



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010110406/28, 18.03.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.03.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **18.03.2010**

(45) Опубликовано: **20.06.2011** Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2007692 C1, 15.02.1994. SU 1392515 A1, 30.04.1988. RU 2054680 C1, 20.02.1996. SU 1409950 A1, 15.07.1988.**

Адрес для переписки:

**353910, Краснодарский край, г.
 Новороссийск, ул. Набережная, 61А, кв.10,
 Ю.С. Иванченко**

(72) Автор(ы):

Иванченко Юрий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Иванченко Юрий Сергеевич (RU)

(54) АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА

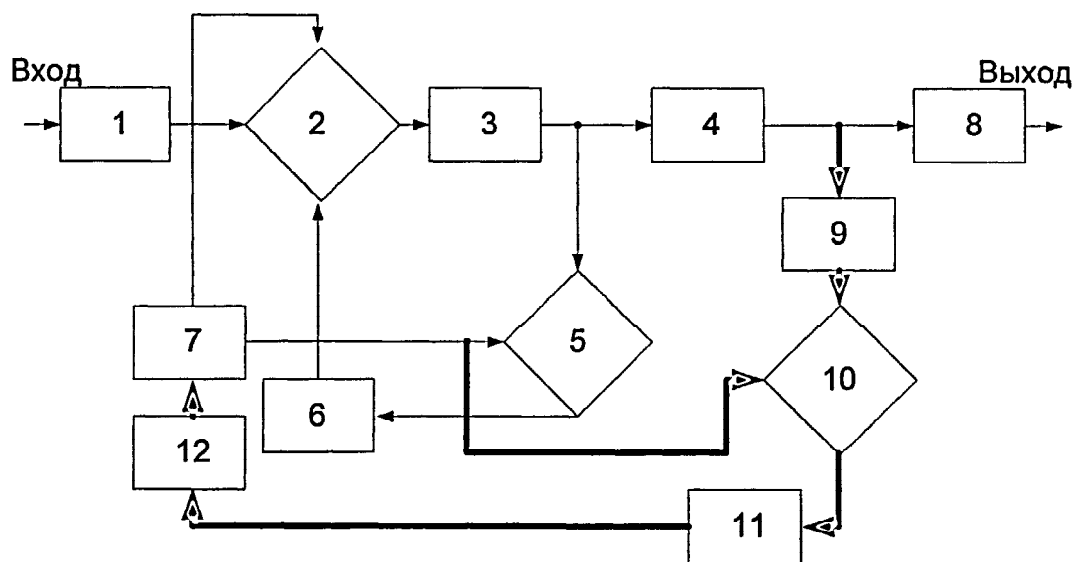
(57) Реферат:

Изобретение относится к приборостроению и может быть использовано для измерения спектральных характеристик автогенераторов, преимущественно кварцевых, а также в случаях, требующих большого динамического диапазона измерений. В анализаторе спектра последовательного типа использован принцип увеличения чувствительности за счет выделения из смеси измеряемого сигнала с шумами гетеродина, корреляционной составляющей части шумов гетеродина, в измерительном канале и подаче ее по цепи обратной связи на управляющий элемент, включенный в цепь положительной обратной

связи перестраиваемого генератора, применяемого в качестве гетеродина. С этой целью в анализатор спектра введена цепь, содержащая последовательное соединение фазовращателя, фазового детектора, усилителя нижних частот с управляющим элементом, которые обеспечивают подавление данных шумов в спектре генерируемого сигнала гетеродина, с уровнем, определяемым усилением цепи обратной связи на столько, чтобы свести к минимуму ошибку измерения флуктуации на входе предварительного усилителя анализатора. Технический результат заключается в расширении динамического диапазона измерений более 160 дБ. 1 ил.

