



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

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2007131947/28, 21.08.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.08.2007

(45) Опубликовано: 10.05.2009 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 69644 U1, 21.08.2007. SU 1529148 A1,  
15.12.1989. RU 2072522 C1, 27.01.1997. SU  
1441334 A1, 30.11.1988. SU 1646064 A1,  
30.04.1991. SU 1763999 A1, 23.09.1992. US  
6782246 B1, 24.08.2004.

Адрес для переписки:

420111, г.Казань, ул. К. Маркса, 10,  
Казанский государственный технический  
университет им. А.Н. Туполева, отдел  
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

**Ильин Александр Германович (RU),  
Насретдинов Марат Асфирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования Казанский государственный  
технический университет им. А.Н.  
Туполева (RU)**

**(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ ОТНОШЕНИЙ СИГНАЛ/ШУМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

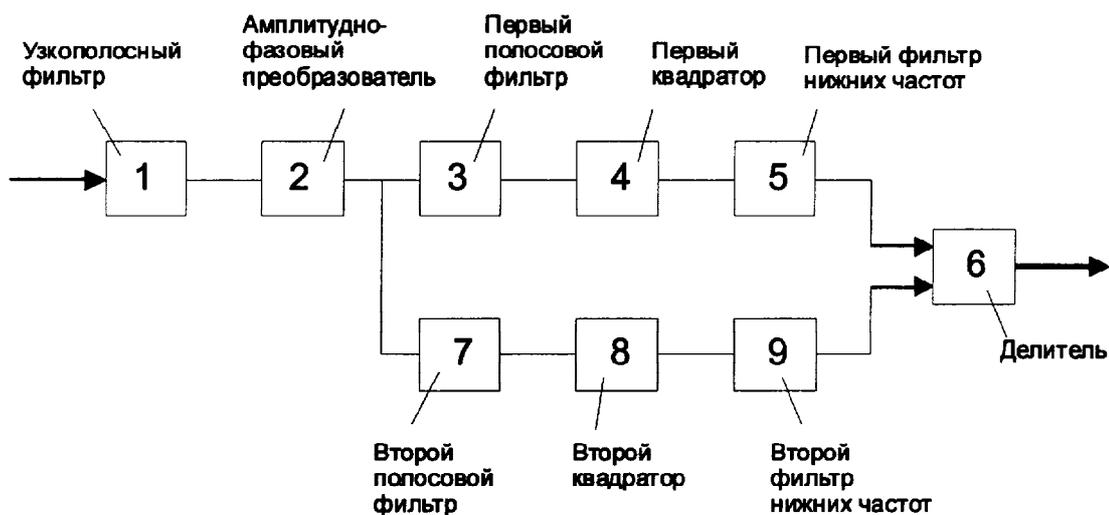
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиоизмерений, а именно к измерению малых отношений сигнал/шум. Сущность: способ измерения малых отношений сигнал/шум включает узкополосную фильтрацию смеси сигнала и шума и ее последующую обработку. При этом обработку смеси сигнала и шума осуществляют путем переключения фазы высокочастотной составляющей смеси сигнала и шума на  $\pi$  при каждом достижении огибающей смеси сигнала и шума нуля. Далее производят выделение внеполосных составляющих в спектре обработанного сигнала и по отношению мощности внеполосных составляющих к общей мощности сигнала определяют отношение сигнал/шум. Устройство измерения малых отношений сигнал/шум содержит узкополосный фильтр, вход которого является входом устройства, последовательно соединенные первый полосовой фильтр, первый квадратор, первый

фильтр нижних частот, делитель, выход которого является выходом устройства. Кроме того, оно содержит последовательно соединенные второй полосовой фильтр, вход которого объединен с входом первого полосового фильтра, второй квадратор и второй фильтр нижних частот, выход которого соединен со вторым входом делителя. При этом в устройство введен амплитудно-фазовый преобразователь, выход которого объединен с входами первого и второго полосового фильтра, при этом амплитудно-фазовый преобразователь содержит парафазный каскад, выходы которого соединены соответственно с входами первого и второго электронных ключей, выходы которых объединены с входами первого и второго полосовых фильтров, амплитудный детектор, вход которого объединен с входом парафазного каскада и соединен с выходом узкополосного фильтра, компаратор, вход которого соединен с выходом амплитудного детектора, и

Т-триггер, тактовый вход которого соединен с выходом компаратора, а выходы соединены соответственно с управляющими входами первого и второго электронных ключей. При этом прямой выход Т-триггера подключен к управляющему входу второго электронного

