



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

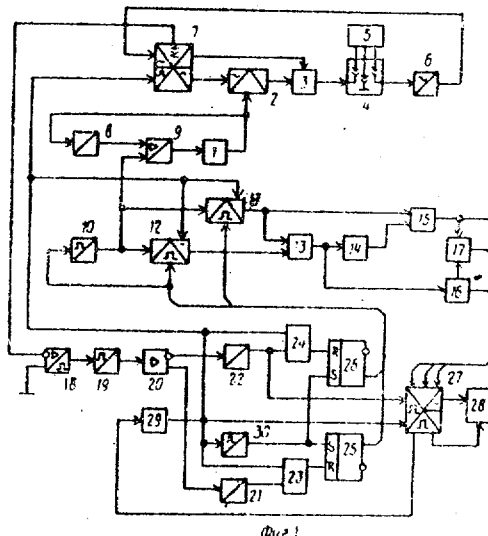
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4144169/24-21
(22) 10.11.86
(46) 23.09.90. Бюл. № 35
(71) Минский радиотехнический институт
(72) В.Л. Свирид
(53) 621.317.33 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР
№ 1265650, кл. G 01 R 27/26, 23.03.84.
Авторское свидетельство СССР
№ 1406525, кл. G 01 R 27/26, 1984.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНЫХ
КОНТУРОВ

(57) Изобретение относится к автоматизированному измерению параметров резонансных контуров. Целью изобретения является повышение быстродействия. Устройство содержит управляемый по частоте генератор 1, частотный модулятор 2, управляемый аттенюатор

3, клеммы 4 для подключения объекта измерения 5, амплитудный демодулятор 6, блок 7 формирования нормированной характеристики второй производной, преобразователь 8 частота - напряжение, сравнивающий блок 9, времяамплитудный преобразователь 10, синхронные демодуляторы 11, 12, вычитающий блок 13, аттенюатор 14, суммирующий блок 15, масштабный преобразователь 16, аналоговый делитель 17. При этом блоки 10-17 образуют подсистему обработки и преобразования измерительной информации. Устройство содержит также подсистему управления в составе: компаратор 18, импульсный дифференциатор 19, парафазный усилитель 20, ограничители 21 и 22, элементы ИЛИ 23 и 24, RS-триггеры 25 и 26, программно-управляющий блок 27, цифровой вольтметр 28, генератор 29 запускающих импульсов и дифференцирующий блок 30. 2 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к радио-измерительной технике, предназначено для автоматического и высокоточного измерения резонансной частоты, добротности и/или полосы пропускания резонансных контуров с повышенным быстродействием и может быть использовано для измерения емкости, индуктивности, тангенса угла потерь и других параметров различных электрических цепей и элементов, а также центральной частоты настройки и полосы пропускания на определенных уровнях различных радиотехнических устройств, имеющих форму амплитудно-частотных характеристик в виде резонансных кривых с одним максимумом.

Целью изобретения является повышение быстродействия без снижения точности.

На фиг.1 представлена структурная схема устройства для автоматического измерения параметров резонансных контуров; на фиг.2 - диаграммы, поясняющие принцип работы устройства.

Устройство (фиг.1) для автоматического измерения параметров резонансных контуров включает управляемый по частоте генератор 1, частотный модулятор 2, управляемый аттенюатор 3, клеммы 4 для подключения исследуемого резонансного контура 5, амплитудный демодулятор 6 и блок 7 формирования нормированной характеристики второй производной, который представляют собой подсистему формирования измерительной информации. Преобразователь 8 частота - напряжение и сравнивающий блок 9 предназначены для осуществления операции линеаризации проходной характеристики управляемого по частоте генератора 1 с целью обеспечения перехода к обработке и преобразованию получаемой измерительной информации на постоянном токе и достижения ускоренного получения достоверной информации об искомых параметрах резонансных контуров.

Времяамплитудный преобразователь 10, первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы, вычитающий блок 13, аттенюатор 14, суммирующий блок 15, масштабный преобразователь 16 и аналоговый делитель 17 образуют подсистему обработки и преобразования измерительной информации.

