированных систем контроля различной радиоэлектронной аппаратуры, а также при технологическом контроле параметров полупроводниковых приборов и других объектов.

Известно устройство для автоматического измерения полных проводимостей и добротности нелинейных элементов, содержащее генератор запускающих импульсов, блок управления, соединенный с измерительным блоком, дифференцирующий и сравнивающий блоки, усилитель-ограничитель, аналоговый делитель, индикаторный блок, источник и измеритель напряжения смещения, управляемые образцовую активную и реактивную проводимости, а также блок регистрации экстремума, переключатель, два синхронных демодулятора, RS- и T-триггеры, два элемента И, элемент НЕ, элемент ИЛИ и интегратор. Принцип действия устройства основан на формировании и модуляции путем коммутации исследуемого элемента в измерительном блоке ударно возбуждаемых четвертьволновых колебаний с последующим анализом их амплитуд и периодов, а также полной компенсацией измеряемых параметров отрицательными составляющими образцовых проводимостей [1].

Однако это устройство, способное эффективно работать на относительно низких частотах, обладает низкой точностью на повышенных частотах и не обеспечивает требуемого быстродействия измерений.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является устройство, содержащее блок управления, соединенный с измерительным блоком, блок регистрации экстремума, компаратор, один из входов которого соединен с общей шиной устройства, два синхронных демодулятора, дифференцирующий блок, аналоговый делитель, делитель частоты с переменным коэффициентом деления, переключатель, информационный вход которого подклю-

чен к второму выходу измерительного блока, три элемента И, элемент НЕ, два элемента ИЛИ, элемент ЗАПРЕТ, два RS-триггера, T-триггер, прямой выход которого соединен с управляющим входом переключателя и одним из входов элемента И, цифровой элемент задержки, соединенный с S-входом первого RS-триггера, прямой выход которого соединен с входом блока управления, генератор запускающих импульсов, источник напряжения смещения и индикаторный блок, а также интегратор, блок сравнения и управляемые образцовые активная и реактивная проводимости [2].

Данное устройство обладает высокой точностью измерений в расширенной частотном диапазоне, однако не может обеспечить необходимой производительности измерений при массовом контроле параметров нелинейных элементов. Это обусловлено тем, что при замещении в измерительном блоке параметров управляемых образцовых отрицательных проводимостей параметрами исследуемых элементов следует так же как у предыдущего устройства непрерывно уравнивать системы автокомпенсации активных и реактивных составляющих, причем для полного уравнивания систем необходимо совершить как минимум 3-4 такта возбуждения колебаний в измерительном блоке, что значительно снижает быстродействие измерений.

Целью изобретения является повышение быстродействия измерений параметров нелинейных элементов.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для автоматического измерения параметров нелинейных элементов, содержащее блок управления, соединенный с первым входом измерительного блока, блок регистрации экстремума, компаратор, один из входов которого соединен с общей шиной устройства, два синхронных демодулятора, информационные входы которых совместно с вторым входом компаратора и входом блока регистрации экстремума подключены к первому выходу измерительного блока, дифференцирующий блок, аналоговый делитель, делитель частоты с переменным коэффициентом деления, переключатель, информационный вход которого подключен к второму выхо-

ду измерительного блока, а выход - к одному из зажимов для подключения исследуемых элементов, три элемента И, элемент НЕ, два элемента ИЛИ, элемент ЗАПРЕТ, два RS-триггера, T-триггер, прямой выход которого соединен с управляющим входом переключателя и одним из входов первого элемента И, а инверсный - с одним из входов второго элемента И, цифровой элемент задержки, соединенный с S-входом первого RS-триггера, прямой выход которого соединен с входом блока управления, генератор запускающих импульсов, соединенный с установочными входами T-триггера и делителя частоты с переменным коэффициентом деления, а также с первыми входами элементов ИЛИ и инверсным входом элемента ЗАПРЕТ, источник напряжения смещения и индикаторный блок, соответствующие информационные входы которого подключены к выходам аналогового делителя и источника напряжения смещения, при этом выход компаратора соединен с одним из входов третьего элемента И, другой вход которого подключен к выходу блока регистрации экстремума, выход третьего элемента И соединен непосредственно со счетным входом делителя частоты с переменным коэффициентом деления и через элемент НЕ - с вторым входом второго элемента ИЛИ, выходы делителя частоты с переменным коэффициентом деления и второго элемента ИЛИ соединены соответственно с S- и R- входами второго RS-триггера, инверсный выход которого через дифференцирующий блок соединен с прямым входом элемента ЗАПРЕТ, выход последнего соединен со счетным входом T-триггера и другим входом первого элемента ИЛИ выход которого соединен с R-входом первого RS-триггера, дополнительно введены второй дифференцирующий блок, третий элемент ИЛИ, второй элемент ЗАПРЕТ, третий RS-триггер, второй компаратор, четвертый, пятый и шестой элементы И, третий, четвертый, пятый, шестой, седьмой и восьмой синхронные демодуляторы, один квадратичный преобразователь напряжений, два времязадающих преобразователя, три перемножающих и два вычитающих блока, а также разрядный блок, второй аналоговый делитель и регулируемый

источник опорного напряжения, причем информационные входы третьего и четвертого синхронных демодуляторов подключены непосредственно, а пятого и шестого - через квадратичный преобразователь напряжений к выходу первого времязадающего преобразователя, вход которого совместно с вторыми входами первого и второго элементов И соединен с выходом второго элемента ЗАПРЕТ, прямой вход которого подключен к прямому выходу первого RS-триггера, а инверсный - к прямому выходу третьего RS-триггера, S- и R- входы которого подключены к выходам соответственно цифрового элемента задержки и второго элемента ИЛИ, информационные входы седьмого и восьмого синхронных демодуляторов подключены к выходу второго времязадающего преобразователя, вход которого совместно с первыми входами четвертого и пятого элементов И соединен с выходом шестого элемента И, один вход которого подключен к выходу второго компаратора, соответствующие входы которого соединены с выходами первого и второго синхронных демодуляторов, а второй - к инверсному выходу первого RS-триггера, соединенному с управляющим входом разрядного блока, информационный вход которого подключен к дополнительному выходу первого синхронного демодулятора, а выход соединен с общей точкой устройства, управляющие входы первого и второго синхронных демодуляторов подключены к прямым выходам соответственно третьего и второго RS-триггеров, третьего и пятого синхронных демодуляторов - к выходу первого элемента И, четвертого и шестого синхронных демодуляторов - к выходу второго элемента И, а седьмого и восьмого синхронных демодуляторов - к выходам соответственно четвертого и пятого элементов И, вторые входы которых подключены соответственно к прямому и инверсному выходам T-триггера, выходы пятого и шестого синхронных демодуляторов соединены с соответствующими входами первого вычитающего блока, четвертого и седьмого синхронных демодуляторов - с входами первого, а третьего и восьмого синхронных демодуляторов - с входами второ-