ключа, а инверсный выход Т-триггера подключен к управляющему входу первого электронного ключа. Технический результат: повышение точности измерения малых отношений сигнал/шум. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг.1

RU 2354981 C1

RU 2354981 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2007131947/28, 21.08.2007

(24) Effective date for property rights:  
21.08.2007

(45) Date of publication: 10.05.2009 Bull. 13

Mail address:

420111, g.Kazan', ul. K. Marksa, 10, Kazanskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im.  
A.N. Tupoleva, otdel intellektual'noj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Il'in Aleksandr Germanovich (RU),  
Nasretdinov Marat Asfirovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
Kazanskij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet im. A.N. Tupoleva (RU)

(54) **METHOD OF MEASURING SMALL SIGNAL/NOISE RATIOS AND DEVICE TO THIS EFFECT**

(57) Abstract:

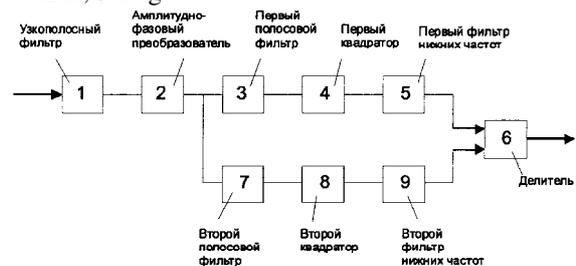
FIELD: physics; measurement.

SUBSTANCE: present invention relates to radio metering, and more specifically to measuring small signal/noise ratios. The method of measuring small signal/noise ratios involves narrow-band filtration of a mixture of signal and noise and subsequent processing. The signal and noise mixture is processed by switching the phase of the high frequency component of the mixture to  $\pi$  each time the envelope curve of the mixture falls to zero. The out-of-band components in the spectrum of the processed signal are separated, and from the ratio of the power of out-of-band components to the total power of the signal, the signal/noise ratio is determined. The device for measuring small signal/noise ratios has a narrow-band filter, the input of which is the input of the device, series-connected first band-pass filter, first squaring device, first low-frequency filter, and a divider, the output of which is the output of the device. The device also contains series-connected second band-pass filter, the input of which is connected to the input of the first band-pass filter, a second squaring device and second low-frequency filter, the output of which is connected to the second input of the divider. The device also has an amplitude-to-phase converter, the output of which is connected to the inputs of the first and second band-pass filter. The amplitude-to-phase converter

has a paraphase cascade, the output of which is connected to the inputs of the first and second electronic switches respectively, whose outputs are connected to inputs of the first and second band-pass filters. The amplitude-to-phase converter also has an amplitude detector, the input of which is connected to the input of the paraphase cascade and the output of the narrow-band filter, a comparator, whose input is connected to the output of the amplitude detector, and a trigger flip-flop, whose clock input of which is connected the output of the comparator, and the outputs to control inputs of the first and second electronic switches, respectively. The true output of the trigger flip flop is connected to the control input of the second electronic switch, and the complementary output to the control input of the first electronic switch.

EFFECT: more accurate measurement of small signal/noise ratios.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области радиоизмерений, а именно к измерению отношений сигнал/шум.

Известно устройство для измерения отношения сигнал/шум, содержащее объединенные по входу полосно-пропускающий и плосно-заграждающий фильтры, соединенные последовательно перемножитель, вход которого соединен с выходом полосно-пропускающего фильтра, интегратор, фильтр высоких частот, а также делительный блок, формирователь напряжения, второй полосно-пропускающий фильтр, фильтр низких частот, детектор и регистрирующий блок, при этом вход формирователя напряжения объединен со входом перемножителя, а выход соединен со входом второго полосно-пропускающего фильтра, выход которого подключен ко второму входу перемножителя, фильтр низких частот объединен по входу с фильтром высоких частот, а его выход соединен с входом делительного блока, выход фильтра высоких частот подключен к выходу полосно-заграждающего фильтра и соединен с входом детектора, выход которого подключен к другому входу делительного блока, регистрирующий блок первым и вторым входами объединен соответственно с первым и вторым входами делительного блока, а третьим входом соединен с выходом делительного блока [Авт.св. СССР № 1763999, БИ № 35, 1992 г.].

Известен также способ измерения отношения сигнал/шум путем частотной селекции принимаемой смеси сигнала и шума, нормирования по уровню, формирования из нее двух сумм сигнала с шумом с зависимыми сигнальными составляющими, перемножения полученных сумм и усреднения результата перемножения, две суммы сигнала с шумом формируют в виде некоррелированных квадратурных составляющих смеси сигнала с шумом, поворачивают их по фазе на  $90^\circ$  [Авт.св. СССР № 1441334, БИ №.44.1988 г.].