Формирование управляющих сигналов производится с помощью подсистемы управления, в состав которой входят компаратор 18, импульсный дифференциатор 19, парафазный усилитель 20, первый 21 и второй 22 ограничители импульсов снизу, первый 23 и второй 24 элементы ИЛИ, а также первый 25 и второй 26 RS-триггеры.

Программно-управляющий блок 27 позволяет по наперед заданной программе автоматически распределить последовательно во времени измерительную информацию, осуществить индикацию регистрируемых параметров и выработать сигналы для автоматического или ручного управления измерительным устройством в целом.

Измерение и индикация искомых параметров обеспечиваются цифровым вольтметром 28, а синхронизация работы всех функциональных блоков и подсистем измерительного устройства осуществляется генератором 29 запускающих импульсов и дифференцирующим блоком 30.

При этом управляемый по частоте генератор 1, частотный модулятор 2, управляемый аттенюатор 3 и одна из клемм 4 для подключения исследуемого резонансного контура 5 соединены последовательно. Вторая клемма соединена с общей шиной устройства, а третья клемма посредством амплитудного демодулятора 6 соединена с входом блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, первый выход которого соединен с одним из входов компаратора 18. Второй вход компаратора 18 соединен с общей шиной измерительного устройства.

Вход генератора 29 запускающих импульсов соединен с третьим выходом программно-управляющего блока 27, а выход соединен с первыми входами первого 23 и второго 27 элементов ИЛИ и с установочными входами первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов, программно-управляющего блока 27 и блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, второй вход которого соединен с модуляционным входом частотного модулятора 2.

Информационные входы первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов совместно с одним из входов

сравнивающего блока 9 соединены с выходом времяамплитудного преобразователя 10, а их управляющие входы соединены с прямыми выходами соответственно первого 25 и второго 26 RS-триггеров, S-входы которых соединены через дифференцирующий блок 30 с выходом генератора 29 запускающих импульсов. R-входы первого 25 и второго 26 RS-триггеров соединены с выходами соответственно первого 23 и второго 24 элементов ИЛИ, вторые входы которых раздельно через первый 21 и второй 22 ограничители импульсов подключены соответственно к прямому и инверсному выходам парафазного усилителя 20, вход которого через импульсный дифференциатор 19 соединен с выходом компаратора 18.

Выходы первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов соединены с соответствующими входами вычитающего блока 13, выход которого через аттенюатор 14 соединен с одним из входов суммирующего блока 15 и непосредственно соединен с входом масштабного преобразователя 16, первый выход которого соединен с делительным входом аналогового делителя 17. Множительный вход аналогового делителя 17 соединен с выходом суммирующего блока 15, второй вход которого соединен с выходом первого синхронного демодулятора 11.

Второй вход сравнивающего блока 9 через преобразователь 8 частота - напряжение соединен с выходом управляемого по частоте генератора 1, вход которого соединен с выходом сравнивающего блока 9. Вход времяамплитудного преобразователя 10 соединен с прямым выходом второго RS-триггера 26, а управляющий вход управляемого аттенюатора 3 соединен с третьим выходом блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной.

Информационный и установочный входы цифрового вольтметра 28 соединены соответственно с первым и вторым выходами программно-управляющего блока 27, управляющий вход которого соединен с выходом второго ограничителя 22 импульсов, а первый, второй и третий информационные входы соединены соответственно с выходом суммирующего блока 15, вторым выходом масштабного

преобразователя 16 и выходом аналогового делителя 17.

Устройство для автоматического измерения параметров резонансных контуров работает следующим образом.

Все подсистемы и функциональные блоки измерительного устройства (фиг.1) с помощью генератора 29 запускающих импульсов приводятся в исходное состояние при подключенном к клеммам 4 исследуемому резонансному контуре 5, представляемому в виде четырехполюсника, вход которого соединяется с первой клеммой, общая шина - с второй клеммой, а выход - с третьей клеммой. Запускающий импульс (фиг.2а) генератора 29, поступающий через первый 23 и второй 24 элементы ИЛИ на R-входы первого 25 и второго 26 RS-триггеров, своим передним фронтом устанавливает последние в исходные состояния с образованием нулевых потенциалов на их прямых выходах, что переводит в режим хранения информации первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы. Этот импульс, поступая непосредственно на установочный вход программно-управляющего блока 27, своим передним фронтом устанавливает последний в исходное состояние, возобновляется на втором выходе данного блока и передается на установочный вход цифрового вольтметра 28, приводя его также в исходное состояние.

