



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3973082/24-21
(22) 04.11.85
(46) 07.07.87. Бюл. № 25
(71) Минский радиотехнический институт
(72) В.Л.Свирид
(53) 621.317.335 (088.8)
(56) Приборы и системы управления.
М., 1974, с.48-49.

Авторское свидетельство СССР
№ 532060, кл. G 01 R 27/26, 1976.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ИЗМЕРЕНИЯ ЛОГАРИФИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА
ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

(57) Изобретение относится к электро-
измерительной технике. Цель изобре-
тения - повышение быстродействия измере-
ний при исследовании низкодобротных
колебательных систем. Устройство со-
держит блок 2 ударного возбуждения
колебаний, блок 3 обработки несущей,
синхронные демодуляторы 4 и 5, раз-

рядный блок 6 и формирователь 8 управ-
ляющих импульсов. В устройство введе-
ны разрядный блок 6, компаратор 7,
делитель 9 частоты с переменным коэф-
фициентом деления, генератор 10 опор-
ной частоты, делители 11 и 12 частоты
на два, переключатель 13, элемент
И 14 и электронно-счетный частотомер
15. Кроме того, в описании предложено
конкретное выполнение блока 2 ударно-
го возбуждения колебаний, блока 3 об-
работки несущей и формирователя 8
управляющих импульсов. Это позволяет
устройству возбуждать колебания в ис-
следуемых системах, осуществлять пре-
образование логарифмического декремен-
та затухания колебаний во временной
интервал при заданном значении числа
 q , включая $q = 0,5$ и $q = 0,25$, и про-
изводить подсчет количества импульсов
опорной частоты за получаемый интер-
вал времени. 3 з.п. ф-лы, 6 ил.

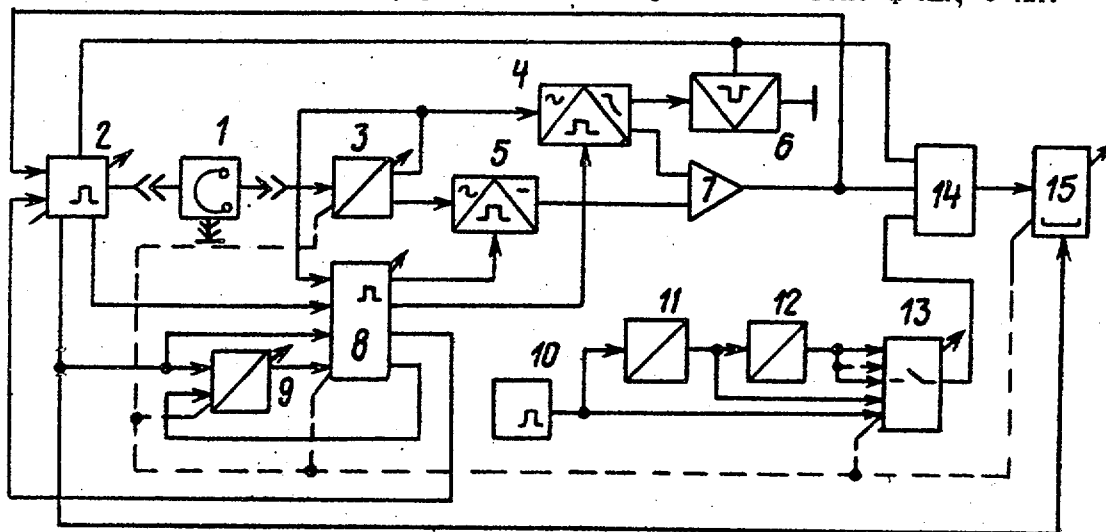


Fig. 1

Изобретение относится к электроизмерительной технике, предназначено для измерения логарифмического декремента затухания колебательных систем и может быть использовано для измерения других параметров систем, например, добротности или тангенса угла потерь.

Цель изобретения - повышение быстродействия измерений при исследовании низкочастотных колебательных систем.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства для автоматического измерения логарифмического декремента затухания колебательных систем; на фиг.2 - структурная схема блока ударного возбуждения колебаний; на фиг.3 - структурная схема блока обработки несущей; на фиг.4 - структурная схема формирователя управляющих импульсов; на фиг.5 - структурная схема делителя частоты с переменным коэффициентом деления; на фиг.6 - диаграммы, поясняющие принцип измерений и работы устройства.

Устройство для автоматического измерения логарифмического декремента затухания колебательных систем (фиг.1) содержит клеммы 1 для подключения исследуемой колебательной системы, блок 2 ударного возбуждения колебаний, блок 3 обработки несущей, первый и второй синхронные демодуляторы 4 и 5, разрядный блок 6, компаратор 7, формирователь 8 управляющих импульсов, делитель 9 частоты с переменным коэффициентом деления, а также последовательно соединенные генератор 10 опорной частоты, первый и второй делители 11 и 12 частоты на два, переключатель 13, элемент И 14 и электронно-счетный частотомер 15. Причем клеммы 1 для подключения исследуемой колебательной системы соответственно соединены с первым выходом блока 2 ударного возбуждения, общей шиной и входом блока 3 обработки несущей, первый и второй выходы которого соединены с информационными входами соответственно первого 4 и второго 5 синхронных демодуляторов, управляющие входы которых соединены соответственно с первым и вторым выходами формирователя 8 управляющих импульсов, первый вход которого соединен с первым выходом блока 3 обработки несущей, второй и третий входы формирователя 8 управ-

ляющих импульсов соединены соответственно с вторым и третьим выходами блока 2 ударного возбуждения колебаний, третий выход которого соединен с установочными входами делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления и электронно-счетного частотомера 15, а четвертый выход соединен с управляющим входом разрядного блока 6 и одним из входов элемента И 14, выход которого соединен с информационным входом электронно-счетного частотомера 15, первый управляющий вход блока 2 ударного возбуждения колебаний и счетный вход делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления соединены соответственно с третьим и четвертым выходами формирователя 8 управляющих импульсов, четвертый вход которого соединен с выходом делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления, второй управляющий вход блока 2 ударного возбуждения колебаний соединен с выходом компаратора 7 и с вторым входом элемента И 14, третий вход которого соединен с выходом переключателя 13, первый вход которого соединен с выходом генератора 10 опорной частоты и входом первого делителя 11 частоты, второй вход соединен с выходом первого делителя 11 частоты и входом второго делителя 12 частоты, а остальные входы соединены с выходом второго делителя 12 частоты, соответствующие входы компаратора 7 соединены с выходами первого 4 и второго 5 синхронных демодуляторов, дополнительный выход первого 4 синхронного демодулятора соединен с информационным входом разрядного блока 6, выход которого соединен с общей шиной и третьей клеммой для подключения исследуемых колебательных систем.