Наиболее близким техническим решением, принятым в качестве прототипа, является способ измерения отношения сигнал/шум и устройство для его осуществления [Авт.св. СССР № 1529148, БИ № 46.1989 г.].

Способ измерения отношения сигнал/шум, при котором смесь сигнала и шума преобразуют с помощью нелинейного элемента с квадратичной характеристикой, производят измерение значений спектральной плотности мощности процесса на выходе нелинейного элемента в двух частотных диапазонах, границей разделения которых является половинное значение ширины спектра шума /сигнала/, вычисляют функцию от этих величин, по которой судят об искомой величине.

Устройство для измерения отношения сигнал/шум содержит нелинейный элемент с квадратичной характеристикой, вход которого является входом устройства, последовательно соединенные первый квадратор, первый фильтр нижних частот и делитель, выход которого является выходом устройства, а также второй фильтр нижних частот, введенные первый полосовой фильтр, последовательно соединенные второй полосовой фильтр, вход которого подключен к выходу нелинейного элемента, и второй квадратор, а также вычислитель, первый вход которого подключен к выходу второго фильтра нижних частот, а выход к второму входу делителя, при этом входы первого и второго полосовых фильтров подключены к выходу нелинейного элемента, выход первого полосового фильтра подключен к входу первого квадратора, а выход второго квадратора к входу фильтра нижних частот.

Основным недостатком способа и устройства измерения отношений сигнал/шум, выбранного в качестве прототипа, является низкая точность измерений в области малых отношений сигнал/шум, а именно в диапазоне  $0 < C/\text{Ш} < 3$ .

Технической задачей, решаемой предложенными способом измерения и

устройством измерения малых отношений сигнал/шум является повышение точности измерений в области малых отношений сигнал/шум по сравнению с прототипом путем оценки уровня внеполосных составляющих в спектре сигнала, прошедшего через амплитудно-фазовый преобразователь.

5 Решаемая техническая задача в способе измерения малых отношений сигнал/шум, включающем узкополосную фильтрацию смеси сигнала и шума и ее последующую обработку, достигается тем, что обработку смеси сигнала и шума осуществляют путем переключения фазы высокочастотной составляющей смеси сигнала и шума на  $\pi$  при  
10 каждом достижении огибающей смеси сигнала и шума нуля, далее производят выделение внеполосных составляющих в спектре обработанного сигнала, и по отношению мощности внеполосных составляющих к общей мощности сигнала определяют отношение сигнал/шум.

15 Решаемая техническая задача в устройстве измерения малых отношений сигнал/шум, содержащем узкополосный фильтр, вход которого является входом устройства, последовательно соединенный первый полосовой фильтр, первый квадратор, первый фильтр частот, делитель, выход которого является выходом устройства, а также последовательно соединенный второй полосовой фильтр, вход  
20 которого объединен с входом первого полосового фильтра и выходом амплитудно-фазового преобразователя, второй квадратор и второй фильтр нижних частот, выход которого соединен со вторым входом делителя, достигается тем, что в устройство введен амплитудно-фазовый преобразователь, выход которого объединен с входами первого и второго полосового фильтра, при этом амплитудно-фазовый  
25 преобразователь содержит парафазный каскад, выходы которого соединены соответственно с входами первого и второго электронных ключей, выходы которых объединены с входами первого и второго полосовых фильтров, амплитудный детектор, вход которого объединен с входом парафазного каскада и соединен с  
30 выходом узкополосного фильтра, компаратор, вход которого соединен с выходом амплитудного детектора, и Т-триггер, тактовый вход которого соединен с выходом компаратора, а выходы соединены соответственно с управляющими входами первого и второго электронных ключей. При этом прямой выход Т-триггера подключен к  
35 управляющему входу второго электронного ключа, а инверсный выход Т-триггера подключен к управляющему входу первого электронного ключа.

Большинство радиотехнических систем являются, как правило, узкополосными, для которых справедливо следующее условие

$$\Delta F \ll F_{\text{пр}} \quad (1)$$

40 где  $\Delta F$  - ширина спектра выходного сигнала  
 $F_{\text{пр}}$  - промежуточная частота приемно-регистрирующей системы.