го перемножающих блоков, выходы которых соединены с соответствующими входами второго вычитающего блока, выход последнего соединен с вторым входом первого аналогового делителя и соответствующим информационным входом индикаторного блока, соответствующие управляющие входы которого подключены раздельно к выходам генератора запускающих импульсов и пятого элемента И, а другие информационные входы - к выходам первого вычитающего блока и второго аналогового делителя, соединенным с раздельными входами третьего перемножающего блока, выход которого соединен с первым входом первого аналогового делителя, второй вход второго аналогового делителя подключен к выходу третьего синхронного демодулятора, а первый - к выходу регулируемого источника опорного напряжения, управляющий орган которого совместно с управляющими органами первого и второго вычитающих блоков сопряжен с управляющим органом делителя частоты с переменным коэффициентом деления, кроме этого, выход источника напряжения смещения соединен с вторым входом измерительного блока, второй зажим для подключения исследуемых элементов соединен с общей шиной устройства, а вход цифрового элемента задержки ИЛИ, один из входов которого подключен непосредственно к выходу генератора запускающих импульсов, а другой - через второй дифференцирующий блок - к выходу четвертого элемента И.

Устройство в автоматическом режиме последовательно во времени дважды в измерительном блоке соответственно с отключенным и подключенным исследуемым элементом ударно возбуждает колебания с определенным числом периодов, в пределах каждой серии колебаний формирует интервалы времен, пропорциональные периоду и логарифмическому декременту затухания с последующим преобразованием этих интервалов в пропорциональные напряжения и в соответствии с установленными математическими соотношениями производят вычисление искомых параметров, обеспечивая при этом

выигрыш в точности и быстродействии измерений.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства для автоматического измерения параметров нелинейных элементов; на фиг.2 - диаграммы, поясняющие принцип измерений и работы устройства.

Устройство для автоматического измерения параметров нелинейных элементов (фиг.1) содержит измерительный блок 1, к которому через переключатель 2 подключен исследуемый нелинейный элемент 3. Необходимый режим измерения исследуемого нелинейного элемента 3 обеспечивается с помощью источника 4 напряжения смещения, причем с целью исключения влияния последнего на результат измерения, напряжение смещения на исследуемый элемент передается посредством соответствующих элементов измерительного блока 1 и переключатель 2.

Ударное возбуждение колебаний в измерительном блоке 1 осуществляется с помощью системы, в состав которой входят блок 5 регистрации экстремума, выполненный двухполярным, компаратор 6, третий элемент И 7, элемент НЕ 8, второй элемент ИЛИ 9, делитель 10 частоты с переменным коэффициентом деления, второй RS - триггер 11; дифференцирующий блок 12, элемент ЗАПРЕТ 13, первый элемент ИЛИ 14, третий элемент ИЛИ 15, цифровой элемент 16 задержки, первый RS - триггер 17 и блок 18 управления.

Первый и второй синхронные демодуляторы 19 и 20, разрядный блок 21, второй компаратор 22, шестой элемент И 23, второй времяамплитудный преобразователь 24, седьмой и восьмой синхронные демодуляторы 25 и 26, а также четвертый и пятый элементы И 27 и 28 представляют собой канал формирования и разделения во времени информации о значениях логарифмического декремента затухания колебаний в измерительном блоке 1. Первый синхронный демодулятор 19 в отличие от других синхронных демодуляторов имеет дополнительный выход, который непосредственно соединен с образцовым емкостным элементом памяти. Разрядный блок 21 выполнен в виде последовательного соединения

образцового резистора и управляемого быстродействующего электронного ключа с малым остаточным сопротивлением в открытом и большим в закрытом состоянии. Емкостной элемент памяти первого синхронного демодулятора 19 совместно с резистивным элементом разрядного блока 21 образует образцовую RC-цепь, с помощью которой осуществляется преобразование логарифмического декремента затухания колебаний в пропорциональный интервал времени Δt .

Первый времяамплитудный преобразователь 29, третий и четвертый синхронные демодуляторы 30 и 31, первый и второй перемножающие блоки 32 и 33 и второй вычитающий блок 34 образуют канал измерения активной составляющей проводимости исследуемых элементов, а квадратичный преобразователь 35 напряжений, пятый и шестой синхронные демодуляторы 36 и 37 и первый вычитающий блок 38 - канал измерения емкости.

Второй аналоговый делитель 39 и регулируемый источник 40 опорного напряжения обеспечивают непосредственный отсчет частоты, на которой производятся измерения параметров нелинейных элементов, а совместно с третьим перемножающим блоком 41 и первым аналоговым делителем 42 - непосредственный отсчет добротности. С целью сохранения непосредственного отсчета измеряемых параметров при расширении частотного диапазона работы измерительного устройства за счет изменения абсолютного значения коэффициента деления делителя 10, управляющие органы регулируемого источника 40 опорного напряжения первого и второго вычитающих блоков 38 и 34 сопряжены с управляющим органом делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления.

T-триггер 43, управляющий работой переключателя 2, совместно с третьим RS-триггером 44, вторым элементом ЗАПРЕТ 45, первым и вторым элементами И 46 и 47 позволяет разделить во времени информацию о периодах колебаний, формируемых в измерительном блоке 1, точно так же как и информацию о значениях логарифмического декремента затухания с помощью четвертого и пятого элементов И 27 и 28.

Начальные условия работы всего измерительного устройства в целом и его синхронизация при переходе от одной серии ударно возбуждаемых колебаний к другой обеспечиваются соответственно генератором 48 запускающих импульсов и вторым дифференцирующим блоком 49, а регистрация всех измеряемых параметров, включая напряжение смещения исследуемого элемента и частоту, на которой производятся измерения, осуществляется с помощью индикаторного блока 50. При этом выход блока управления 18 соединен с первым входом измерительного блока 1, а вход соединен с одним из выходов первого RS-триггера 17 и одним из входов элемента ЗАПРЕТ 45, один из входов 6 компаратора соединен с общей шиной устройства, а второй - с выходом измерительного блока 1 и входами блока регистрации экстремума 5 и сигнальными входами синхронных демодуляторов 19 и 20, выход компаратора соединен с одним из входов элемента И 7, выход переключателя 2 соединен с соответствующим входом измерительного блока, а информационный вход переключателя - с одним из выводов исследуемого элемента 3, второй вывод которого соединен с общей шиной. Второй вход элемента И 7 соединен с выходом блока регистрации экстремума, а выход - с входом элемента НЕ 8 и одним из информационных входов делителя частоты с регулируемым коэффициентом деления 10, второй вход которого соединен с одним из входов элемента ИЛИ 9, выходом генератора импульсов 48, входами элементов ИЛИ 14 и 15, блока 50, элемента ЗАПРЕТ 13 и T-триггера 43. Второй вход элемента ИЛИ 15 соединен с выходом дифференцирующего блока 49, а выход - с входом элемента задержки 16, выходы элементов ИЛИ 9 и делителя частоты 10 соединены с R- и S- входами RS-триггера 11, причем R-вход триггера 11 соединен с R-входом RS-триггера 44. Второй вход элемента ЗАПРЕТ 13 соединен с выходом дифференцирующего блока 12, вход которого соединен с одним из выходов RS-триггера 11, выход элемента задержки 16 соединен с S-входами RS-триггеров 17 и 44. Выход