Блок 2 ударного возбуждения колебаний (фиг.2) содержит генератор 16 запускающих импульсов, первый 17 и второй 18 элементы ИЛИ, цифровой элемент 19 задержки, RS-триггер 20, источник 21 тока, переключатель 22 тока и эквивалент 23 нагрузки, первый и второй дифференциаторы 24 и 25 импульсов и моностабильный элемент 26, формирующий импульс отрицательной полярности с регулируемой в широких пределах длительностью и реализующий режим "Останов". При этом второй выход переключателя 22 тока, выход цифрового элемента 19 задержки, выход первого

элемента ИЛИ 17 и инверсный выход RS-триггера 20 являются соответственно первым, вторым, третьим и четвертым выходами 27 - 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний, а выходы первого дифференциатора 24 импульсов и моста стабильного элемента 26 - его соответственно первым и вторым управляющими входами 31 и 32.

Блок 3 обработки несущей (фиг. 3) 10 содержит элемент 33 согласования, повторитель-инвертор 34, дифференциатор 35 и переключатель 36, управляющий органом которого является управляющим органом блока. Вход элемента 33 15 согласования является входом 37 блока 3 обработки несущей, а выход этого элемента и выход переключателя 36 - его соответственно первым и вторым 20 выходами 38 и 39. Элемент 33 согласования представляет собой усилитель напряжения с большим входным и малым 25 выходным сопротивлениями. Повторитель-инвертор 34, формирующий единичный коэффициент передачи с инвертированием фазы, позволяет, используя информацию, заключенную в первой отрицательной полуволне ударно возбуждаемого колебания, реализовать число $q=0,5$. Дифференциатор 35, осуществляя 30 операцию дифференцирования с инвертированием фазы исследуемого колебания, обеспечивает реализацию числа $q = 0,25$. С помощью переключателя 36 производится выбор соответствующего режима 35 обработки несущей ударно возбуждаемых колебаний.

Формирователь 8 управляющих импульсов (фиг. 4) содержит двухполярный экстрематор 40, компаратор 41, первый элемент ИЛИ 42, элемент ИЛИ-НЕ 43, элемент ЗАПРЕТ 44, переключатель 45, первый и второй элементы НЕ 46 и 47, первый и второй элементы ИЛИ 48 и 49, первый и второй RS-триггеры 50 и 51 45 и второй элемент И 52. При этом вход двухполярного экстрематора 40 с вторым входом компаратора 41, S-вход первого RS-триггера 50, объединенные вторые 50 входы и первого и второго элементов ИЛИ 48 и 49 и S-вход второго RS-триггера 51 являются соответственно первым, вторым, третьим и четвертым 55 входами 53 - 56 формирователя 8 управляющих импульсов, а прямые выходы первого и второго RS-триггеров 50 и 51, инверсный выход второго RS-триггера 51 и выход второго элемента

И 52 - его соответственно первым, вторым, третьим и четвертым выходами 57 - 60. Дополнительно управляющий орган переключателя 45 является управляющим органом формирователя 8.

Первый и второй синхронные демодуляторы 4 и 5, разрядный блок 6, компаратор 7 и элемент И 14 представляют собой преобразователь логарифмического декремента затухания колебаний во временной интервал. Первый синхронный демодулятор 4 в отличие от второго синхронного демодулятора 5 имеет дополнительный выход, который непосредственно соединен с образцовым емкостным элементом памяти. Разрядный блок 6 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 4 совместно с резистивным элементом разрядного блока 6 образует образцовую RS-цепь, с помощью которой осуществляется преобразование логарифмического декремента затухания колебаний в пропорциональный интервал времени Δt .

Делитель 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг. 5) содержит n последовательно соединенных декадных делителей 61 частоты, где число n представляет собой величину, равную десятичному логарифму выбираемого максимального значения числа q , а также переключатель 62 и дифференциатор 63 импульсов. При этом вход дифференциатора 63 импульсов подключен к выходу переключателя 62, четвертый и последующие входы которого раздельно соединены с выходами соответственно первого и последующих декадных делителей 61 частоты, первые три входа переключателя 62 и счетный вход первого декадного делителя частоты являются счетным входом 64 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления, а установочные входы всех декадных делителей 61 частоты, выход дифференциатора 63 импульсов и управляющий орган переключателя 62 - его соответственно установочным входом 65, выходом 66 и управляющим органом.

Устройство для автоматического измерения логарифмического декремента

затухания колебательных систем работает следующим образом.

Начальные условия работы устройства независимо от исходного состояния его функциональных блоков устанавливаются с помощью генератора 16 запускающих импульсов блока 2 ударного возбуждения колебаний, короткий импульс (фиг. 6а) которого через первый и второй элементы ИЛИ 17 и 18 воздействует соответственно на вход цифрового элемента 19 задержки и R-вход RS-триггера 20 и устанавливает его в нулевое состояние. При этом исчезнувший высокий (единичный) потенциал на прямом выходе RS-триггера 20 переводит переключатель 22 тока в такое состояние, при котором первый выход 27 блока 2 ударного возбуждения колебаний и, следовательно, одна из клемм 20 1 для подключения исследуемых колебательных систем оказываются соединенными с источником 21 тока. Последний своим малым выходным сопротивлением по переменному току шунтирует исследуемую колебательную систему и прекращает в ней возможный колебательный процесс.

Появившийся высокий потенциал на инверсном выходе RS-триггера 20 и, следовательно, на четвертом выходе 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний, воздействуя на управляющий вход разрядного блока 6 (фиг. 1) и на один из входов элемента И 14, разряжает емкостной элемент памяти первого синхронного демодулятора 4 и, следовательно, на выходе компаратора 7 формируется нулевой потенциал, исключая возникновение импульса на выходе элемента И 14, несмотря на присутствие разрешающего потенциала на его первом входе и наличия опорных сигналов на третьем входе.

Одновременно с этим импульс генератора 16 запускающих импульсов, присутствующий на третьем выходе 29 (фиг. 2) блока 2 ударного возбуждения колебаний, поступая непосредственно на установочные входы делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг. 1) и электронно-счетного частотомера 15 и третий вход 55 (фиг. 4) формирователя 8 управляющих импульсов, фиксирует данные блоки в исходных состояниях. При этом рассматриваемый импульс, появившийся на третьем входе 55 формирователя 8 управляющих импуль-

сов (фиг. 4), через первый и второй элементы ИЛИ 48 и 49 воздействует на R-входы первого и второго RS-триггеров 50 и 51 и переводит их в исходное состояние с образованием на их прямых выходах и, следовательно, на первом и втором выходах 57 и 58 формирователя 8 управляющих импульсов низких (нулевых) потенциалов, запрещающих прием информации первому и второму синхронным демодуляторам 4 и 5 (фиг. 1). Образующий единичный потенциал на инверсном выходе первого RS-триггера 50 подготавливает второй элемент И 52 для передачи информации на свой выход, однако отсутствие таковой на втором его входе не позволяет получить импульс на четвертом выходе 60 формирователя 8 управляющих импульсов и каким-либо образом повлиять на состояние делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления. Аналогичный импульс, появляющийся на инверсном выходе второго RS-триггера 51 (третьем выходе 59 формирователя 8 управляющих импульсов) (фиг. 4), воздействуя на первый управляющий вход 31 блока 2 ударного возбуждения колебаний (фиг. 2), вызывает срабатывание первого дифференциатора 24 импульсов с образованием на его выходе остроконечного импульса лишь при положительном перепаде напряжения. Однако этот импульс, поступая вторично через элемент ИЛИ 18 на R-вход RS-триггера 20, не изменяет состояния последнего.

