

Изобретение относится к области радиоизмерений и может быть использовано для измерения добротности объемных резонаторов в СВЧ диапазоне, а также высокодобротных колебательных систем в радиочастотном диапазоне.

Измеритель добротности резонаторов выбранный в качестве прототипа, содержит блок измерения отношения частот, входы которого соединены с первым и вторым входом амплитудного модулятора, выход которого является первой клеммой для подключения исследуемого резонатора, первый амплитудный детектор, вход которого является второй клеммой для подключения исследуемого резонатора, блок выделения первой производной, выход которого соединен последовательно с первым нуль-органом, первым запоминающим блоком, генератором высокой частоты, выход которого соединен с первым входом амплитудного модулятора, второй амплитудный детектор, вход которого соединен с выходом первого амплитудного детектора, а выход - со входами блока выделения первой производной и блока выделения второй производной, выход которого соединен последовательно со вторым нуль-органом, вторым запоминающим блоком, генератором низкой частоты, выход которого соединен со вторым входом амплитудного модулятора, блок управления, первый и второй выходы которого соединены соответственно с управляющими входами блока выделения первой производной и блока выделения второй производной, а третий выход - с управляющими входами первого и второго запоминающего блоков, при этом блок выделения второй производной выполнен в виде соединенных последовательно третьего запоминающего блока, делителя напряжений и первого входа компаратора, причем вход блока выделения второй производной соединен со входами третьего запоминающего блока и вторым входом компаратора; выход компаратора является выходом, а управляющий вход третьего запоминающего блока является управляющим входом блока выделения второй производной.

Недостатком прототипа является наличие составляющей погрешности измерения добротности из-за неравномерности амплитудно-частотной характеристики амплитудного модулятора (зависимость коэффициента модуляции от модулирующей частоты) и его временной нестабильности (зависимость коэффициента модуляции от времени).

В прототипе при определении полосы пропускания на компараторе сравниваются два напряжения: напряжение с выхода третьего запоминающего блока, равное напряжению с выхода второго амплитудного детектора при наименьшей частоте модуляции и напряжение с выхода второго амплитудного детектора при частоте модуляции, равной половине полосы пропускания исследуемого резонатора. Закон изменения напряжения на втором входе компаратора будет описывать АЧХ исследуемого резонатора с некоторой погрешностью, связанной с неравномерностью АЧХ амплитудного модулятора, неравномерностью выходного напряжения генератора низкой частоты при его настройке, нестабильностью коэффициента

модуляции во времени.

Заявляемое изобретение направлено на повышение точности измерения добротности.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в измеритель, содержащий амплитудный модулятор, первый и второй входы которого соединены с блоком отношения частот, выход которого является первым разъемом для подключения исследуемого резонатора, первый амплитудный детектор, вход которого является вторым разъемом для подключения исследуемого резонатора, блок выделения первой производной, выход которого соединен последовательно с первым нуль-органом, первым запоминающим устройством, генератором высокой частоты, выход которого соединен с первым входом амплитудного модулятора, второй амплитудный детектор, вход которого соединен с выходом первого амплитудного детектора, а выход с входом блока выделения первой производной, компаратор, первый вход которого подключен к выходу делителя напряжения, выход компаратора соединен последовательно с вторым нуль-органом, вторым запоминающим блоком, генератором низкой частоты, выход которого соединен с вторым входом амплитудного модулятора, блок управления, третий выход которого соединен с управляющими входами первого и второго запоминающих блоков, введены последовательно включенные третий и четвертый амплитудные детекторы, первый и второй блоки деления напряжений, при этом выходы первого и второго амплитудных детекторов соединены с первыми и вторыми входами первого блока деления напряжений соответственно, выход которого соединен со вторым входом компаратора, выходы третьего и четвертого амплитудных детекторов соединены с первым и вторым входами второго блока деления напряжений соответственно, выход которого соединен со вторым входом делителя напряжения, вход третьего амплитудного детектора соединен с первым разъемом для подключения исследуемого резонатора, первый и второй выходы блока управления соединены с управляющими входами первого и второго нуль-органов соответственно.

Заявляемый измеритель добротности резонаторов исключает влияние частотной и временной нестабильности коэффициента модуляции при определении полосы пропускания и погрешность измерения, связанную с этим фактором, за счет применения двух амплитудных детекторов и блока деления напряжений, подключенного к амплитудным детекторам, включенным после исследуемого резонатора.

На чертеже (фиг.) представлена структурная схема измерителя добротности резонаторов.

Измеритель добротности резонаторов содержит генератор 1 высокой частоты, генератор 2 низкой частоты, блок 3 отношения частот, первый запоминающий блок 4, второй запоминающий блок 5, первый нуль-орган 6, второй нуль-орган 7, блок 8 выделения первой производной, блок 9 управления, первый амплитудный детектор 10, исследуемый резонатор 11, амплитудный модулятор 12, второй амплитудный детектор 13, первый блок 14 деления напряжений, делитель 15 напряжений, компаратор 16, третий амплитудный детектор 17,

четвертый амплитудный детектор 18, второй блок 19 деления напряжений.