генератора 48 соединен также с одним из входов элемента ИЛИ 14, второй вход которого соединен с выходом элемента ЗАПРЕТ 13, а выход - с R-входом RS-триггера 17, выход которого соединен с входами разрядного блока 21 и элемента И 23. Выход RS-триггера 44 соединен с одним из входов элемента ЗАПРЕТ 45 и управляющим входом синхронного демодулятора 19, а управляющий вход второго синхронного демодулятора 20 соединен с одним из выходов RS-триггера 11. Один из выходов синхронного демодулятора 19 соединен с информационным входом разрядника, а второй выход демодулятора 19 - с одним из входов компаратора 22, второй вход которого соединен с выходом синхронного демодулятора 20, а выход компаратора - с вторым входом элемента И 23, выход которого соединен с входами элементов И 27, 28 и времяамплитудного преобразователя 24, выход которого соединен с информационными входами синхронных демодуляторов 25 и 26, выходы которых соединены с входами блоков 32 и 33, при этом управляющий вход демодулятора 26 соединен с выходом элемента И 28 и входом блока 50, а управляющий вход демодулятора 25 - с выходом элемента И 27 и входом дифференцирующего блока 49, выход которого соединен с вторым входом элемента ИЛИ 15. Второй выход RS-триггера 17 соединен с вторым входом элемента ЗАПРЕТ 45 и входом блока управления 18. Выход элемента ЗАПРЕТ 45 соединен с входами времяамплитудного преобразователя 29 и элементов И 46, 47, а выходы элементов И 46, 47 соединены с управляющими входами синхронных демодуляторов 30, 36 и 31, 37. Выход времяамплитудного преобразователя 29 соединен с сигнальными входами синхронных демодуляторов 30, 31 и входом квадратичного преобразователя напряжений 35, выход которого соединен с сигнальными входами синхронных демодуляторов 36 и 37, выходы которых соединены с входами вычитающего блока 38, выход которого соединен с одним из входов блока 41 и одним из входов блока 50. Выход синхронного демодулятора 31 соединен с вторым входом блока 32, выход

которого соединен с одним из входов вычитающего блока 34, второй вход которого соединен с выходом блока 33, второй вход которого соединен с выходом синхронного демодулятора 30 и входом аналогового делителя 39, второй вход которого соединен с выходом регулируемого источника опорного напряжения. Выход аналогового делителя 39 соединен с вторым входом блока 41, выход которого соединен с одним из входов аналогового делителя 42, второй вход которого соединен с выходом вычитающего блока 34, а выход - с одним из входов блока 50, выход вычитающего блока 34 соединен также с одним из входов блока 50.

Работа устройства происходит следующим образом.

Процессы, протекающие в устройстве, целесообразно рассмотреть с момента установления начальных условий работы отдельных функциональных блоков. При этом независимо от состояния последних относительно короткий импульс (фиг. 2а) генератора 48 запускающих импульсов через третий и первый элементы ИЛИ 15 и 14 воздействует соответственно на вход цифрового элемента 16 задержки и R-вход первого RS-триггера 17 и устанавливает последний в исходное (нулевое) состояние, при котором блок 18 управления шунтирует измерительный блок 1, и колебания в нем отсутствуют, а второй элемент ЗАПРЕТ 45 исключает появление импульса на своем выходе.

Появившийся высокий потенциал на инверсном выходе первого RS-триггера 17, действуя на управляющий вход разрядного блока 21 и на один из входов шестого элемента И 23, способствует полному разряду емкостного элемента памяти первого синхронного демодулятора 19 (на основном выходе данного демодулятора, так же как и на выходе второго синхронного демодулятора 20, не исключено появление потенциала в момент включения устройства в работу), а следовательно, и образованию низкого (нулевого) потенциала на выходе второго компаратора 22, исключая возникновение какого бы то ни было импульса на выходе шестого элемента И 23, несмотря на присутствие

разрешающего потенциала на его первом входе.

Одновременно с этим импульс генератора 48 запускающих импульсов, поступая непосредственно на один из управляющих входов индикаторного блока 50 и установочные входы делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления и Т-триггера 43 и через элемент ИЛИ 9 на R-входы второго и третьего RS-триггеров, фиксирует данные блоки в исходных состояниях, запрещая тем самым прием информации первому и второму синхронным демодуляторам 19 и 20. Этот же импульс, попадая на инверсный вход элемента ЗАПРЕТ 13, предотвращает на время своей длительности появление на его выходе каких-либо импульсов, образующихся, например, в результате переключения второго RS-триггера 11 и последующей обработки в дифференцирующей блоке 12, что исключает ложное срабатывание Т-триггера 43, а в дальнейшем и первого RS-триггера 17.

Возникший низкий потенциал на прямом выходе Т-триггера 43 размыкает переключатель 2 и запрещает появление импульсов на выходах первого и четвертого элементов И 46 и 27, а высокий потенциал, действующий на инверсном выходе, способствует образованию таковых на выходах первого и пятого элементов И 47 и 28, однако в данный момент времени из-за того, что на выходах второго элемента ЗАПРЕТ 45 и шестого элемента И 23 сигналы исключены, эти импульсы отсутствуют.

По истечении интервала времени τ_3 , определяющегося временем установления переходных процессов, протекающих в устройстве, на выходе цифрового элемента 16 задержки появляется задержанный импульс (фиг. 2б) генератора 48 запускающих импульсов, который, действуя на S-входы первого и третьего RS-триггеров 17 и 44, переводит их в единичное состояние (фиг. 2в,з). При этом высокий потенциал с прямого выхода первого RS-триггера 17 воздействует на прямой вход второго элемента ЗАПРЕТ 45 и посредством блока 18 управления вызывает в измерительном блоке 1 ударное возбуждение колебаний

(фиг. 2г) с логарифмическим декрементом затухания λ_1 и периодом T_1 , а низкий потенциал с инверсного выхода того же триггера закрывает рядный блок 21 и исключает появление импульса на выходе шестого элемента И 23. В свою очередь, высокий потенциал с прямого выхода третьего RS-триггера открывает для приема информации первый синхронный демодулятор 19 и запрещает передачу сигнала на выход второго элемента ЗАПРЕТ 45.