По истечении интервала времени t_3 , определяющегося временем установления переходных процессов, протекающих в устройстве, на выходе цифрового элемента 19 задержки (фиг. 2) появляется задержанный импульс (фиг. 6б) генератора 16 запускающих импульсов, который, воздействуя с второго выхода 28 блока 2 ударного возбуждения колебаний на второй вход 54 формирователя 8 управляющих импульсов (фиг. 4) и на S-вход RS-триггера 20, переводит триггер 20, первый RS-триггер 50 в единичное состояние (фиг. 6в, з). При этом высокий потенциал с прямого выхода RS-триггера 20 (фиг. 2) посредством переключателя 22 тока разрывает цепь, питающую ток исследуемую колебательную систему, вызывая в последней ударное возбуждение колебаний (фиг. 6г), и направляет ток ис-

точника 21 тока в эквивалент 23 нагрузки, а низкий потенциал с четвертого выхода 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний закрывает разрядный блок 6 (фиг.1) и исключает появление сигналов на выходе элемента И 14. В свою очередь, единичный потенциал с прямого выхода первого RS-триггера 50 (фиг.4), т.е. с первого выхода 57 формирователя 8 управляющих импульсов, открывает для приема информации первый синхронный демодулятор 4 (фиг.1), а нулевой потенциал с инверсного выхода предотвращает передачу информации на выход второго элемента И 52.

Динамику процессов, происходящих в устройстве в дальнейшем, рассмотрим для случая измерения максимального значения логарифмического декремента затухания, требующего использование минимально возможного значения числа $q = 0,25$. Для этого необходимо все управляющие органы измерительного устройства, сопряженные между собой (фиг.1), а именно, управляющие органы переключателя 36 блока 3 обработки несущей (фиг.3), переключателя 45 формирователя 8 управляющих импульсов (фиг.4), переключателя 62 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг.5), переключателя 13 и электронно-счетного частотомера 15 (фиг.1), установить в первое (нижнее по схеме) положение, при котором реализуется число $q = 0,25$.

Возникающие в исследуемой колебательной системе колебания с определенной начальной фазой (фиг.6г первая реализация, соответствующая $q=0,25$) в виде положительной полуволны, исходящей из начала координат, поступают на вход 37 блока 3 обработки несущей (фиг.3). Далее рассматриваемый сигнал посредством элемента 33 согласования воздействует с первого выхода 38 блока 3 обработки несущей на первый вход 53 формирователя 8 управляющих импульсов. Этот же сигнал с выхода элемента 33 согласования, подвергаясь операции дифференцирования с инвертированием фазы (соответственно сплошная и штриховая линии с максимальной амплитудой U_m , показанные на фиг.6 г для $q=0,25$) в дифференциаторе 35, через переключатель 36 поступает на второй выход 39 блока 3 обработки несущей и воздействует на информационный вход второго синхронно-

го демодулятора 5 (фиг.1). При этом первый синхронный демодулятор 4, являющийся в данный момент времени открытым для приема информации, воспринимает первую положительную половину (первая заштрихованная область при $q = 0,25$ на фиг.6г) ударно возбуждаемого колебания и следит за ее изменением. С появлением сигнала на основном выходе первого синхронного демодулятора 4 срабатывает компаратор 7, формируя на своем выходе положительный перепад (фиг.6и), практически совпадающий с моментом возникновения колебаний в исследуемой колебательной системе и воздействующий на второй вход элемента И 14 и второй управляющий вход 32 (фиг.2) блока 2 ударного возбуждения колебаний.

Одновременно с получением колебаний в исследуемой колебательной системе происходит обработка и анализ информации в формирователе 8 управляющих импульсов (фиг.4). Двухполярный экстрематор 40 и компаратор 41 формируют на своих выходах единичные потенциалы (фиг.6е и д соответственно), которые, взаимодействуя в элементе И 42, образуют на его выходе первый положительный импульс (фиг.6ж). Единичные потенциалы, присутствующие на входах элемента ИЛИ-НЕ 43 и элемента ЗАПРЕТ 44, не приводят к срабатыванию последних и, следовательно, сигналы на их выходах отсутствуют. Однако низкий потенциал на выходе элемента ЗАПРЕТ 44 посредством замкнутого переключателя 45 и второго элемента НЕ 47 преобразуется в единичный, который, воздействуя через второй элемент ИЛИ 49 на R-вход второго RS-триггера 51, не изменяет состояния последнего.

При достижении максимального значения первой полуволны колебания U_m (заштрихованная первая область на фиг.6г, соответствующая $q=0,25$), двухполярный экстрематор 40 возвращается в исходное (нулевое) состояние и таким образом заканчивает формирование импульса на выходе элемента И 42. Этот импульс (фиг.6ж), проинвертировавшись в первом элементе НЕ 46 и пройдя первый элемент ИЛИ 48, задним фронтом возвращает в исходное состояние первый RS-триггер 50 с образованием на первом выходе 57 формирователя 8 управляющих импульсов

низкого потенциала (фиг.6з), переводящего первый синхронный демодулятор 4 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды первой положительной полуволны U_{11} ударно возбуждаемого колебания. Одновременно с этим на инверсном выходе первого RS-триггера 50 появляется единичный потенциал, который, воздействуя на один из входов, подготавливает второй элемент И 52 для передачи информации на четвертый выход 60 формирователя 8 управляющих импульсов.

С исчезновением импульса (фиг.6е) на выходе двухполярного экстрематора 40 исключается запрещающий сигнал на инвертирующем входе элемента ЗАПРЕТ 44, и на его выходе появляется единичный импульс (фиг.6к), который через переключатель 45 и подготовленный для передачи информации второй элемент И 52 поступает с четвертого выхода 60 формирователя 8 управляющих импульсов (фиг.4) на счетный вход 64 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг.5). Так как делитель 9 при $q = 0,25$ обеспечивает единичный коэффициент деления, то сигнал с его счетного входа 64 через переключатель 62 поступает на дифференциатор 63 импульсов, в котором, подвергаясь операции дифференцирования с ограничением снизу, приобретает вид остrokонечного импульса (фиг.6м) в момент формирования переднего фронта анализируемого сигнала (фиг.6к). Полученный импульс (фиг.6м), снимаемый с выхода 66 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления, воздействуя на четвертый вход 56 формирователя 8 управляющих импульсов (фиг.4) и далее на S-вход второго RS-триггера 51, переводит последний триггер в единичное состояние. Преобразуемый на прямом выходе второго RS-триггера 51 высокий потенциал (фиг.6н), передаваемый с второго выхода 58 формирователя 8 управляющих импульсов на управляющий вход второго синхронного демодулятора 5 (фиг.1), открывает для приема информации этот демодулятор, который, производя непрерывное слежение и запоминание, воспринимает в данный момент времени продифференцированную и инвертированную вторую четверть ударно возбужденного колебания (оггибающая в виде сплошной линии второй заштрихованной области при $q = 0,25$ на фиг.6г),

действующую на втором выходе 39 блока 3 обработки несущей.