Одновременно запускающий импульс (фиг.2а), воздействуя на протяжении своей длительности на установочные входы блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов, переводит данные функциональные блоки в режим разряда собственных емкостных элементов памяти, независимо от наличия в них информации (как правило, в первоначальный момент времени она отсутствует). Из-за того, что в данный момент времени на прямом выходе второго RS-триггера 26 потенциал отсутствует, времяамплитудный преобразователь 10 также находится в режиме саморазряда.

В результате разряда емкостных элементов памяти блок 7 формирования нормированной характеристики второй производной приобретает максимальный коэффициент передачи, а времяамплитуд-

ный преобразователь 10, первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы - нулевой уровень выходных напряжений. Образованное при этом напряжение на третьем выходе блока 7 воздействует на управляющий вход и переводит управляемый аттенюатор 3 в режим максимального коэффициента передачи.

Нулевой потенциал, получаемый на выходе времязадающего преобразователя 10, сравнивается с выходным напряжением преобразователя 8 частота-напряжение в сравнивающем блоке 9. Разностное напряжение, образуемое на выходе данного блока, воздействует на управляемый по частоте генератор 1 и смещает его частоту в область нижней границы частотного диапазона работы измерительного устройства, которая определяется схемотехническими решениями генератора 1.

Напряжение несущей управляемого по частоте генератора 1, взаимодействуя в частотном модуляторе 2 с синусоидальным напряжением, поступающим на модуляционный вход с второго выхода блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, приобретает частотную модуляцию с малой девиацией и воздействует на управляемый аттенюатор 3, который, реализуя максимальный коэффициент передачи из-за того, что на его управляющем входе действует соответствующее напряжение с третьего выхода блока 7, передает этот сигнал посредством клемм 4 на вход исследуемого резонансного контура 5 и таким образом подготавливает к работе подсистему формирования измерительной информации.

Исследуемый резонансный контур 5, обладая собственной резонансной частотой, как правило, отличной от исходной частоты несущей управляемого по частоте генератора 1, не пропускает частотно-модулированный испытательный сигнал на свой выход и, следовательно, не образует полезных сигналов на выходе амплитудного демодулятора 6. В результате на информационном входе блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной сигнал отсутствует и это способствует сохранению максимальных коэффициентов передачи как блока 7, так и управляемого аттенюатора 3 в течение некоторого интервала време-

ни, даже и после окончания действия запускающего импульса (фиг.2а).

Операции нормирования амплитудно-частотной характеристики и характеристики второй производной в устройстве осуществляются одновременно за минимально возможный интервал времени, заключенный между началом работы устройства и моментом появления первой экстремальной точки на характеристике второй производной (до наступления момента первого перехода через нуль данной характеристики). Это достигается за счет реализации регулирующего блока в подсистеме нормирования блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной в виде последовательного соединения двух идентичных регулирующих блоков с угловыми коэффициентами характеристик управления, равными угловому коэффициенту аналогичной характеристики управляемого аттенюатора 3. При этом операции нормирования напрямую подвергается лишь характеристика второй производной путем обеспечения сквозного коэффициента передачи всей подсистемы формирования измерительной информации, независимого от величины добротности исследуемого резонансного контура 5. Операция же нормирования амплитудно-частотной характеристики в данном случае осуществляется косвенно, так как распределение коэффициентов передачи между всеми блоками, участвующими в регулировании сквозного коэффициента передачи подсистемы формирования измерительной информации, происходит равномерно.

По окончании переходных процессов в рассматриваемых подсистемах и функциональных блоках и истечении длительности запускающего импульса (фиг.2а) блок 7 формирования нормированной характеристики второй производной, первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы, возвращаясь в исходное состояние, разрывают соответствующие цепи разрядов емкостных элементов памяти и подготавливаются к приему информации. Одновременно с этим в момент окончания действия запускающего импульса (фиг.2а) на выходе дифференцирующего блока 30 формируется остроконечный импульс (фиг.2б), который приводит в действие подсистему управления и другие

функциональные блоки измерительного устройства.