Возникшие в измерительном блоке 1 колебания с определенной начальной фазой, например показанной на фиг. 2г, поступают для анализа в блок 5 регистрации экстремума и компаратор 6, а также на информационные входы первого и второго синхронных демодуляторов 19 и 20. При этом первый синхронный демодулятор 19, являющийся в данный момент времени открытым для приема информации, воспринимает первую положительную полуволну ударно возбуждаемого колебания и следит за ее изменением. С появлением малейшего сигнала на основном выходе первого синхронного демодулятора 19 срабатывает второй компаратор 22, формируя на своем выходе положительный импульс (фиг. 2д), практически совпадающий с моментом возникновения колебаний в измерительном блоке 1 и воздействующий на шестой элемент И 23.

Одновременно с получением колебаний в измерительном блоке 1 блок 5 регистрации экстремума и компаратор 6 формируют на своих выходах высокие потенциалы (фиг. 2е и д), которые, взаимодействуя в третьем элементе И 7, образуют на его выходе первый положительный импульс (фиг. 2ж). При достижении максимального значения первой полуволны колебаний (заштрихованная первая область на фиг. 2з) блок 5 регистрации экстремума возвращается в исходное (нулевое) состояние и таким образом заканчивает формирование импульса на выходе третьего элемента И 7. Этот импульс (фиг. 2ж), проинвертировавшись в элементе НЕ 8 и пройдя второй элемент ИЛИ 9, задним фронтом, не изменяя состояния второго RS-триггера 11, возвращает в исходное состояние третий RS-триггер 44, низ-

кий потенциал (фиг.2 з), на прямом выходе которого переводит первый синхронный демодулятор 19 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды первой положительной полуволны U_n ударно возбуждаемого колебания, и разрешает передачу информации на выход второго элемента ЗАПРЕТ 45 с прямого выхода первого RS-триггера 17.

Информация в виде прямоугольного импульса (фиг.2 к) с выхода второго элемента ЗАПРЕТ 45 воспринимается первым времяамплитудным преобразователем 29, а также первым и вторым элементами И 46 и 47, причем на выходе второго элемента И 47 образуется управляющий импульс (фиг.2 л), который открывает для приема информации четвертый и шестой синхронные демодуляторы 31 и 37. Четвертый синхронный демодулятор 31 накапливает информацию с выхода первого времяамплитудного преобразователя 29 в виде линейно нарастающего напряжения (зачерненная область на фиг.2, л) пропорционального периоду T_1 (фиг.2 з) формируемых колебаний в измерительном блоке 1, а шестой синхронный демодулятор 37 - ту же информацию, возведенную в квадрат с помощью квадратичного преобразователя 35 напряжений. Приобретаемые напряжения в четвертом и шестом синхронных демодуляторах 31 и 37 подвергаются затем обработке соответственно в первом перемножающем и первом вычитающем блоках 32 и 38.

По мере протекания ударно возбужденных колебаний в измерительном блоке 1 компаратор 6 продолжает формировать прямоугольные импульсы (фиг.2 г), фазы которых соответствуют переходу исходного колебания (фиг.2 з) через нуль (один вход компаратора 6 соединен с общей точкой устройства), а блок 5 регистрации экстремума - аналогичные импульсы (фиг.2 е), фазы которых соответствуют местоположению экстремальных точек на этом колебании. Сформированные в блоке 5 регистрации экстремума и компараторе 6 импульсы поступают на отдельные входы третьего элемента И 7 и снова на его выходе образуют прямоугольные им-

пульсы (фиг.2 ж), длительности и местоположение которых в точности соответствует интервалам времен, заключенным между первым переходом через нуль и экстремумом каждой полуволны ударно возбуждаемых колебаний (фиг.2, з).

Получаемые таким образом второй и последующие импульсы (фиг.2 ж), инвертируясь элементом НЕ 8 и проходя через элемент ИЛИ 9, не вызывают изменения состояния третьего RS-триггера 44, а также второго RS-триггера 11 до тех пор, пока не образуется импульс на выходе делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления, на счетный вход которого поступают анализируемые импульсы. Появление во времени импульса на выходе делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления зависит от устанавливаемого коэффициента деления n , значение которого может изменяться в широких пределах, достигая нескольких десятков или сотен раз. В связи с тем, что принимаемое числовое значение коэффициента деления n принципиально не влияет на динамику протекающих процессов, рассмотрим работу устройства при $n=3$ (фиг.2).

При таких условиях к моменту образования третьего периода ударно возбуждаемого колебания (фиг.2 з), что соответствует началу третьего импульса (фиг.2 ж), действующего на выходе третьего элемента И 7, появляется короткий импульс (фиг.2 м) на выходе делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления, который воздействует на Б-вход второго RS-триггера 11 и переводит его в единичное состояние. Приобретенный на прямом выходе этого RS-триггера 11 высокий потенциал (фиг.2 н) открывает для приема информации второй синхронный демодулятор 20, который, производя непрерывное слежение и запоминание, воспринимает в данный момент времени информацию об амплитуде третьего периода ударно возбуждаемого колебания (вторая заштрихованная область на фиг.2 з), действующего на первом выходе измерительного блока 1.

При достижении максимального значения амплитуды третьего периода ко-

лебаний U_{1n} (фиг. 2 г) заканчивается формирование с помощью блока 5 регистрации экстремума и компаратора 6 третьего импульса на выходе третьего элемента И 7. Этот импульс (фиг. 2 ж) после инвертирования в элементе НЕ 8 задним фронтом посредством второго элемента ИЛИ 9 возвращает в исходное состояние второй RS-триггер 11. Исчезнувший высокий потенциал (фиг. 2 и) на прямом выходе этого триггера переводит второй синхронный демодулятор 20 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды колебаний U_{1n} (а появившийся высокий потенциал на его инверсном выходе, обрабатываясь в дифференцирующем блоке 12, образует на выходе последнего остроконечный импульс (фиг. 2 о), который через открытый элемент ЗАПРЕТ 13 (запрещающий сигнал на инвертирующем выходе элемента в данный момент времени отсутствует) воздействует непосредственно на счетный вход Т-триггера 43 и через первый элемент ИЛИ 14 - на R-вход первого RS-триггера 17 и опрокидывает их.