По истечении первой полуволны возбуждаемого колебания, что соответствует переходу через нуль, и, следовательно, достижению максимального значения продифференцированной и инвертированной второй четверти волны, заканчивается формирование импульса (фиг.6д) на выходе компаратора 41 (фиг.4) и импульса (фиг.6к) на выходе элемента ЗАПРЕТ 44 и, следовательно, импульса на выходе второго элемента И 52. С исчезновением импульса (фиг.6д) на выходе компаратора 41 возникают условия для появления импульса на выходе элемента ИЛИ-НЕ 43 (первый импульс, показанный штрихами на фиг.6л). Однако этот импульс в данный момент времени работы измерительного устройства не используется. Полученный импульс (фиг.6к) на выходе элемента ЗАПРЕТ 44 после инвертирования во втором элементе НЕ 47 задним фронтом посредством второго элемента ИЛИ 49 возвращает в исходное состояние второй RS-триггер 51. Исчезнувший единичный потенциал (фиг.6н) на прямом выходе этого триггера и, следовательно, на втором выходе 58 формирователя 8 управляющих импульсов переводит второй синхронный демодулятор 5 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды U_{12} продифференцированного и инвертированного колебания (фиг.6г), а появившийся высокий потенциал на его инверсном выходе и передаваемый с третьего выхода 59 формирователя 8 управляющих импульсов на первый вход 31 блока 2 ударного возбуждения колебаний (фиг.2), обрабатываясь в первом дифференциаторе 24 импульсов, образует остrokонечный импульс (фиг.6о), который через второй элемент ИЛИ 18 возвращает RS-триггер 20 в исходное состояние.

При этом переключатель 22 тока, получая низкий потенциал (фиг.6в) с прямого выхода RS-триггера 20, вместо эквивалента 23 нагрузки к источнику 21 тока посредством первого выхода 27 блока 2 ударного возбуждения колебаний подключает исследуемую колебательную систему. Малое выходное сопротивление по переменному току источника 21 тока шунтирует исследуемую колебательную систему и колебательный процесс в ней прекращается, за-

вершая формирование всего лишь одной полуволны ударно возбуждаемого колебания с периодом T_1 и логарифмическим декрементом, затухания λ_1 , затухающего во времени t по экспоненте $e^{-\lambda_1 t}$ (фиг. 6г) при $q = 0,25$. В свою очередь, единичный потенциал с инверсного выхода RS-триггера 20 (фиг. 2), действующий на четвертом выходе 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний, открывает разрядный блок 6 (фиг. 1) и совместно с высоким потенциалом (фиг. 6и), еще действующим на выходе компаратора 7, разрешает элементу И 14 передачу информации от генератора 10 опорной частоты посредством переключателя 13, находящегося в первом (нижнем по схеме) положении, на информационный вход электронно-счетного частотомера 15, подготовленного для подсчета поступающих импульсов (фиг. 6п).

При включении в работу разрядного блока 6 происходит разряд емкостного элемента памяти первого синхронного демодулятора 4 и на основном выходе этого демодулятора начинает снижаться по экспоненте $e^{-\lambda_2 t}$ (фиг. 6г) напряжение, которое непрерывно сравнивается в компараторе 7 с напряжением, хранимым во втором синхронном демодуляторе 5. При достижении равенства напряжений на выходах первого и второго синхронных демодуляторов 4 и 5 срабатывает компаратор 7, низкий потенциал (фиг. 6и) на выходе которого запрещает передачу информации на выход элемента И 14, и, следовательно, прекращает счет импульсов электронно-счетным частотометром 15. Таким образом, на выходе элемента И 14 за время Δt_1 (фиг. 6г) образуется пакет импульсов (фиг. 6п), количество импульсов в котором в точности соответствует измеряемой величине логарифмического декремента затухания λ_1 , что и регулируется электронно-счетным частотометром 15.

С прекращением действия единичного импульса (фиг. 6и) на выходе компаратора 7, задний фронт которого, воздействуя на второй управляющий вход 32 блока 2 ударного возбуждения колебаний (фиг. 2), приводит в действие моностабильный элемент 26 и образует на его выходе импульс (фиг. 6р) отрицательной полярности с изменяющейся в

широких пределах длительностью (регулируют постоянную времени времязадающей цепи с помощью, например, переменного резистора с выключателем, позволяющего реализовать режим "Останов") и формирующего таким образом время индикации τ_n электронно-счетного частотомера 15. По истечении длительности этого импульса в момент образования положительного перепада напряжения с помощью второго дифференциатора 25 импульсов, устроенного аналогично первому дифференциатору 24, формируется остроконечный импульс (фиг. 6с), который через первый элемент ИЛИ 17 поступает на третий выход 29 блока 2 ударного возбуждения колебаний и приводит, описанным образом, в исходное состояние электронно-счетный частотометр 15, делитель 9 частоты с переменным коэффициентом деления, формирователь 8 управляющих импульсов, а также RS-триггер 20.

Пусть за время индикации τ_n произошла замена исследуемой колебательной системы системой с такими параметрами, которые требуют при измерениях установки числа $q = 0,5$, и все сопряженные управляющие органы измерительного устройства переведены во второе (снизу по схеме на фиг. 1, 3-5) положение. Тогда, спустя время задержки τ_2 (фиг. 6с), на выходе цифрового элемента 19 задержки (фиг. 2) возникает короткий импульс (второй импульс на фиг. 6б), действовавший ранее на выходе второго дифференциатора 25 импульсов. Следует отметить, что в случае, если за время τ_n (фиг. 6р) не успели произвести смену режима работы измерительного устройства, аналогичный рассматриваемому импульс (фиг. 6а) получают с помощью генератора 16 запускаящих импульсов путем ручного его запуска.

Возникающий на втором выходе 28 блока 2 ударного возбуждения колебаний импульс (фиг. 6б) и поступающий на второй вход 54 формирователя 8 управляющих импульсов переводит RS-триггер 20 (фиг. 2) и первый RS-триггер 50 (фиг. 4) в единичное состояние (фиг. 6в и з), и процессы, связанные с формированием ударно возбуждаемых колебаний при $q=0,5$ и определением их параметров, повторяются в том же порядке, что и при $q = 0,25$. Отличия состоят лишь в разделении и

дальнейшей обработке получаемой при этом информации с целью достижения желаемого результата.

Действительно, переход в единичное состояние RS-триггера 20 (фиг.6в) вызывается посредством источника 21 и переключателя 22 тока снова ударное возбуждение колебаний с логарифмическим декрементом затухания λ_2 и периодом T_2 , которые убывают во времени на экспоненте $e^{-\frac{\lambda_2}{T_2} t}$ (фиг.6г при $q=0,5$), а образовавшийся импульс (фиг.6з) на первом выходе 57 формирователя 8 управляющих импульсов открывает для приема информации первый синхронный демодулятор 4. По мере формирования второй серии ударно возбуждаемых колебаний в первом синхронном демодуляторе 4 происходит перезаряд возможно еще полностью не разрядившегося емкостного элемента памяти, так как разрядный блок 6 к данному моменту времени оказывается уже закрытым низким потенциалом с четвертого выхода 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний.