Полученный импульс (фиг.2б), воздействуя на S-входы, опрокидывает первый 25 и второй 26 RS-триггеры с образованием на их прямых выходах единичных потенциалов (фиг.2в,г соответственно). Появление данных сигналов, с одной стороны, открывает для приема информации первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы и тем самым подготавливает к работе подсистему обработки и преобразования измерительной информации, а с другой стороны, начинает преобразование импульсного сигнала (фиг.2г) с прямого выхода второго RS-триггера 26 во времяамплитудном преобразователе 10, на выходе которого возникает линейно нарастающее напряжение (фиг.2д). Это напряжение воздействует на информационные входы первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов и поступает на один из входов сравнивающего блока 9, где непрерывно сравниваясь с напряжением преобразователя 8 частота-напряжение, образует корректирующее напряжение, которое воздействует на вход управляемого по частоте генератора 1 и вызывает изменение его частоты до тех пор, пока выходные напряжения преобразователей 8 и 10 не станут равными.

Для реализации операции линейризации проходной характеристики управляемого по частоте генератора 1 в динамическом режиме его работы необходимо выполнить соответствующие начальные условия, которые сводятся к выбору достаточно большого коэффициента передачи в петле отрицательной обратной связи системы регулирования (достигается в основном за счет использования в качестве сравнивающего блока одного из стандартных операционных усилителей с коэффициентом передачи в несколько десятков или сотен тысяч раз),

После выполнения данных начальных условий операция линейризации осуществляется в непрерывном динамическом режиме и всякое отклонение, в том числе и вызванное изменением температуры окружающей среды, реальных характеристик генератора 1 от идеализированной прямой, форми-

руемой во временной области под влиянием линейно нарастающего напряжения (фиг.2д) времяамплитудного преобразователя 10, сопровождается, как описано, образованием по цепи отрицательной обратной связи такого корректирующего напряжения на выходе сравнивающего блока 9, пропорционального разности напряжений между мгновенными значениями линейно нарастающего напряжения и напряжений, преобразованных с помощью преобразователя 8 реальных характеристик генератора, которое необходимо для получения линейризованных и термостабилизированных проходных характеристик управляемого по частоте генератора 1.

По мере возрастания линейно нарастающего напряжения (фиг.2д), а следовательно, и увеличения частоты несущей управляемого по частоте генератора 1, а также образования частотно-модулированного испытательного сигнала в частотном модуляторе 2 и беспрепятственной его передачи через управляющий аттенюатор 3 на вход исследуемого резонансного контура 5, подключенного к клеммам 4, приступает к работе подсистема формирования измерительной информации. При приближении частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала к полосе пропускания исследуемого резонансного контура на его выходе появляется сложный, изменяющийся по времени по амплитуде в соответствии с формой амплитудно-частотной характеристики частотно-модулированный сигнал. Этот сигнал, взаимодействуя в амплитудном демодуляторе 6, образует на его выходе ряд гармонических составляющих модулирующего сигнала, в том числе и вторую, пропорциональную второй производной от амплитудно-частотной характеристики, которые беспрепятственно передаются на вход блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной.

Блок 7 формирования нормированной характеристики второй производной, осуществляя синхронную фазочувствительную селекцию только второй гармонической составляющей, образует синусоидальный сигнал в виде отфильтрованной копии второй гармоники с сохранением ее фазовых соотношений,

который затем, подвергаясь операции фазочувствительной модуляции, превращается в постоянное напряжение, пропорциональное второй производной от амплитудно-частотной характеристики. Получаемое постоянное напряжение приводит в действие блок 7 по выполнению операции нормирования характеристики второй производной, при этом коэффициенты передачи, управляемого аттенюатора 3 и блока 7 изменяются таким образом, чтобы в установленном режиме максимальный уровень сигнала, пропорциональный характеристике второй производной, устанавливался независимо от величины измеряемой добротности исследуемого резонансного контура 5 вблизи значения опорного напряжения U_0 (фиг.2д), задаваемого внутри блока 7.