При этом блок 18 управления, получая низкий потенциал (фиг. 2 р) с прямого выхода первого RS-триггера 17, шунтирует измерительный блок 1, и колебательный процесс в нем, быстро затухая по экспоненте, прекращается, завершая формирование первой серии ударно возбуждаемых колебаний (фиг. 2 з) с периодом T_{11} и логарифмическим декрементом затухания λ_1 . Вместе с этим исчезает импульс (фиг. 2 к) на выходе второго элемента ЗАПРЕТ 45, который в свою очередь прекращает существование импульса (фиг. 2 л) на выходе второго элемента И 47, переводящего четвертый и шестой синхронные демодуляторы 31 и 37 в режим хранения накопленной информации. Последнему действию способствует и исчезнувший высокий потенциал на инверсном выходе Т-триггера 43, который дополнительно блокирует и пятый элемент И 28 от возможного появления на его выходе какого-либо импульса.

К данному моменту времени в четвертом и шестом синхронных демодуляторах 31 и 37 накопилась в виде постоянного напряжения информация соответственно о qT_1 периодах и

их квадратах первой серии ударно возбужденных колебаний, которая первоначально была сосредоточена в длительности t_1 идентичных импульсов (фиг. 2 к, л), существовавших на выходах второго элемента ЗАПРЕТ 45 и второго элемента И 47. С исчезновением импульса на выходе второго элемента ЗАПРЕТ 45 первый вреямплитудный преобразователь 29 автоматически возвращается в исходное состояние, т.е. обнуляется, что влечет к аналогичному действию и квадратичный преобразователь 35 напряжений.

Одновременно с протеканием рассматриваемых процессов возникший высокий потенциал (фиг. 2 н) на прямом выходе Т-триггера 43 переводит переключатель 2 в замкнутое состояние и подключает, таким образом, исследуемый нелинейный элемент 3 к второму выходу измерительного блока 1. При этом с помощью источника 4 напряжения смещения, возникает возможность создания необходимого режима измерений параметров нелинейного элемента 3. В свою очередь высокий потенциал с инверсного выхода первого RS-триггера 17 открывает разрядный блок 21 и разрешает шестому элементу И 23 передачу информации с выхода второго компаратора 22 на входы второго вреямплитудного преобразователя 24 и подготовленного (высоким потенциалом с прямого выхода Т-триггера 43) к приему информации четвертого элемента И 27. С появлением импульса (фиг. 2 р.) на выходе шестого элемента И 23 образуется аналогичный импульс (фиг. 2 с) и на выходе четвертого элемента И 27, который открывает для приема информации седьмой синхронный демодулятор 25. Последний воспринимает и накапливает информацию с выхода второго вреямплитудного преобразователя 24, формирующего линейно нарастающее напряжение (зачерненная область на фиг. 2, с) с момента возникновения импульса (фиг. 2 р) на его входе. Приобретаемая седьмой синхронным демодулятором 25 информация поступает для дальнейшей обработки на соответствующий вход первого перемножающего блока 32.

При включении в работу разрядного блока 21 происходит разряд емкостно-

го элемента памяти первого синхронного демодулятора 19, и на основном выходе этого демодулятора начинает снижаться по экспоненте e^{-t/τ_p} (фиг. 2 л) потенциал, который непрерывно сравнивается во втором компараторе 22 с потенциалом, хранимым во втором синхронном демодуляторе 20. При достижении равенства потенциалов на выходах первого и второго синхронных демодуляторов 19 и 20 срабатывает второй компаратор 22, низкий потенциал (фиг. 2 и) на выходе которого заканчивает формирование импульсов (фиг. 2, р и с) на выходах шестого и четвертого элементов И 23 и 27. Исчезающий импульс (фиг. 2 р) с выхода шестого элемента И 23 возвращает второй времяамплитудный преобразователь 24 в исходное (нулевое) состояние, а аналогичный импульс (фиг. 2 с) с выхода четвертого элемента И 27 переводит седьмой синхронный демодулятор 25 в режим хранения накопленной в виде амплитуды линейно нарастающего напряжения, пропорциональной логарифмическому декременту затухания λ_1 колебаний в измерительном блоке 1, информации, которая первоначально была сосредоточена в длительности идентичных импульсов (фиг. 2 р и с), соответствующей интервалу времени Δt_1 (фиг. 2 з). Приобретенная седьмым синхронным демодулятором 25 информация в виде постоянного напряжения $\mathcal{E} \Delta U_1$, пропорционального логарифмическому декременту затухания λ_1 , взаимодействуя в первом перемножающем блоке 32 с хранимой в четвертом синхронном демодуляторе 31 информацией в виде постоянного напряжения ρU_1 , пропорционального $q T_1$, периодам ударно возбужденного колебания, образует произведение сигналов $\mathcal{E} \Delta U_1$ и ρU_1 , сохраняемое для дальнейшей обработки и передаваемое на один из входов второго вычитающего блока 34.

Имевший место импульс (фиг. 2 с) на выходе четвертого элемента И 27 одновременно подвергался во втором дифференцирующем блоке 49 такой обработке, при которой на выходе данного блока в момент прекращения существования исходного импульса образовался остроконечный импульс (фиг. 2 т), затем воздействующий

через третий элемент ИЛИ 15 на вход цифрового элемента 16 задержки.

На этом заканчивается первый цикл формирования и обработки ударно возбуждаемых колебаний, позволяющий получить необходимую информацию о собственных параметрах измерительного блока 1. Во втором аналогичном цикле формирования и обработки колебания должна быть получена информация о параметрах измерительного блока совместно с исследуемым нелинейным элементом 3, которая затем позволяет, исключив влияние собственных параметров измерительного блока, достаточно точно определить искомые параметры нелинейного элемента.

Таким образом, спустя время задержки τ_3 на выходе цифрового элемента 16 задержки возникает короткий импульс (фиг. 2 б), действовавший ранее на выходе второго дифференцирующего блока 49. Этот импульс, поступая на 5-входы первого и третьего RS-триггеров 17 и 44, переводит их в единичное состояние (фиг. 2 в, з), и процессы, связанные с формированием второй серии ударно возбуждаемых колебаний и определением их параметров, 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, переход в единичное состояние RS-триггера 17 (фиг. 2, в) вызывает посредством блока 18 управления снова ударное возбуждение колебаний (фиг. 2 г) с большим логарифмическим декрементом затухания λ_2 амплитуды и увеличенным периодом T_c из-за того, что в измерительный блок 1 внесены положительные активная и реактивная составляющие проводимости исследуемого нелинейного элемента 3, а образовавшийся импульс (фиг. 2, г) на прямом выходе третьего RS-триггера 44 открывает снова для приема информации первый синхронный демодулятор 19 и запрещает на время своего действия появление импульса (фиг. 2 к) на выходе второго элемента ЗАПРЕТ 45.