RU 2 421 739 C1

RU 2 421 739 C1



RU 2 4 2 1 7 3 9 C 1

RU 2 4 2 1 7 3 9 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010110406/28, 18.03.2010**

(24) Effective date for property rights:
18.03.2010

Priority:

(22) Date of filing: **18.03.2010**

(45) Date of publication: **20.06.2011 Bull. 17**

Mail address:

**353910, Krasnodarskij kraj, g. Novorossijsk, ul.
Naberezhnaja, 61A, kv.10, Ju.S. Ivanchenko**

(72) Inventor(s):

Ivanchenko Jurij Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Ivanchenko Jurij Sergeevich (RU)

(54) SPECTRUM ANALYSER

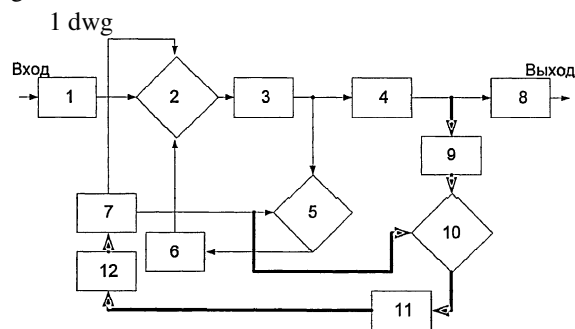
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: serial-type spectrum analyser employs the principle of increasing sensitivity by picking up from the mixture of the measured signal and noise of a heterodyne the correlation component part of noise of the heterodyne in a measurement channel and transmitting said component over a feedback circuit to a control element included in the positive feedback circuit of the tunable oscillator used as the heterodyne. To this end, the spectrum analyser includes a circuit having series-connected phase changer, phase detector, low frequency amplifier with a control element, which suppress said noise in the spectrum of the generated heterodyne

signal, with a level defined by amplification of the feedback circuit so as to minimise the error for measuring fluctuation at the input of the preamplifier of the analyser.

EFFECT: broader dynamic measurement range greater than 160 dB.



Изобретение относится к приборостроению и может быть использовано для измерения спектральных характеристик автогенераторов, преимущественно кварцевых, а также в случаях, требующих большого динамического диапазона измерений.

Известны одноканальные анализаторы спектра с перестраиваемым гетеродином [1, 2, 3], один из которых, например [3], состоит из последовательно соединенных входного устройства, балансного модулятора, предварительного усилителя, узкополосного фильтра, оконечного усилителя и перестраиваемого гетеродина, подключенного ко второму входу балансного модулятора. К недостаткам его следует отнести то, что существующий анализатор спектра имеет низкую чувствительность в инфранизкочастотной части спектра. Это объясняется тем, что в спектре сигнала на выходе балансного модулятора присутствует несбалансированное напряжение гетеродина. В связи с тем, что АЧХ узкополосного фильтра не может быть бесконечно крутой, то при анализе в инфранизкочастотной части спектра наряду с исследуемым сигналом через узкополосный фильтр проходит и часть несбалансированного напряжения гетеродина, в результате этого возникает инструментальная погрешность измерения, которая ограничивает чувствительность известного анализатора спектра в инфранизкочастотной части спектра.

Наиболее близким к заявляемому следует назвать анализатор спектра последовательного типа [4], в котором дополнительное подавление несущего колебания гетеродина осуществляют с помощью дополнительно вводимого второго балансного модулятора и фильтра нижних частот, соединенных последовательно, причем выход фильтра нижних частот подключен к третьему входу первого балансного модулятора, причем первый вход второго балансного модулятора подключен к выходу гетеродина, а его второй вход соединен с выходом предварительного усилителя.

Однако данный анализатор имеет существенный недостаток, связанный с тем, что на входе предварительного усилителя наряду с измеряемым спектром шумов присутствуют шумы спектральной линии гетеродина как продукт преобразования на нелинейном элементе - первом балансном модуляторе. Это приводит к ошибке измерений спектральных характеристик прецизионных кварцевых генераторов, имеющих динамический уровень собственных шумов более 160 дБ, и, как результат, к отличиям оценки величины кратковременной нестабильности частоты, получаемой на основании частотных [2, стр.318] и временных (по Аллану [4, 5]) измерений.

Цель изобретения - повышение точности измерений шумов.