Ко входам амплитудного модулятора 12 подключены выходы перестраиваемых генераторов высокой 1 и низкой 2 частоты, резонатор 11, подключен к выходу амплитудного модулятора 12, входу третьего амплитудного детектора 17 и входу первого амплитудного детектора 10, выход которого подключен к первому входу первого блока 14 деления напряжений и входу второго амплитудного детектора 13, выход которого подключен к второму входу первого блока 14 деления напряжений и входу блока 8 выделения первой производной, выход которого соединен с входом первого нуля-органа 6, выход которого подключен к информационному входу первого запоминающего блока 4, выход которого соединен с управляющим входом перестраиваемого генератора высокой частоты 1, выход третьего амплитудного детектора 17 соединен с первым входом второго блока 19 деления напряжений и входом четвертого амплитудного детектора 18, выход которого подключен к второму входу второго блока 19 деления напряжений, выход которого соединен с входом делителя напряжений 15, выход которого подключен к первому входу компаратора 16, второй вход которого соединен с выходом первого блока 14 деления напряжений, а выходе входом второго нуля-органа 7, выход которого подключен к информационному входу второго запоминающего блока 5, выход которого подключен к управляющему входу перестраиваемого генератора низкой частоты 2; выходы перестраиваемого генератора высокой 1 частоты и перестраиваемого генератора низкой 2 частоты подключены к блоку отношения частот 3; первый выход блока управления 9 подключен к управляющему входу первого нуля-органа 6, второй выход - к управляющему входу второго нуля-органа 7, а третий выход - к управляющим входам первого 4 и второго 5 запоминающих блоков.

Измеритель добротности резонаторов работает следующим образом.

В режиме поиска резонансной частоты блок управления 9 сбрасывает на ноль значения напряжений на выходах первого 4 и второго 5 запоминающих блоков, полученные в предыдущем цикле измерения, открывает первый 4 и закрывает второй 5 запоминающие блоки, запускает первый ноль-орган 6.

В это время на амплитудный модулятор 12 поступают напряжения перестраиваемого высокочастотного 1 и низкочастотного 2 генераторов, частота которых будет наименьшей (минимальной по диапазону перестройки). Первый ноль-орган 6 вырабатывает линейно изменяющееся во времени напряжение. Этим напряжением изменяется частота выходного напряжения перестраиваемого генератора высокой частоты 1. Амплитудно-модулированный сигнал на выходе амплитудного модулятора 12 содержит спектральные составляющие с частотами

$$f_H - F, f_H, f_H + F,$$

где f_H - несущая частота амплитудно-модулированного сигнала (АМ);

F - частота модуляции, причем несущая частота f_H линейно изменяется во времени.

После прохождения амплитудно-модулированного сигнала с изменяющейся несущей частотой через резонатор 11 и первый амплитудный детектор 10, сигнал на его выходе будет представлять собой сумму двух напряжений: постоянной составляющей, величина которой пропорциональна амплитуде несущей частоты A_0 и низкочастотного сигнала с частотой, равной частоте модуляции F , и амплитудой, пропорциональной амплитуде боковых частот АМ-

$$\frac{M A_0}{2},$$

сигнала $\frac{M A_0}{2}$, т.е. коэффициенту модуляции M . Величина этих напряжений будет изменяться во времени в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой исследуемого резонатора 11.

После прохождения низкочастотного сигнала с изменяющейся во времени амплитудой через второй амплитудный детектор 13, на его выходе будет напряжение, изменяющееся во времени, в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой исследуемого резонатора 11. Это изменяющееся во времени напряжение, блок выделения первой производной по частоте 8, дифференцирует, в результате чего на его выходе выделяется напряжение, пропорциональное первой производной по частоте от амплитудно-частотной характеристики резонатора 11.

Этим напряжением управляется первый ноль-орган 6, в котором при прохождении напряжения, пропорционального первой производной через ноль, устанавливается постоянное выходное напряжение U_1 , соответствующее настройке перестраиваемого генератора высокой частоты 1 на собственную резонансную частоту резонатора 11, при этом $f_H = f_0$, где f_0 - собственная частота резонатора 11.

В режиме поиска полосы пропускания блок управления 9 на заданное время закрывает первый запоминающий блок 4 и открывает второй запоминающий блок 5. На это время в первом запоминающем блоке 4 запоминается постоянное напряжение U_1 , а, следовательно, частота выходного напряжения перестраиваемого генератора высокой частоты 1 будет равна собственной резонансной частоте f_0 резонатора 11. В это время второй ноль-орган 7 вырабатывает линейно изменяющееся во времени напряжение. Этим напряжением увеличивается частота выходного напряжения перестраиваемого генератора низкой частоты 2, которое поступает на вход амплитудного модулятора 12. На выходе амплитудного модулятора 12 в это время будет амплитудно-модулированный сигнал, содержащий спектральные составляющие с частотами $f_0 - F, f_0, f_0 + F$, причем несущая частота f_0 остается неизменной, а частота модуляции F линейно увеличивается во времени. С ростом частоты F боковые частоты $f_0 - F$ и $f_0 + F$ будут линейно удаляться от несущей частоты f_0 . После прохождения амплитудно-модулированного сигнала с линейно удаляющимися от несущей частоты f_0 боковыми частотами $f_0 - F$ и $f_0 + F$ через исследуемый резонатор 11, амплитуды боковых частот амплитудно-модулированного сигнала будут уменьшаться с ростом частоты