По мере формирования новой серии ударно возбуждаемых колебаний в пер-

вом синхронном демодуляторе 19 происходит перезаряд, возможно еще полностью не разрядившегося емкостного элемента памяти, так как разрядный блок 21 к данному моменту времени оказывается уже закрытым, так же, как и шестой элемент И 23 низким потенциалом с инверсного выхода первого RS-триггера 17. Такой перезаряд возможен благодаря свойствам синхронных демодуляторов используемых в устройстве, заключающимся в том, что постоянные времени заряда и разряда в открытом для приема информации состоянии синхронных демодуляторов одинаковы и достаточно малы. В режиме хранения информации постоянные времени разряда синхронных демодуляторов исключительно велики.

С момента превышения поступающей с первого выхода измерительного блока 1 информации остаточного потенциала на емкостном элементе памяти напряжение на основном и дополнительном выходах первого синхронного демодулятора 19 начинает следить за изменением первой четверти волны формируемого колебания (третья заштрихованная область на фиг. 2 з), и при достижении потенциала с выхода второго синхронного демодулятора 20, хранящего информацию об амплитуде последней четверти колебаний предыдущей серии, срабатывает второй компаратор 22, формируя несколько сдвинутый относительно начала отсчета второй серии колебаний импульс (фиг. 2 и) на своем выходе. Следует отметить, что второй компаратор 22 в пределах действия первой четверти периода формируемого колебания может не сработать, если не будет исключена такая ситуация, при которой амплитуда U_{21} первой полуволны новой серии колебаний становится меньше амплитуды U_{1n} последней анализируемой полуволны из предыдущей серии. Однако такая ситуация, возможная при исследованиях нелинейных элементов с относительно большими активной и реактивной составляющими полной проводимости, не оказывает существенного влияния на работу измерительного устройства, а лишь отодвигает момент срабатывания второго компаратора 22 на интервал времени, соответствующий последней ана-

лизируемой четверти периода (заштрихованная четвертая область на фиг. 2 з) новой серии колебаний. Это связано с тем, что получаемый импульс (фиг. 2 и) на выходе второго компаратора 22 приобретает решающее значение для разделения информации о величине логарифмического декремента затухания лишь в конце каждой формируемой серии колебаний по окончании действия последней анализируемой четверти периода.

Одновременно с протеканием процессов в первом и втором синхронных демодуляторах 19 и 20 получаемая новая серия ударно возбуждаемых колебаний, подвергаясь рассмотренной обработке в блоке 5 регистрации экстремума (фиг. 2 е), компараторе 6 (фиг. 2, г) и третьем элементе И 7, образует в дальнейшем последовательность прямоугольных импульсов (фиг. 2 ж), временное положение каждого импульса которой соответствует местоположению первых четвертей положительных полувольт анализируемых колебаний. Эта последовательность импульсов воздействует непосредственно на счетный вход делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления и через элемент НЕ 8 и второй элемент ИЛИ 9 - на R-входы второго и третьего RS-триггеров 11 и 44. Первый импульс из данной последовательности, формирование которого заканчивается при достижении максимума амплитуды U_{21} первой полуволны колебаний (заштрихованная третья область на фиг. 2 з), задним фронтом, не изменяя состояния второго RS-триггера 11, снова возвращает в исходное состояние третий RS-триггер 44. Образующий низкий потенциал на прямом выходе этого триггера переводит первый синхронный демодулятор 19 в режим хранения накопленной информации с максимума амплитуды U_{21} первой положительной полуволны ударно возбуждаемого колебания и снова разрешает передачу информации на выход второго элемента ЗАПРЕТ 45 с прямого выхода первого RS-триггера 17.

Получаемый единичный сигнал (фиг. 2 и) на выходе второго элемента ЗАПРЕТ 45 подвергается преобразованию в первом времяамплитудном преобразователе 29 и одновре-

менно, взаимодействуя с единичным потенциалом (фиг.2 н) с прямого выхода Т-триггера 43 в первом элементе И 46, образует импульс (фиг.2 ц), который, поступая на управляющие входы третьего и пятого синхронных демодуляторов 30 и 36, открывает последние для приема информации. Третий синхронный демодулятор 30 воспринимает информацию с выхода первого времяамплитудного преобразователя 29 в виде линейно нарастающего напряжения (зачерненная область на фиг.2 ч), пропорционального периоду T_2 (фиг.2 з) формируемых в данный момент времени колебаний в измерительном блоке 1, а пятый синхронный демодулятор 36 - с выхода квадратичного преобразователя 35 напряжений в виде квадрата линейно нарастающего напряжения. Приобретаемая пятым синхронным демодулятором 36 информация, подвергаясь непрерывному преобразованию в канале измерения емкости, преодолевает в первом вычитающем блоке 38 хранимую в шестом синхронном демодуляторе 37 информацию с образованием разностного напряжения, а информация с выхода третьего синхронного демодулятора 30 поступает на один из входов второго перемножающего блока 33 и на второй вход второго аналогового делителя 39, где, взаимодействуя с напряжением регулируемого источника 40 опорного напряжения, образует напряжение обратно пропорциональное исходному. Изменяющиеся напряжения с выходов первого вычитающего блока 38 и второго аналогового делителя 39 поступают раздельно на соответствующие входы третьего перемножающего блока 41 и индикаторного блока 50.

С дальнейшим протеканием колебаний в измерительном блоке 1 и образованием в последовательности прямоугольных импульсов (фиг.2 ж) необходимого их количества, соответствующего установленному ранее коэффициенту деления $n = 3$, на выходе делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления возникает короткий импульс (фиг.2 м), под влиянием которого второй RS-триггер 11 снова переходит в единичное состояние и высоким потен-

циалом (фиг.2 н) с прямого выхода открывает для приема информации второй синхронный демодулятор 20. С данного момента времени во втором синхронном демодуляторе 20 происходит перезаряд емкостного элемента памяти, сопровождающийся первоначально быстрым разрядом по экспоненте (фиг.2 л) хранившейся информации об амплитуде U_{1n} предыдущей серии колебаний, а затем зарядом со скоростью поступающей с первого выхода измерительного блока 1 информации о текущей амплитуде первой четверти третьей волны (четвертая заштрихованная область на фиг.2 л) ныне действующей серии колебаний.

При достижении максимума амплитуды третьего периода колебаний (фиг.2 л) заканчивается указанным способом формирование третьего импульса (фиг.2 к) на выходе третьего элемента И 7, задний фронт которого рассмотренным образом возвращает в исходное состояние последовательно один за другим второй RS-триггер 11, Т-триггер 43 с первым RS-триггером 17 и блок 18 управления, который шунтируя измерительный блок 1, прекращает в нем колебательный процесс, завершая тем самым формирование второй серии колебаний (фиг.2 л) с периодом T_2 и логарифмическим декрементом затухания λ_2 .