В результате выполнения операции нормирования образуемый на первом выходе блока 7 сигнал может совершать колебательный процесс (фиг.2д) вблизи уровня опорного напряжения U_0 , который, не выходя за границу допуска, заканчивается не позднее момента времени t' , когда характеристика второй производной достигает первой экстремальной точки (максимума). С этого момента времени блок 7 и, следовательно, управляемый аттенюатор 3 переходят в режим фиксированного коэффициента передачи и в дальнейшем характеристика второй производной приобретает нормированный вид (полный вид нормированной характеристики второй производной показан на фиг.2е сначала штриховой линией, а спустя время t' - сплошной линией, составляющей продолжение кривой переходного процесса нормирования).

Образуемый на первом выходе блока 7 сигнал (фиг.2е), пропорциональный нормированной характеристике второй производной, поступает на инверсный вход компаратора 18. В момент времени t_1 (фиг.2е), соответствующий переходу через нуль нормированной характеристики второй производной, этот компаратор срабатывает, активизируя работу подсистемы управления и формируя на своем выходе перепад напряжения положительной полярности, который в последствии превращается в прямоугольный импульс (фиг.2ж) с длительностью, равной времени пребывания

второй производной ниже нулевого уровня (второй вход компаратора 18 соединен с общей шиной устройства).

Полученный перепад напряжения на выходе компаратора 18, подвергаясь операции дифференцирования в импульсном дифференциаторе 19, усиления в парафазном усилителе 20, ограничения снизу в первом 21 и втором 22 ограничителях импульсов, появляется в виде остроконечного импульса (фиг.2з) лишь на выходе первого ограничителя 21. Этот импульс, поступая через первый элемент ИЛИ 23 на R-вход, возвращает в исходное состояние первый RS-триггер 25 с образованием на его прямом выходе нулевого потенциала (фиг.2в), переводящего первый синхронный демодулятор 11 в режим хранения информации. К данному моменту времени t_1 (фиг.2е) в первом синхронном демодуляторе 11, точно так же как и во втором синхронном демодуляторе 12, накопилась информация в виде напряжения U_1 (фиг.2д), которая все это время поступала на их информационные входы с выхода времязадающего преобразователя 10.

Выходное напряжение (фиг.2д) времязадающего преобразователя 10, продолжая нарастать, активизирует работу подсистемы обработки и преобразования измерительной информации и вызывает увеличение напряжения на выходе второго синхронного демодулятора 12 и образование разностного напряжения на выходе вычитающего блока 13. Данное разностное напряжение, с одной стороны, поступает на аттенюатор 14 и подвергается в нем ослаблению в два раза с последующим суммированием в суммирующем блоке 15 с напряжением U_1 (фиг.2д), хранящимся в первом синхронном демодуляторе 11, а с другой стороны, воздействует на масштабный преобразователь 16 и, подвергаясь в нем операции масштабного преобразования, передается на его первый выход с масштабным коэффициентом, равным $\sqrt{2}$, а на второй выход - с масштабным коэффициентом, определяющимся в соответствии с формулой

$$M \gamma = \sqrt{2 \left(-\frac{1}{\gamma^2} - 1 \right)} \quad (1)$$

для выбранного уровня γ отсчета полосы пропускания. Получаемые сигналы на выходе суммирующего блока 15 и

первом выходе масштабного преобразователя 16, взаимодействуя в аналоговом делителе 17, образуют напряжение, пропорциональное отношению уровней данных сигналов. Напряжения с выхода суммирующего блока 15 и аналогового делителя 17, а также с второго выхода масштабного преобразователя 16 воздействуют на соответствующие информационные входы программно-управляющего блока 27.