В момент превышения поступающей с первого выхода 38 (фиг.3) блока 3 обработки несущей информации остаточного потенциала на емкостном элементе памяти напряжение на основном и дополнительном выходах первого синхронного демодулятора 4 начинает следить за изменением первой четверти волны формируемого колебания (первая заштрихованная область на фиг.6г при $q = 0,5$) и при достижении потенциала на выходе второго синхронного демодулятора 5, возможно еще хранящего информацию об амплитуде U_{21} второй четверти продифференцированного и инвертированного колебания предыдущей серии при $q = 0,25$, срабатывает компаратор 7, формируя несколько сдвинутый относительно начала отсчета второй серии колебаний импульс (фиг.6и) на своем выходе. Следует отметить, что компаратор 7 в пределах действия первой четверти периода T_2 формируемого колебания может и не сработать, если только не будет исключена такая ситуация, при которой амплитуда U_{21} первой полуволны второй серии колебаний становится меньше амплитуды U_{11} анализируемой второй четверти волны из первой серии. Однако такая ситуация, возможная при исследованиях колебательных систем последовательно

во времени сначала с малым, а затем с весьма большим логарифмическим декрементом затухания, не оказывает существенного влияния на работу измерительного устройства, а лишь отодвигает момент срабатывания компаратора 7 и интервал времени, соответствующий второй анализируемой четверти периода (заштрихованная вторая область на фиг.6г при $q = 0,5$), в пределах формируемой серии колебаний. Это связано с тем, что получаемый импульс (фиг.6и) на выходе компаратора 7 приобретает решающее значение для получения 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 4 и 5 получаемая вторая серия ударно возбуждаемых колебаний, подвергаясь обработке в формирователе 8 управляющих импульсов, образует на выходе первого элемента И 42 импульс (фиг.6ж). Этот импульс, формирование которого заканчивается при достижении максимума амплитуды U_{21} первой полуволны колебаний (заштрихованная первая область на фиг.6г при $q = 0,5$), задним фронтом снова возвращает в исходное состояние первый RS-триггер 50. Образующий низкий потенциал (фиг.6з) на первом выходе 57 формирователя 8 управляющих импульсов переводит первый синхронный демодулятор 4 в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды U_{21} первой положительной полуволны ударно возбуждаемого колебания, действующего на первом выходе 38 блока 3 обработки несущей (фиг.3). На втором выходе 39 последнего блока в рассматриваемый интервал времени действует инвертированная с помощью повторителя-инвертора 34 полуволна этого колебания, показанная в виде штриховой линии на фиг.6 г при $q=0,5$.

Исчезновение импульсов на выходе первого элемента И 42 и на прямом выходе первого RS-триггера 50 (фиг.6ж,з), обусловленное переходом двухполярного экстрематора 40 в исходное (нулевое) состояние (фиг.6е), порождает импульс на выходе элемента 44 ЗАПРЕТ 14 (первый импульс, показанный штриховой линией на фиг.6к).

Существенные изменения в алгоритме работы наблюдаются по истечении первой полуволны ударно возбуждаемого колебания, когда компаратор 41 (фиг.4), переходя в исходное состояние, заканчивает формирование на своем выходе единичного импульса (фиг.6д) и совместно с двухполярным экстрематором 40, находящимся в нулевом состоянии (фиг.6е), образует на выходе элемента ИЛИ-НЕ 43 единичный потенциал (импульс, показанный на фиг.6л сплошной линией), который посредством переключателя 45 и подготовленного с помощью первого RS-триггера 50 для передачи информации второго элемента И 52, поступает на четвертый выход 60 формирователя 8 управляющих импульсов и воздействует на счетный вход 64 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг.5). Делитель 9, обладающий единичным коэффициентом деления, описанным образом превращает анализируемый перепад напряжения в остроконечный импульс (фиг.6м), который, возвращаясь по четвертому входу 56 в формирователь 8 управляющих импульсов (фиг.4) и воздействуя на S-вход второго RS-триггера 51, снова переводит последний в единичное состояние и высоким потенциалом (фиг.6н), действующим на втором выходе 58 формирователя 8 управляющих импульсов, открывает для приема информации второй синхронный демодулятор 5. С этого момента времени во втором синхронном демодуляторе 5 происходит перезаряд емкостного элемента памяти, сопровождающийся первоначально быстрым разрядом по экспоненте (фиг.6г при $q = 0,5$) хранившейся информации об амплитуде U_{12} предыдущей серии колебаний, а затем зарядом со скоростью, поступающей с второго выхода 39 блока 3 обработки несущей (фиг.3) информации о текущей проинвертированной с помощью повторителя-инвертора 34 третьей четверти волны (вторая заштрихованная область на фиг.6г при $q=0,5$) действующего колебания.

При достижении экстремума (минимума амплитуды) второй полуволны формируемых колебаний (фиг.6г при $q=0,5$) двухполярный экстрематор 40 переходит в единичное состояние (фиг.6е) и, таким образом, заканчивает формирование импульса (фиг.6л) на выходе эле-

мента ИЛИ-НЕ 43, задний фронт которого возвращает в исходное состояние последовательно один за другим второй RS-триггер 51 (фиг.6н) формирователя 8 управляющих импульсов (фиг.4) и RS-триггер 20 (фиг.6в) блока 2 ударного возбуждения колебаний (фиг.2). При этом источник 21 тока, шунтируя исследуемую колебательную систему, быстро по экспоненте, исходящей с точки минимума амплитуды, прекращает в ней колебательный процесс, завершая тем самым формирование всего лишь трех четвертей волны второй серии колебаний (фиг.6г при $q = 0,5$) с периодом T_2 и логарифмическим декрементом затухания λ_2 . Исчезновение единичного потенциала (фиг.6н) на втором выходе 58 формирователя 8 управляющих импульсов переводит второй синхронный демодулятор 5 (фиг.1) в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды U_{22} (фиг.6г), а появление высокого потенциала на четвертом выходе 30 блока 2 ударного возбуждения колебаний включает в работу разрядный блок 6 и совместно с единичным потенциалом (фиг.6и) компаратора 7 разрешает элементу И 14 передачу на счетный вход электронно-счетного частотомера 15 импульсов с выхода первого делителя 11 частоты ниже в два раза опорной частоты генератора 10.

По мере разряда емкостного элемента памяти происходит снижение по экспоненте $e^{-\frac{t}{T_p}}$ (фиг.6г при $q = 0,5$) потенциала на основном выходе первого синхронного демодулятора 4 (фиг.1) и при достижении хранимого вторым синхронным демодулятором 5 потенциала срабатывает компаратор 7, заканчивая тем самым формирование интервала времени Δt_2 , пропорционального искомому логарифмическому декременту затухания λ_2 , и посредством элемента И 14 прекращает поступление информации на электронно-счетный частотомер 15, автоматически переводя его в режим индикации.

Полученные на выходе элемента И 14 за интервал времени Δt_2 (фиг.6г при $q = 0,5$) новое количество импульсов (фиг.6п) соответствует измеряемой величине логарифмического декремента затухания λ_2 исследуемой колебательной системы, которая индицируется

на табло частотера 15 в течение времени τ_n (фиг.6р), определяющегося времязадающими параметрами моностабильного элемента 26 (фиг.2) блока 2 ударного возбуждения колебаний, на второй управляющий вход 32 которого поступил отрицательный перепад напряжения (задний фронт импульса, показанного на фиг.6и) с выхода компаратора 7.