Постоянные напряжения с выходов первого 10, второго 13, третьего 17 и четвертого 18 амплитудных детекторов поступают на первый 14 и второй 19 блоки деления напряжений. Постоянные напряжения на выходах первого 10 и третьего 17 амплитудных детекторов пропорциональны амплитуде несущего колебания **А₀**, а на выходах второго 13 и четвертого 18 амплитудных детекторов коэффициенту модуляции и амплитуде несущей, т.е. пропорциональны амплитуде боковых частот АМ

$$\frac{M A_0}{A_0 2} = \frac{M}{2}$$

частоты т.е. величине,
пропорциональной коэффициенту модуляции.

На первом входе компаратора 16 напряжение $K \frac{M}{2}$ будет постоянным и численно равным K , где K - коэффициент деления делителя напряжения 15, он выбирается равным 0,5 в случае работы детекторов 10 и 17 в квадратичном режиме, либо - 0,707 - в случае работы этих детекторов в линейном режиме.

При равенстве напряжений, поступающих на входы компаратора 16 произойдет переброс компаратора из одного устойчивого состояния в другое и на его выходе сформируется сигнал, которым управляется второй ноль-орган 7. При этом во втором ноль-органе 7 установится постоянное напряжение выходное U_2 , которое фиксируется во втором запоминающем блоке 5, а следовательно, фиксируется частота выходного напряжения перестраиваемого генератора низкой частоты 2, равная половине полосы пропускания резонатора на уровне 0,5.

Переход из режима поиска резонансной частоты в режим поиска полосы пропускания производится автоматически блоком управления 9 через заданные интервалы времени.

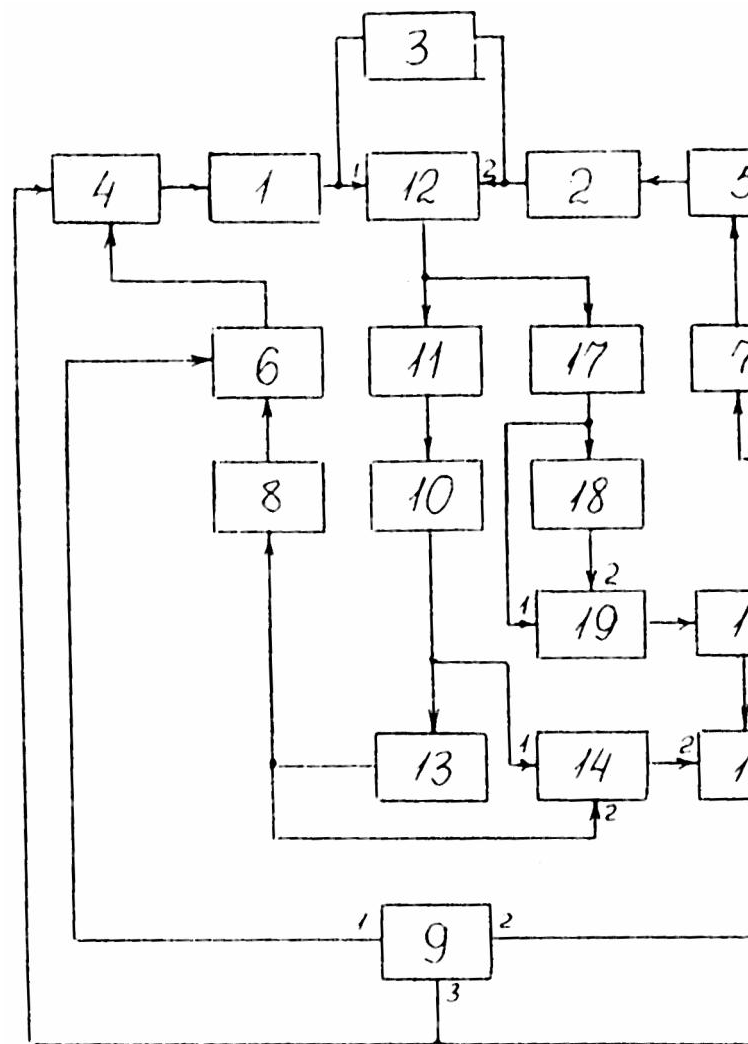
При этом добротность определяется по

$$Q = \frac{f_0}{2F}$$

формуле $Q = \frac{2F}{\Delta f}$ и непосредственно измеряется блоком отношения частот 3. Этим же блоком измеряется резонансная частота f_0 , на которой измеряется добротность.

Измеритель добротности резонаторов позволяет снизить погрешность измерения за счет более точного измерения полосы пропускания. Повышение точности достигается применением

Данное техническое решение реализуемо в широком частотном диапазоне от 100кГц до 100ГГц.



Фиг.