Описанный процесс в подсистеме обработки и преобразования измерительной информации будет продолжаться до тех пор, пока напряжение (фиг.2е) на первом выходе блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной не преодолеет вторую экстремальную точку (минимума) и не достигнет второй точки перехода через нуль нормированной характеристики второй производной. При вторичном переходе через нуль нормированной характеристики второй производной в момент времени t_2 (фиг.2е) компаратора 18, возвращаясь в исходное состояние, заканчивает формирование импульса (фиг.2ж) на своем выходе. Отрицательный перепад этого импульса, подвергаясь описанной обработке в подсистеме управления с дифференцированием в импульсном дифференциаторе 19 и инвертированием в парафазном усилителе 20, появляется на выходе второго ограничителя 22 импульсов в виде остроконечного импульса (фиг.2и). Этот импульс, поступающий непосредственно на управляющий вход программно-управляющего блока 27 и через второй элемент ИЛИ 24 на R-вход второго RS-триггера 26, запускает в работу программно-управляемый блок 27 и возвращает в исходное состояние RS-триггер 26 с образованием на его прямом выходе нулевого потенциала (фиг.2г), вызывающего перевод второго синхронного демодулятора 12 в режим хранения накопленной информации, а времяамплитудного преобразователя 10 - в режим саморазряда собственного накопительного элемента.

К моменту времени t_2 (фиг.2е) во втором синхронном демодуляторе 12 накопилась информация в виде напряжения U_2 (фиг.2д), в точности соответствующего второй координате перехода через нуль характеристики второй производной. Это напряжение совместно с на-

пряжением U_1 , хранимым в первом синхронном демодуляторе 11 и в точности соответствующим первой координате перехода через нуль характеристики второй производной, в результате описанного преобразования в подсистеме обработки и преобразования измерительной информации в соответствии с математическими соотношениями

$$\Pi_{\gamma} = M_{\gamma}(f_2 - f_1) = \frac{M_{\gamma}(U_2 - U_1)}{K_0}, \quad (2)$$

где K_0 - коэффициент преобразования частоты в напряжение преобразователя 8 частота-напряжение, В/Гц;

$(f_2 - f_1)$ - полоса пропускания измеряемого контура;

при этом резонансная частота измеряемого контура

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2} = f_1 + \frac{f_2 - f_1}{2} = \frac{U_1 + \frac{U_2 - U_1}{2}}{K_0}, \quad (3)$$

а искомая добротность измеряемого контура определяется при $M_{\gamma} = \sqrt{2}$

как $Q = \frac{f_0}{\Pi_{0,707}} = \frac{f_1 + f_2}{2\sqrt{2}(f_2 - f_1)}$

$$= \frac{U_1 + \frac{U_2 - U_1}{2}}{\sqrt{2}(U_2 - U_1)}, \quad (4)$$

создает на выходах суммирующего блока и аналогового делителя 17 достоверную информацию об искомых параметрах исследуемого резонансного контура: резонансной частоте f_0 и добротности Q , а на втором выходе масштабного преобразователя 16 - достоверную информацию об искомой полосе пропускания на определенном уровне Π_{γ} .

Полученная информация с помощью программно-управляющего блока 27 в соответствии с выбранной заранее программой его работы [2] перераспределяется последовательно во времени и с его первого выхода передается на информационный вход цифрового вольтметра 28 для измерения и индикации. При этом в программно-управляющем блоке 27 в момент поступления

ния на его управляющий вход первого короткого импульса (фиг.2и) с выхода второго ограничителя 22 импульсов формируется импульс (фиг.2к), определяющий общее время индикации $t_{и}$ (фиг.2б) искомым параметром, а также импульсы (фиг.2л), определяющие время индикации одного параметра, и короткие импульсы (фиг.2м) управления цифровым вольтметром 28. При поступлении первого короткого импульса (фиг.2м) с второго выхода программно-управляемого блока 27 на установочный вход цифрового вольтметра 28 последний вторично сбрасывает свои нулевые показания и, спустя некоторый интервал времени, определяющийся собственной схемотехникой, производит измерения поступающей на его информационный вход информации с последующей индикацией измеренной величины до тех пор, пока не образуется следующий управляющий импульс.