При исследованиях высокочастотных колебательных систем, переходной процесс в которых затухает медленно, желательна с целью расширения пределов измерения в сторону меньших значений логарифмического декремента затухания выбрать число $q \gg 1$, переводя сопряженные управляющие органы измерительного устройства в соответствующие положения, например третья, четвертое и т.д. снизу по схемам положения переключателей (фиг.1,3 - 5). При этом в зависимости от измеряемой величины логарифмического декремента затухания конкретной колебательной системы в ней может формироваться серия колебаний с достаточно большим числом периодов. Общее количество периодов колебаний, подлежащих анализу, зависит от величины устанавливаемого коэффициента деления делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления $K_{длкд}$, который по-существу и определяет реализацию требуемых значений числа q , равных 1, 10, 100 и т.д.

В соответствии с тем, что при $q \gg 1$ принимаемое числовое значение не влияет на динамику протекающих процессов, рассмотрим работу измерительного устройства условно при $q=2$.

Пусть при очередном ударном возбуждении в исследуемой колебательной системе возникают медленно затухающие по экспоненте $e^{-\frac{\lambda_3}{T_3} t}$ колебания с периодом T_3 и логарифмическим декрементом затухания λ_3 (фиг.6г при $q=2$). Динамика процессов, происходящих в устройстве в течение первых трех четвертей периода получаемого колебания, повторяется в точности как и при $q = 0,5$ с образованием в первом синхронном демодуляторе 4 информации от амплитуды первой полувольты колебаний U_{31} (заштрихованная первая область на фиг.6г при $q=2$). В формирователе 8 управляющих импульсов по мере про-

текания ударно возбуждаемых колебаний в исследуемой колебательной системе компаратор 41 продолжает формировать на своем выходе прямоугольные импульсы (фиг.6д), фронты которых соответствуют переходу исходного колебания через нуль, а двухполярный экстрематор 40 - аналогичные импульсы (фиг.6е), фронты которых соответствуют местоположению экстремальных точек на этом колебании. Получаемые импульсы, взаимодействуя в первом элементе И 42, образуют на его выходе прямоугольные импульсы (фиг.6ж), длительность и местоположение которых в точности соответствуют интервалам времени, заключенным между первым переходом через нуль и экстремумом каждой полувольты ударно возбуждаемых колебаний.

Таким образом, получаемая третья серия ударно возбуждаемых колебаний, подвергаясь рассмотренной обработке в двухполярном экстрематоре 40, компараторе 41 и первом элементе И 42, образует в дальнейшем последовательность импульсов (фиг.6ж), временное положение каждого импульса которой соответствует местоположению первых четвертей положительных полувольт анализируемых колебаний. Аналогичные последовательности импульсов образуются и на выходах элемента ИЛИ-НЕ 43 и элемента ЗАПРЕТ 44 (импульсы, показанные штрихами на фиг.6л и к соответственно).

Последовательность импульсов (фиг.6ж), получаемая на выходе первого элемента И 42, воздействует, с одной стороны, через первый элемент НЕ 46 и первый элемент ИЛИ 48 на R-вход первого RS-триггера 50, с другой стороны, через переключатель 45 - на второй вход второго элемента И 52 и дополнительно посредством второго элемента НЕ 47 и второго элемента ИЛИ 49 на R-вход второго RS-триггера 51. Первый импульс из данной последовательности, формирование которого заканчивается при достижении максимума амплитуды U_{31} первой полувольты колебаний (заштрихованная первая область на фиг.6 г при $q = 2$), задним фронтом, не изменяя состояния второго RS-триггера 51, возвращает в исходное состояние первый RS-триггер 50. Образующий низкий потенциал на первом выходе 57 форми-

рователя 8 управляющих импульсов переводит первый синхронный демодулятор 4 (фиг.1) в режим хранения накопленной информации о максимуме амплитуды U_{31} , а получает 5
 5
 10
 15
 20
 25
 30
 35
 40
 45
 50
 55

Как видно из диаграмм, представленных на фиг.6 г и ж, количество импульсов в последовательности импульсов, получаемой на выходе первого элемента И 42 (фиг.6ж), на единицу больше, чем устанавливаемое число q (фиг.6г). Для устранения такого несоответствия и, следовательно, упрощения реализации делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг.5) в формирователе 8 управляющих импульсов (фиг.4) предусмотрен второй элемент И 52, с помощью которого первый импульс из последовательности импульсов, имеющей место на выходе переключателя 45, исключается, благодаря использованию сигнала с инвертирующего выхода первого RS-триггера 50, формирующего на своем прямом выходе импульс (фиг.6з), соответствующий лишь первой четверти рассматриваемой серии ударно возбуждаемых колебаний.

Таким образом, получаемая последовательность импульсов на четвертом выходе 60 формирователя 8 управляющих импульсов (фиг.4), не содержащая первого импульса (фиг.6ж), воздействует на счетный вход 64 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления (фиг.5). При достижении в этой последовательности необходимого количества импульсов, соответствующего установленному ранее коэффициенту деления $K_{длкд} = q$ на выходе 66 делителя 9 частоты с переменным коэффициентом деления появляется короткий импульс (фиг.6м), под влиянием которого второй RS-триггер 51 (фиг.4) снова переходит в единичное состояние и высоким потенциалом (фиг.6г) с второго выхода 58 формирователя 8 управляющих импульсов открывает для приема информации второй синхронный демодулятор 5 (фиг.1).

С этого момента времени процессы, протекающие во втором синхронном

демодуляторе 5 и во всех других задействованных функциональных блоках измерительного устройства, повторяются в точности так, как при $q = 0,5$ на аналогичной фазе. Отличия сводятся лишь к тому, что второй синхронный демодулятор 5 (фиг.1) воспринимает информацию, которая действует одновременно на первом и втором выходах 38 и 39 блока 3 обработки несущей благодаря переключателю 36, находящемуся в одном из оговоренных положений (не ниже третьего снизу по фиг.3), а электронно-счетный частотомер 15 - информацию с выхода второго делителя 12 частоты, которая передается на его информационный вход посредством элемента И 14 и переключателя 13, находящегося в указанном положении (не ниже третьего снизу по фиг.1).