Исчезновение высокого потенциала (фиг.2 н) на прямом выходе второго RS-триггера 11 переводит второй синхронный демодулятор 20 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды U_{2n} , а появление низкого потенциала (фиг.2 п) на прямом выходе Т-триггера 43 переводит переключатель 2 в разомкнутое состояние, отключая тем самым исследуемый нелинейный элемент 3 от измерительного блока 1, и заканчивает совместно с исключенными потенциалами (фиг.2 в,к) на прямом выходе первого RS-триггера 17 и выходе второго элемента ЗА-ПРЕТ 45 формирование управляющего импульса (фиг.2 ч) длительностью t_2 на выходе первого элемента И 46, переводящего третий и пятый синхронные демодуляторы 30 и 36 в режим хранения накопленной инфор-

мации в виде постоянных напряжений pU_2 и $(pU_2)^2$, соответствующих qT_2 периодам и их квадратам второй серии ударно возбуждаемых колебаний, которая сосредоточилась к данному моменту времени соответственно в первом времяамплитудном преобразователе 29 и в квадратичном преобразователе 35 напряжений. При этом выходные напряжения первого вычитающего блока 38 и второго аналогового делителя 39 оказываются точно соответствующими искомой емкости C_x исследуемого нелинейного элемента 3 и частоте измерений f_x и могут регистрироваться индикаторным блоком 50.

Окончание действия импульса (фиг. 24) на выходе второго элемента ЗАПРЕТ 45 возвращает в исходное состояние первый времяамплитудный преобразователь 29 и квадратичный преобразователь 35 напряжений и предотвращает появление импульса (фиг. 24) на выходе второго элемента И 47, несмотря на образование в данный момент времени высокого потенциала на его первом входе с инверсного выхода Т-триггера 43.

Одновременно с возвращением в исходное состояние первого ИБ-триггера 17 на его инверсном выходе появляется высокий потенциал, который включает в работу разрядный блок 21 и разрешает шестому элементу И 23 передачу единичной информации с выхода второго компаратора 22 на вход второго времяамплитудного преобразователя 24. С образованием второго импульса (фиг. 2р) на выходе шестого элемента И 23, возникает аналогичный импульс (фиг. 2ф) и на выходе пятого элемента И 28, подготовленного для передачи информации единичным потенциалом с инверсного выхода Т-триггера 43, что открывает для приема информации восьмой синхронный демодулятор 26. Приобретаемая данным демодулятором информация в виде линейно нарастающего напряжения с выхода второго времяамплитудного преобразователя 24 (зачерненная область на фиг. 2ф) подвергается непрерывному преобразованию в соответствии с алгоритмом в канале измерения активной составляющей проводимости исследуемых нелинейных элементов, а именно перемно-

жается во втором перемножающем блоке 33 с хранимым в третьем синхронном демодуляторе 30 напряжением pU_2 и взаимно вычитается во втором вычитающем блоке 34 с перемноженными в первом перемножающем блоке 32 напряжениями pU_1 и $\sqrt{\Delta U_1}$, хранимыми соответственно в четвертом и седьмом синхронных демодуляторах 31 и 25. Получаемое разностное напряжение соответствующей полярности с выхода второго вычитающего блока 34, воздействуя на второй вход первого аналогового делителя 42, производит в соответствии с соотношением для измеряемой добротности деление на данную разность перемноженных в третьем перемножающем блоке 41 установившихся напряжений с выходов первого вычитающего блока 38 и второго аналогового делителя 39, пропорциональных измеряемым параметрам соответственно C_x и f_x . Образующиеся напряжения во втором вычитающем блоке 34 и первом аналоговом делителе 42 поступают так же, как и напряжения с выходов первого вычитающего блока 38 и второго аналогового делителя 39 на соответствующие информационные входы индикаторного блока 50.

По мере разряда емкостного элемента памяти происходит снижение по экспоненте e^{-t/t_p} (фиг. 2г) потенциала на основном выходе первого синхронного демодулятора 19, и при достижении хранимого вторым синхронным демодулятором 20 потенциала срабатывает второй компаратор 22, заканчивая тем самым формирование второго импульса (фиг. 2р) на выходе шестого элемента И 23, возвращающего в исходное состояние второй времяамплитудный преобразователь 24, и первого импульса (фиг. 2ф) на выходе пятого элемента И 28, переводящего восьмой синхронный демодулятор 26 в режим хранения накопленной информации в виде постоянного напряжения $\sqrt{\Delta U_1}$, пропорционального логарифмическому декременту затухания λ_2 второй серии колебаний в измерительном блоке 1 и соответствующего интервалу времени Δt_2 (фиг. 2г). При таких условиях выходное напряжение второго вычитающего блока 34 и первого аналогового делителя 42 становится точно соответствующими измеряемым активной составляющей проводимости G_x

и добротности Q_x исследуемого нелинейного элемента и регистрируются индикаторным блоком 50, получившим разрешение на данную операцию в момент окончания действия импульса (фиг. 2 ф) на выходе пятого элемента И 28. Действительно, задний фронт этого импульса, воздействуя на соответствующий управляющий вход индикаторного блока 50, разрешает ему измерение и индикацию одновременно всех найденных параметров, включая напряжение смещения исследуемого нелинейного элемента.

Спустя некоторое время $t_{ц}$ (фиг. 2 а) достаточное для регистрации и индикации измеряемых параметров (это время при желании может регулироваться в широких пределах, включая режим "Останов") снова срабатывает генератор запускающих импульсов 48, возвращая в исходное (нулевое) состояние индикаторный блок 50 и другие функциональные системы, и процессы в измерительном устройстве повторяются в описанной последовательности, производя измерения параметров следующего нелинейного элемента или того же элемента при других режимных условиях.