Одновременно с процессами, протекающими в программно-управляющем блоке 27 и в цифровом вольтметре 28, в момент времени t_2 (фиг.2е), когда времяамплитудный преобразователь 10 переходит в режим саморазряда собственного накопительного элемента, напряжение на его выходе начинает убывать по экспоненте (фиг.2д), что приводит к автоматическому снижению частоты несущей управляемого по частоте генератора 1 и, следовательно, уменьшению напряжения на первом выходе блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, которое только что достигло нулевого уровня. В результате происходящих процессов отрицательный перепад напряжения (фиг.2ж), едва появившийся на выходе компаратора 18, превращается в положительный, образуя в общем импульсе "просечку" весьма малой длительности (по сравнению с интервалом времени t_2-t_1 , нахождения нормированной характеристики второй производной ниже нулевого уровня), которая определяется временем распространения информации в рассматриваемых функциональных блоках.

Получаемый положительный перепад напряжения после обработки в импульсном дифференциаторе 19 и парафазном усилителе 20 проявляется на выходах первого ограничителя 21 импульсов и первого элемента ИЛИ 23 в виде вто-

рого остроконечного импульса (фиг.2з), однако его действие не оказывает влияния на состояние первого RS-триггера 25 и не нарушает работу подсистемы управления в целом.

Дальнейшее уменьшение частоты управляемого по частоте генератора 1 в соответствии с убывающим по экспоненте к нулю напряжением (фиг.2д) времяамплитудного преобразователя 10 сопровождается изменением сигнала на первом выходе блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной, форма которого (фиг.2е) с точностью до масштабного коэффициента, учитывающего скорость перестройки частоты несущей частотно-модулированного испытательного сигнала, представляет собой зеркальное отображение полученной ранее характеристики второй производной.

В момент времени t_3 (фиг.2е), когда нормированная характеристика второй производной в третий раз переходит через нуль, на выходе компаратора 18 снова образуется отрицательный перепад напряжения, заканчивающий в целом формирование импульса положительной полярности, который после обработки в импульсном дифференциаторе 19 и парафазном усилителе 20 появляется уже на выходах второго ограничителя 22 импульсов и второго элемента ИЛИ 24 в виде второго остроконечного импульса (фиг.2и), однако его действие не сказывается на состоянии как программно-управляющего блока 27, так и второго RS-триггера 26 и подсистемы управления в целом.

При приближении второй производной (фиг.2е) к своему экстремальному значению на участке характеристики выше нулевого значения (точка максимума) возможно срабатывание подсистемы нормирования блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной и осуществление описанной операции подстройки коэффициентов передачи блока 7 и управляемого аттенюатора 3, однако этот процесс не имеет никакого значения, так как происходит за пределами рабочего интервала времени, когда подсистема формирования измерительной информации по существу возвращается в исходное состояние. По истечении определенного интервала времени, когда выходное напряжение времяамплитудного

преобразователя 10 и напряжение на первом выходе блока 7 приблизится к нулевому значению, частота несущей управляемого по частоте генератора 1 возвратится в область нижней границы частотного диапазона работы измерительного устройства, а коэффициенты передачи блока 7 и управляемого аттенюатора 3 начнут постепенно увеличиваться по мере того, как будет происходить собственный разряд (в ожидании принудительного) элемента памяти подсистемы нормирования и изменение напряжений на третьем выходе блока 7 формирования нормированной характеристики второй производной (на диаграммах, представленных на фиг.2, этот процесс не отражен).

Процессы, протекающие в программно-управляющем блоке 27, в дальнейшем сводятся к следующему. По истечении первого полупериода (фиг.2л), определяющего время индикации одного параметра, например резонансной частоты f_0 , на первом выходе программно-управляющего блока 27 в соответствии с предусмотренной программой появляется информация о другом искомом параметре, например добротности Q или полосе пропускания $\Delta \gamma$, а на втором выходе - второй остроконечный импульс (фиг.2м), который, воздействуя на установочный вход, снова приводит в действие цифровой вольтметр 28 по выполнению операции сброса предыдущих показаний и измерения подведенной информации с последующей ее индикацией.