Цель достигается тем, что в анализатор спектра, содержащий последовательно соединенные входной усилитель, первый балансный модулятор, предварительный усилитель, узкополосный фильтр и оконечный усилитель, при этом второй вход балансного модулятора подключен к выходу гетеродина, второй балансный модулятор, первый вход которого подключен к выходу предварительного усилителя, а выход ко входу фильтра нижних частот, нагруженного на третий вход первого балансного модулятора, причем второй вход второго балансного модулятора подключен к выходу перестраиваемого гетеродина, дополнительно введены последовательно соединенные фазовращатель на 90°, фазовый детектор, усилитель нижних частот, управляющий элемент, причем первый вход фазовращателя подключен к выходу узкополосного фильтра, а выход управляющего элемента подключен к цепи управления частотой гетеродина, один из выходов которого подключен ко второму входу фазового детектора. Введение цепи фазовращателя и

фазового детектора позволяют выделить флуктуации гетеродина, прошедшие в полосу узкополосного фильтра, а усилитель нижних частот с управляющим элементом обеспечивают подавление данных шумов в спектре генерируемого сигнала гетеродина, с уровнем, определяемым усилением цепи обратной связи на столько, чтобы свести к минимуму ошибку измерения флуктуации на входе входного усилителя анализатора.

На чертеже представлена структурная схема анализатора спектра.

Анализатор спектра содержит входной усилитель 1, выход которого соединен с первым входом основного балансного модулятора 2, к выходу которого подключен предварительный усилитель 3. К выходу предварительного усилителя 3 подсоединены узкополосный фильтр 4 и цепочка, состоящая из последовательно соединенных дополнительного балансного модулятора 5 и фильтра нижних частот 6. Выход гетеродина 7 соединен со вторыми входами балансного модулятора 2 и дополнительного балансного модулятора 5, выход которого подключен ко входу фильтра нижних частот 6, выходной сигнал которого поступает на управляющий вход балансного модулятора 2. Выход узкополосного фильтра 4 соединен со входом оконечного усилителя 8 и входом фазовращателя 9, выход которого подключен к цепочке, состоящей из последовательно включенных фазового детектора 10, усилителя нижних частот 11, управляющего элемента 12, выход которого подключен к управляющему входу перестраиваемого генератора 7.

Анализатор спектра работает следующим образом.

Исследуемый сигнал поступает на входной усилитель 1, который изменяет его уровень до величины, необходимой для нормальной работы балансного модулятора 2. С выхода входного усилителя 1 исследуемый сигнал поступает на первый вход балансного модулятора 2, который осуществляет параллельный перенос спектра исследуемого сигнала с нулевой частоты на частоту сигнала гетеродина 7. В спектре выходного сигнала основного балансного модулятора 2, вследствие его несбалансированности, содержится напряжение с частотой гетеродина 7, а крылья спектральной линии кроме основного измеряемого сигнала содержат дополнительные флуктуации гетеродина как продукт нелинейного преобразования модулятора 2. Несбалансированность основного балансного модулятора 2 вызывается неидентичностью параметров входящих в него элементов и влиянием внешних возмущающих действий на эти параметры. Выходной сигнал основного балансного модулятора 2 после усиления предварительным усилителем 3 поступает на дополнительный балансный модулятор 5, который работает синхронно с основным балансным модулятором 2 и осуществляет демодуляцию усиленного выходного сигнала основного балансного модулятора 2. В спектре выходного сигнала дополнительного балансного модулятора 5 содержится спектр исследуемого сигнала и постоянная составляющая, амплитуда и знак которой определяются соответственно амплитудой и фазой напряжения гетеродина 7. Сигнал с выхода дополнительного балансного модулятора 5 поступает на фильтр нижних частот 6, который выделяет из него постоянную составляющую и узкий прилегающий участок спектра. Выходной сигнал фильтра нижних частот 6, поступая на управляющий вход основного балансного модулятора 2, вызывает уменьшение несбалансированного напряжения гетеродина 7 в спектре выходного сигнала балансного модулятора 2. Частота среза фильтра нижних частот 6 выбирается значительно меньшей самой нижней частоты спектра анализируемого сигнала. В качестве управляющего входа в основном балансном модуляторе 2 может быть использован вход, напряжение на котором

оказывает влияние на баланс модулятора 2.