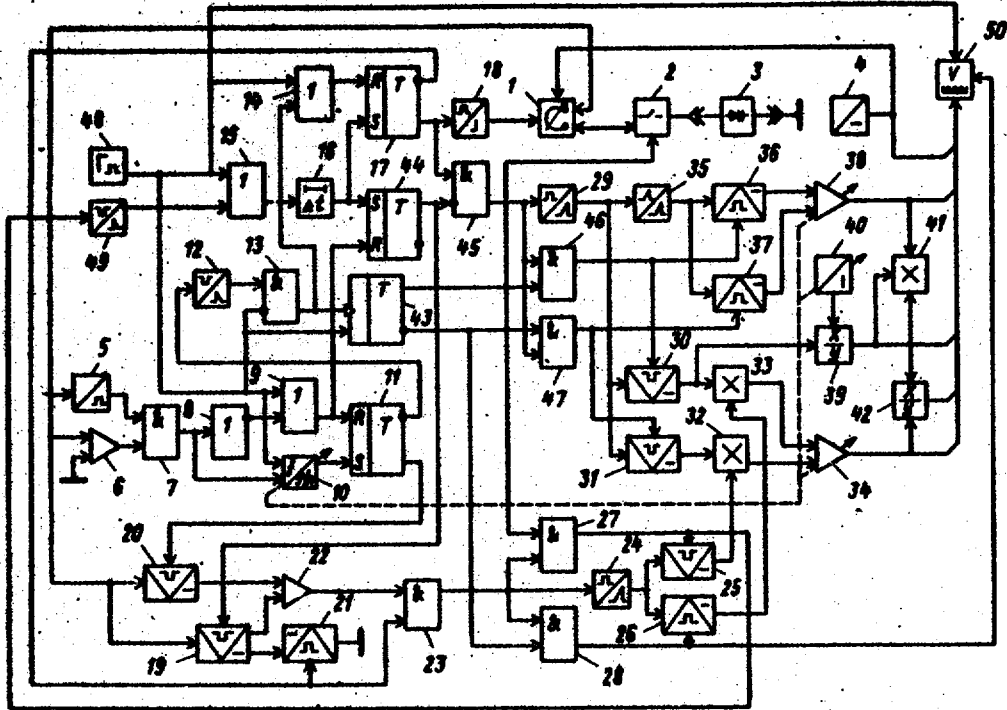
В случае использования устройства в автоматизированных системах контроля параметров нелинейных элементов, когда контроль осуществляется по принципу "Годен - не годен", может быть организован несколько иной алгоритм работы измерительного устройства, не изменяющий сущности изобретения. Обычно в таких системах не требуется достаточно большого интервала времени $t_{ц}$ для индикации промежуточных величин, и можно применить последовательный режим регистрации и индикации по мере готовности информации о том или ином параметре. Например, индикация измеряемых параметров может производиться так: напряжения смещения исследуемого нелинейного элемента - за время формирования двух подряд серий ударно возбуждаемых колебаний; емкости C_x и частоты измерений f_x - за время действия импульса (фиг. 2 ф) на выходе пятого элемента И 28, пропорционального логарифмическому декременту затухания Λ_2 ; добротности Q_x и активной составляющей проводимос-

ти G_x - за время формирования полного цикла (такта) колебаний, создающего информацию о параметрах следующего нелинейного элемента. Смена нелинейного элемента или его режима может осуществляться в промежутках между вторыми формируемыми сериями колебаний в текущем и последующем тактах получения информации о параметрах исследуемых элементов (связи, синхронизирующие работу индикаторного блока 50 и измерительного устройства в целом для рассматриваемого алгоритма на фиг. 1 не показаны). Смена режима работы измерительного устройства, например, с целью расширения частотного диапазона может быть произведена без искажения полезной информации только по окончании полного такта формирования и обработки ударно возбуждаемых колебаний. Важной особенностью измерительного устройства является то, что при изменении коэффициента деления n делителя 10 частоты с переменным коэффициентом деления, т.е. при изменении числа q , которое на единицу меньше n , и исследовании одного и того же нелинейного элемента на одной и той же рабочей частоте, показания индикаторного блока 50 остаются без изменений, так как одновременно с изменением коэффициента деления n автоматически корректируются коэффициенты передачи первого и второго вычитающих блоков 38 и 34, а также величина напряжения регулируемого источника 40 опорного напряжения (соответствующие органы указанных структурных блоков сопряжены между собой).

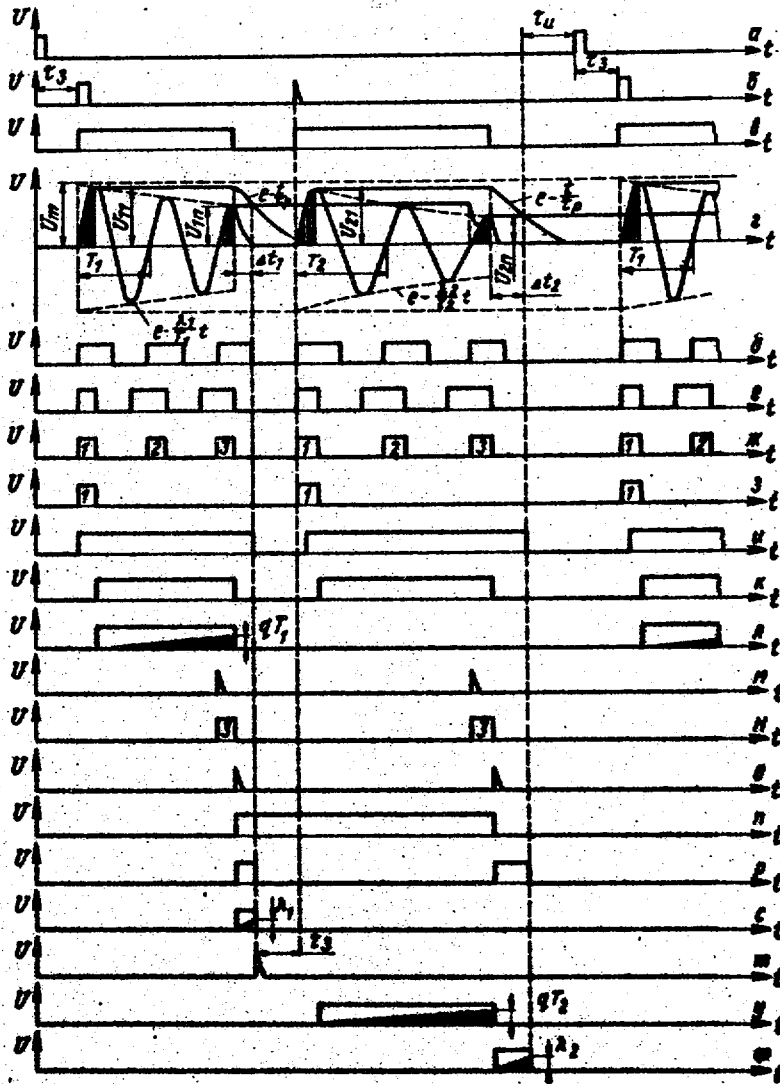
Предлагаемое устройство выгодно отличается повышенной точностью и быстродействием измерений от известных технических решений, в том числе и от устройства-прототипа, принятого за базовый объект. Повышение точности и быстродействия измерений обеспечивается прежде всего использованием в устройстве изложенного метода определения параметров нелинейных элементов, позволяющего исключить образцовые управляемые отрицательные активную и реактивную проводимости и связанные с ними погрешности, а также реализацией соответствующего алгоритма работы устройства, позволяющего в автоматичес-

в автоматическом режиме одновременно измерять все искомые параметры с минимально

возможными погрешностями, ускоряя тем самым процесс измерений.



Фиг. 1



Фиг. 2