Учитывая те обстоятельства, что первый 11 и второй 12 синхронные демодуляторы не в состоянии сколько угодно долго хранить измерительную информацию, программно-управляющий блок 27 в предлагаемом устройстве целесообразно использовать преимущественно в автоматическом режиме работы, в отличие от такого режима его работы в устройстве [2], при котором допускалось многократное представление информации о двух последовательно регистрируемых параметрах без потери ее достоверности и без повторного запуска в работу измерительного устройства в целом. В предлагаемом устройстве возможно многократное представление измерительной информации без повторного запуска устройства в целом, однако ее достоверность

будет снижаться по мере увеличения числа повторений и степень снижения этой достоверности может служить мерой для оценки качества исполнения первого 11 и второго 12 синхронных демодуляторов, определяющих одну из основных составляющих результирующей погрешности измерений искоемых параметров.

В связи с этим по истечении времени индикации $\tau_{\text{и}}$ (фиг.2б) двух измеряемых параметров в момент начала формирования второго положительного перепада (фиг.2л) на третьем выходе программно-управляющего блока 27 появляется короткий импульс (фиг.2н), который запускает в работу генератор 29 запускающих импульсов. Последний, формируя на своем выходе очередной (второй) прямоугольный импульс (фиг.2а), возвращает в исходное (нулевое) состояние все функциональные блоки и подсистемы измерительного устройства в целом и программно-управляющий блок в частности.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

30 Устройство для автоматического измерения параметров резонансных контуров, содержащее времяамплитудный преобразователь, программно-управляющий и сравнивающий блоки, два элемента ИЛИ, первый RS-триггер, два синхронных демодулятора и последовательно соединенные управляемый по частоте генератор, частотный модулятор, управляемый аттенюатор, клеммы для подключения исследуемого резонансного контура, амплитудный демодулятор, блок формирования нормированной характеристики второй производной и компаратор, один вход которого соединен с общей шиной устройства, а также генератор запускающих импульсов, вход которого подключен к третьему выходу программно-управляющего блока, а выход соединен с первыми входами первого и второго элементов ИЛИ и с установочными входами первого и второго синхронных демодуляторов, программно-управляющего блока и блока формирования нормированной характеристики второй производной, второй выход которого соединен с модуляционным входом частотного модулятора, отличающееся тем, что, с целью повышения

ния быстродействия измерений без снижения их точности, в него введены преобразователь частота-напряжение, дифференцирующий, суммирующий и вычитающий блоки, аттенюатор, аналоговый делитель, масштабный преобразователь, второй RS-триггер, импульсный дифференциатор, парафазный усилитель, первый и второй ограничители импульсов и цифровой вольтметр, при этом информационные входы первого и второго синхронных демодуляторов совместно с одним из входов сравнивающего блока подключены к выходу времяамплитудного преобразователя, а их управляющие входы соединены с прямыми выходами соответственно первого и второго RS-триггеров, S-входы которых подключены через дифференцирующий блок к выходу генератора запускающих импульсов, R-входы первого и второго RS-триггеров подключены к выходам соответственно первого и второго элементов ИЛИ, вторые входы которых соответственно через первый и второй ограничители импульсов подключены к прямому и инверсному выходам парафазного усилителя, вход которого через импульсный дифференциатор соединен с выходом компаратора, выходы первого и второго синхронных демодуляторов соответственно соединены с первым и вторым входами вычитающего блока, выход которого через

аттенюатор соединен с одним из выходов суммирующего блока и непосредственно соединен с входом масштабного преобразователя, первый выход которого соединен с делительным входом аналогового делителя, множительный вход аналогового делителя подключен к выходу суммирующего блока, второй вход которого подключен к выходу первого синхронного демодулятора, второй вход сравнивающего блока с помощью преобразователя частота-напряжение подключен к выходу управляемого по частоте генератора, вход которого соединен с выходом сравнивающего блока, вход времяамплитудного преобразователя подключен к прямому выходу второго RS-триггера, а управляющий вход управляемого аттенюатора подключен к третьему выходу блока формирования нормированной характеристики второй производной, информационный и установочный входы цифрового вольтметра подключены соответственно к первому и второму выходам программно-управляющего блока, управляющий вход которого соединен с выходом второго ограничителя импульсов, а первый, второй и третий информационные входы подключены соответственно к выходу суммирующего блока, второму выходу масштабного преобразователя и выходу аналогового делителя.