Продукт флуктуации гетеродина можно считать как помеху на выходе модулятора 2, которая вызывает ошибку измерений анализатора. В этой связи сигнал с фильтра 4 дополнительно подают на фазосдвигающую цепь 9, выход которой
5 подключен к первому входу фазового детектора 10, а ко второму выходу фазового детектора подключен выход гетеродина 7. При этом уровень сигнала гетеродина подобран так, чтобы оптимально выделить флуктуации гетеродина, попавшие в полосу узкополосного фильтра 4. Дальнейшее усиление этих флуктуаций усилителем
10 нижних частот 11 и подача на управляющий элемент 12, подключенный к управляющему входу перестраиваемого генератора 7, вызывают подавление части шумов гетеродина на частоте наблюдения анализатора. Параметры цепи обратной связи 9, 10, 11 выбирают так, чтобы ошибка измерений за счет шумов гетеродина в полосе анализа сводилась к минимуму.

15 Опытный образец анализатора спектра подтвердил правильность принимаемых решений. Введение цепочки 9, 10, 11 особенно важно при анализе шумов спектральной линии кварцевого генератора при отстройке от несущей (1-5) кГц, где уровень шумов достигает 160 дБ.

20 Опытный образец анализатора спектра имел следующие основные параметры и конструктивные решения:

1. Балансные модуляторы и фазовый детектор собраны на полевых транзисторах.
2. Гетеродин выполнен по схеме Батлера с перестраиваемым LC контуром в цепи обратной связи, к которой подключен управляющий элемент.

25 3. 8 кГц кварцевый фильтр - восьмикристалльный, с полосой прозрачности 0,1 Гц.

4. фильтр нижних частот имеет частоту среза 0,01 Гц.

В качестве испытуемого был взят 5 МГц кварцевый генератор с ударным возбуждением, с резонатором «Нарцисс», имеющим конструктивную добротность
30 около $5 \cdot 10^6$. Выделение шумов спектральной линии осуществлялось путем смешения сигналов двух идентичных генераторов с предварительным умножением на 10^3 и подачей разностной частоты на кварцевый частотный дискриминатор с крутизной характеристики 1 В/Гц. Уровень шумов при отстройке на 8 кГц от несущей составил 162 дБ.

35 Литература

1. Малахов А.Н. Флуктуации в автоколебательных системах. Наука, Главн. Ред. Физ.-мат. Лит., - 1967, 660 с.

2. Аппаратура для частотных и временных измерений. Под ред. А.П.Горшкова. М.: Советское радио, - 1971, 336 с.

3. Зонов А.Я., Солин Н.Н. Транзисторный анализатор спектра низкочастотных электрических флуктуации. Приборы и техника эксперимента, №4, - 1971, с.131-134.

4. Багдади, Линкольн, Нелин. Кратковременная нестабильность частоты: определения, теория и измерение. ТИИЭР, т.53, №7, 1965, с.811-831.

45 5. Атткинсон, Фий, Ньюмен. Спектральный анализ чрезвычайно низкочастотных измерений частоты кварцевых генераторов. ТИИЭР, т.51, №2, 1963, с.413-414.

6. Авт. св. СССР №813309, кл. G01R 23/16. Анализатор спектра. / Иванченко Ю.С., Мартынюк А.Г., Самойленко В.Ф., бюл. №10, от 15.03.81.

50 Формула изобретения

Анализатор спектра, содержащий последовательно соединенные входной усилитель, первый балансный модулятор, предварительный усилитель, узкополосный

фильтр и оконечный усилитель, при этом второй вход первого балансного модулятора подключен к выходу гетеродина, второй балансный модулятор, первый вход которого подключен к выходу предварительного усилителя, а выход - ко входу
5 фильтра нижних частот, нагруженного на третий вход первого балансного модулятора, причем второй вход второго балансного модулятора подключен к выходу перестраиваемого гетеродина, отличающийся тем, что для повышения точности измерений шумов, в него дополнительно введены последовательно
10 соединенные фазовращатель на 90° , фазовый детектор, усилитель нижних частот, управляющий элемент, причем первый вход фазовращателя подключен к выходу узкополосного фильтра, а выход управляющего элемента подключен к цепи управления частотой гетеродина, один из выходов которого подключен ко второму входу фазового детектора.

15

20

25

30

35

40

45

50