Таким образом, устройство в автоматическом режиме ударно возбуждает колебания в исследуемых системах, осуществляет преобразование логарифмического декремента затухания колебаний во временной интервал при заданном значении числа q , включая $q = 0,5$ и $q = 0,25$, и производит подсчет количества импульсов опорной частоты за получаемый интервал времени.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Устройство для автоматического измерения логарифмического декремента затухания колебательных систем, содержащее блок ударного возбуждения колебаний, блок обработки несущей, формирователь управляющих импульсов и два синхронных демодулятора, при этом одна из клемм для подключения исследуемых колебательных систем соединена с первым выходом блока ударного возбуждения колебаний, а другая - с входом блока обработки несущей, первый и второй выходы которого соединены с информационными входами соответственно первого и второго синхронных демодуляторов, управляющие входы которых соединены соответственно с первым и вторым выходами формирователя управляющих импульсов, первый вход которого соединен с первым выходом блока обработки несущей, отличающееся тем, что, с целью повышения быстродействия измерений при исследовании низкочастотных

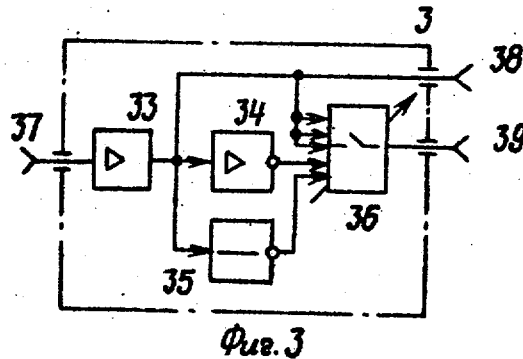
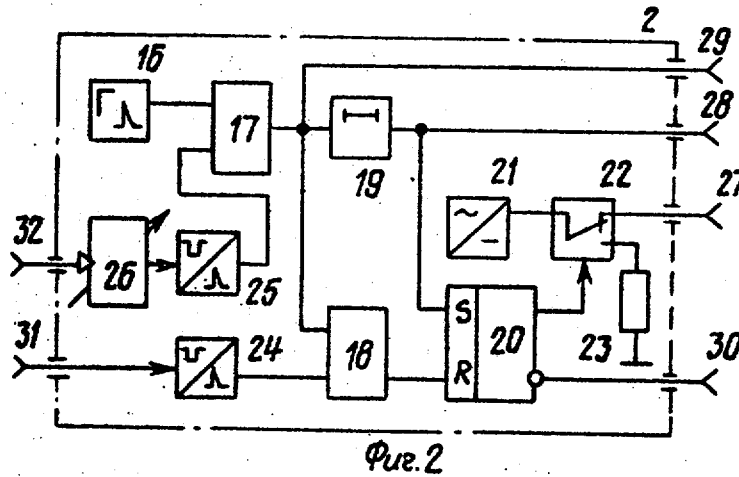
ных колебательных систем, в него введены делитель частоты с переменным коэффициентом деления, последовательно соединенные генератор опорной частоты и первый и второй делители частоты, разрядный блок, компаратор, переключатель, элемент И и электронно-счетный частотомер, причем второй и третий входы формирователя управляющих импульсов соединены соответственно с вторым и третьим выходами блока ударного возбуждения колебаний, третий выход которого соединен с установочными входами делителя частоты с переменным коэффициентом деления и электронно-счетного частотомера, а четвертый выход соединен с управляющим входом разрядного блока и одним из входов элемента И, выход которого соединен с информационным входом электронно-счетного частотомера, первый управляющий вход блока ударного возбуждения колебаний и счетный вход делителя частоты с переменным коэффициентом деления соединены соответственно с третьим и четвертым выходами формирователя управляющих импульсов, четвертый вход которого соединен с выходом делителя частоты с переменным коэффициентом деления, второй управляющий вход блока ударного возбуждения колебаний соединен с выходом компаратора и с вторым входом элемента И, третий вход которого соединен с выходом переключателя, первый вход которого соединен с выходом генератора опорной частоты и входом первого делителя частоты, второй вход соединен с выходом первого делителя частоты и входом второго делителя частоты, а остальные входы соединены с выходами компаратора соединены с выходами первого и второго синхронных демодуляторов, дополнительный выход первого синхронного демодулятора соединен с информационным входом разрядного блока, выход которого соединен с общей шиной и третьей клеммой для подключения исследуемых колебательных систем, при этом управляющие органы блока обработки несущей, формирователя управляющих импульсов, делителя частоты с переменным коэффициентом деления, переключателя и электронно-счетного частотомера сопряжены механически между собой.

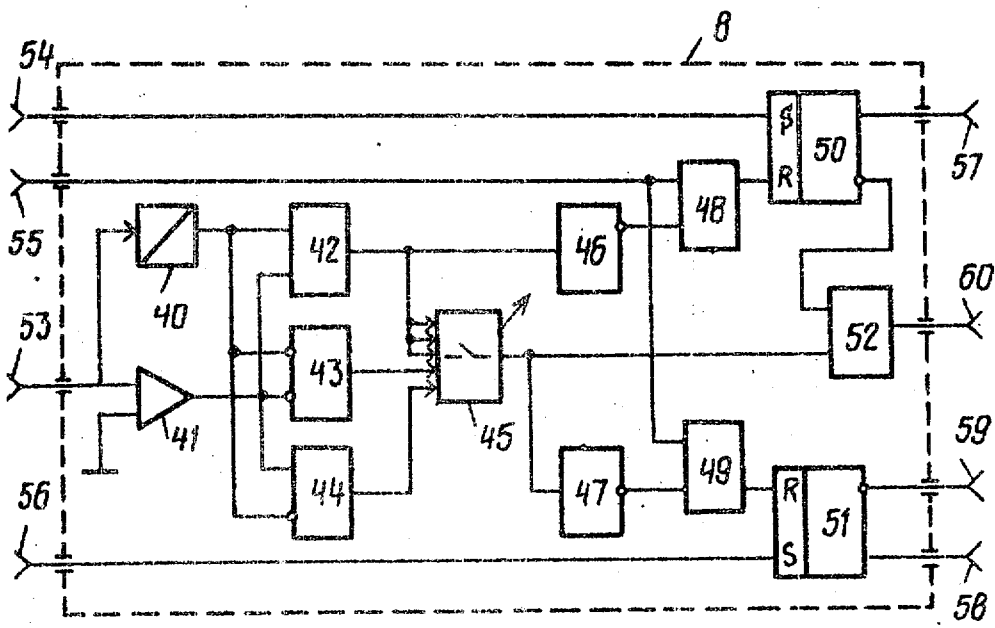
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок ударного возбуждения колебаний содержит генератор запускающих импульсов, цифровой элемент задержки, два дифференциатора импульсов, моностабильный элемент, два элемента ИЛИ, RS-триггер, источник тока, переключатель тока и эквивалент нагрузки, причем генератор запускающих импульсов через последовательно соединенные первый элемент ИЛИ и цифровой элемент задержки соединен с S-входом RS-триггера, R-вход которого соединен с выходом второго элемента ИЛИ, один из входов которого соединен с выходом первого дифференциатора импульсов, а другой - с выходом первого элемента ИЛИ, второй вход которого через второй дифференциатор импульсов соединен с выходом моностабильного элемента, прямой выход RS-триггера соединен с управляющим входом переключателя тока, информационный вход которого соединен с выходом источника тока, а один из выходов соединен с эквивалентом нагрузки, второй вывод которого соединен с общей шиной, при этом второй выход переключателя тока, выход цифрового элемента задержки, выход первого элемента ИЛИ и инверсный выход RS-триггера соединены соответственно с первым, вторым, третьим и четвертым выходами блока, а входы первого дифференциатора импульсов и моностабильного элемента соединены соответственно с первым и вторым управляющими входами блока.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что блок обработки несущей содержит элемент согласования, повторитель-инвертор, дифференциатор и переключатель, причем первый и второй входы переключателя соединены соответственно с инверсным выходом дифференциатора и выходом повторителя-инвертора, последующие входы переключателя совместно с входами повторителя-инвертора и дифференциатора соединены с выходом элемента согласования, при этом выход элемента согласования и выход переключателя соединены соответственно с первым и вторым выходами блока, а вход элемента согласования и управляющий орган переключателя соединены соответственно с входом и управляющим органом блока.

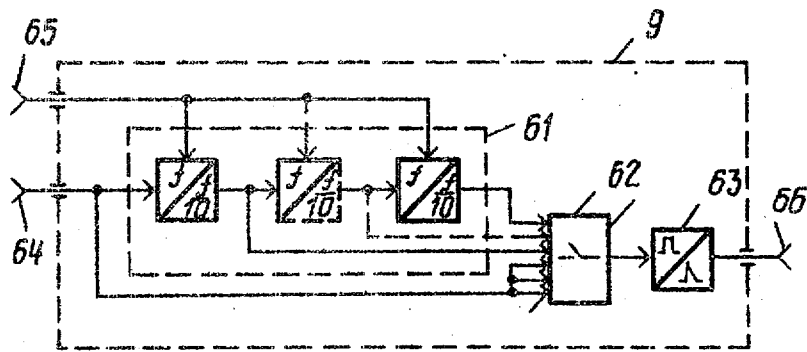
4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что формирователь управляющих импульсов содержит компаратор, один из входов которого соединен с общей шиной, двухполярный экстрематор, переключатель, два RS-триггера, два элемента И, элемент ИЛИ-НЕ, два элемента НЕ, два элемента ИЛИ и элемент ЗАПРЕТ, причем первые входы первого элемента И, элемента ИЛИ-НЕ совместно с инверсным входом элемента ЗАПРЕТ соединены с выходом двухполярного экстрематора, а вторые входы первого элемента И, элемента ИЛИ-НЕ и прямой вход элемента ЗАПРЕТ соединены с выходом компаратора, выход первого элемента И через последовательно соединенные первые элементы НЕ и ИЛИ соединен с R-входом первого RS-триггера, инверсный выход которого соединен с одним из входов второго элемента И, второй вход которого соединен с выходом переключателя, соединенным через последо-

вательно соединенные вторые элементы НЕ и ИЛИ с R-входом второго RS-триггера, первый и второй входы переключателя соединены с выходами соответственно элемента ЗАПРЕТ и элемента ИЛИ-НЕ, а последующие входы переключателя соединены с выходом первого элемента И, вход двухполярного экстрематора соединен с вторым входом компаратора, S-вход первого RS-триггера, объединенные вторые входы первого и второго элементов ИЛИ, S-вход второго RS-триггера и второй вход компаратора соединены соответственно с первым, вторым, третьим и четвертыми входами формирователя, а прямые выходы первого и второго RS-триггеров, инверсный выход второго RS-триггера и выход второго элемента И соединены соответственно с первым, вторым, третьим и четвертым выходами формирователя, кроме того, управляющий орган переключателя соединен с управляющим органом формирователя.





Фиг. 4



Фиг. 5

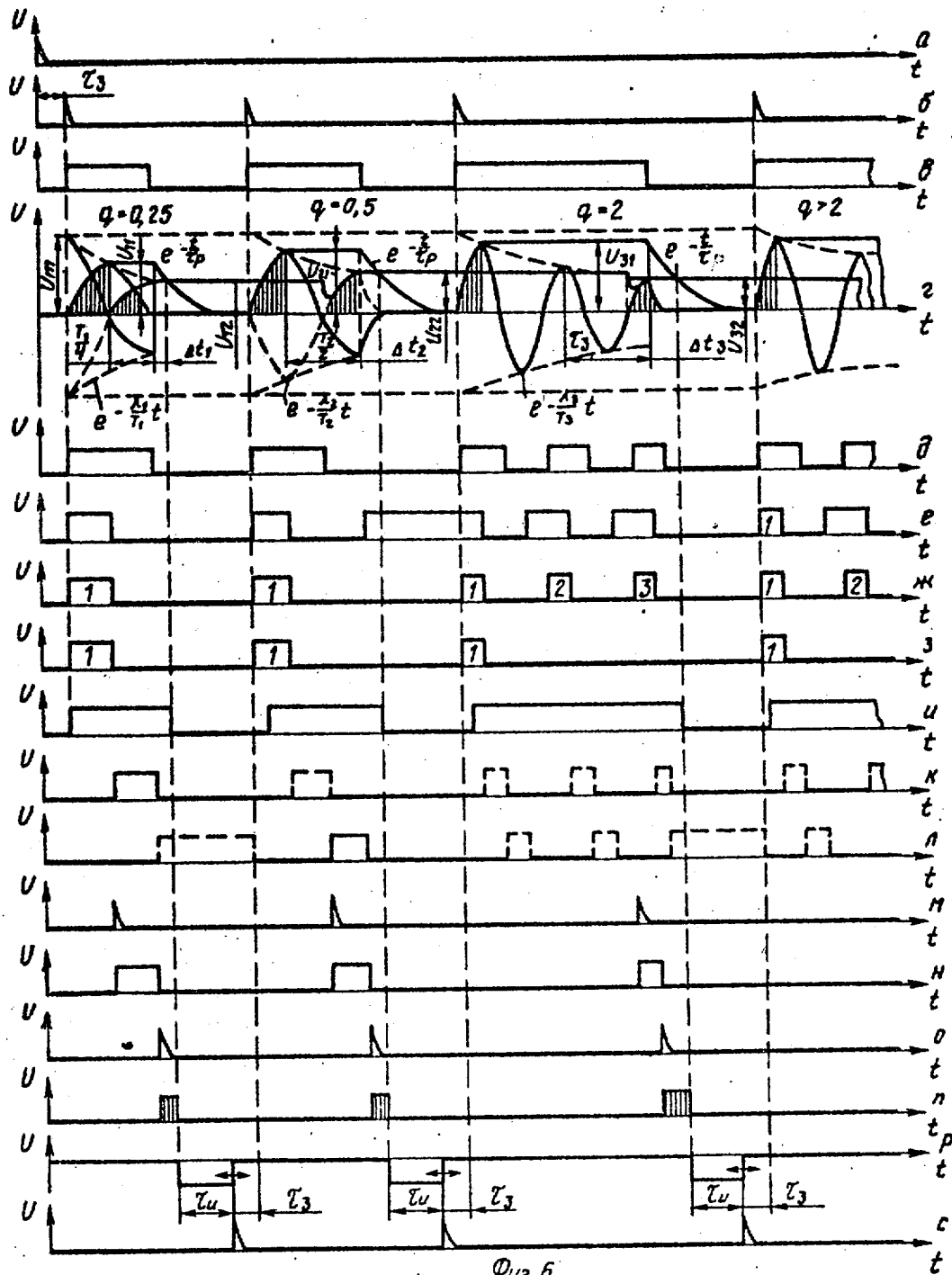


Рис. 6

Редактор С.Патрушева Составитель Кринов Техред И.Попович Корректор С.Черни

Заказ 2859/41 Тираж 730 Подписное

ВНИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4