Как следует из [В.И.Тихонов. Статистическая радиотехника. «Советское радио». М., 1966 г. [1]], при воздействии на такую систему стационарных флуктуации с широким спектром на выходе в общем случае имеем узкополосный шум  $\xi(t)$ .

45 Флуктуации  $\xi(t)$  можно представить в виде гармонического сигнала, случайно модулированного по амплитуде и фазе

$$\xi(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi(t)) \quad (2)$$

50  $A(t)$  и  $\varphi(t)$  - медленно изменяющиеся функции по сравнению с  $\cos \omega_0 t$ , представляющие огибающую и случайную фазу узкополосного процесса.

Если на вход узкополосной системы подается нормальный широкополосный шум, то выходной процесс  $\xi(t)$  и огибающая  $A(t)$  будут также нормальными с нулевым средним значением, т.к. выходной сигнал является линейным преобразованием

входного нормального процесса.

Рассмотрим структуру узкополосного процесса. Представим огибающую  $A(t)$  в виде разложения в ряд Фурье;

$$5 \quad A(t) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\Omega t + \varphi_k) \quad (3)$$

так как  $A(t)$  - нормальный случайный процесс с нулевым средним значением, то нулевой член разложения отсутствует.

10 С учетом этого разложения узкополосный процесс может быть представлен в следующем виде;

$$\begin{aligned} \xi(t) &= \left( \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\Omega t + \varphi_k) \right) \cos(\omega_0 t + \varphi(t)) = \\ &= \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(\omega_0 t - k\Omega t + \varphi_p(t)) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(\omega_0 t + k\Omega t + \varphi_c(t)) \end{aligned} \quad (4)$$

15 Как следует из (4), узкополосный процесс по своей структуре соответствует структуре сигнала биений. Из теории колебаний следует, что в сигнале биений результирующее колебание изменяет фазу высокочастотной составляющей на  $\pi$  при каждом переходе огибающей через ноль.

20 Наличие перескоков фазы узкополосных случайных сигналов известно из теории узкополосных сигналов [1].

Если осуществить переключение фазы на  $\pi$  при каждом пересечении огибающей нуля, то спектр узкополосного процесса после такого преобразования изменится по сравнению со спектром исходного процесса. При этом если во входном сигнале присутствует только шумовая составляющая, то есть отношение сигнал/шум равно нулю, то спектр после коммутации фазы будет в два раза шире полосы пропускания узкополосного фильтра, в этом случае мощность внеполосных составляющих спектра сигнала после коммутации будет максимальной. С увеличением отношения сигнал/шум мощность внеполосных составляющих будет уменьшаться. При 30 отношениях сигнал/шум  $>3$  мощность внеполосных составляющих практически равна нулю.

35 Таким образом, можно определить отношение сигнал/шум, оценивая отношение мощности внеполосных составляющих узкополосного сигнала к общей мощности сигнала после переключения фазы от отношения сигнал/шум.

40 Указанный способ измерения малых отношений сигнал/шум может быть реализован при помощи устройства, схема которого приведена на фиг.1. На фиг.2 приведена схема амплитудно-фазового преобразователя. На фиг.3 приведена схема парафазного каскада.

Устройство для измерения малых отношений сигнал/шум (фиг.1) содержит последовательно соединенные узкополосный фильтр 1, вход которого является входом устройства, амплитудно-фазовый преобразователь 2, первый полосовой 45 фильтр 3, первый квадратор 4, первый фильтр нижних частот 5 и делитель 6, выход которого является выходом устройства. Кроме того, устройство содержит последовательно соединенные второй полосовой фильтр 7, вход которого подключен к выходу амплитудно-фазового преобразователя 2, второй квадратор 8 и второй 50 фильтр нижних частот 9, выход которого подключен ко второму входу делителя 6.

Амплитудно-фазовый преобразователь 2 (фиг.2) содержит парафазный каскад 10, выходы которого соединены соответственно с входами первого и второго электронных ключей 11 и 12, выходы которых объединены с входами первого и второго полосовых фильтров 3 и 7, амплитудный детектор 13, вход которого

объединен с входом парафазного каскада 10 и соединен с выходом узкополосного фильтра 1, компаратор 14, вход которого соединен с выходом амплитудного детектора 13, и Т-триггер 15, тактовый вход которого соединен с выходом компаратора 14, а выходы соединены соответственно с управляющими входами  
5 первого и второго электронных ключей 11 и 12. При этом прямой выход Т-триггера 15 подключен к управляющему входу второго электронного ключа 12, а инверсный выход Т-триггера подключен к управляющему входу первого электронного ключа 11. Блоки первый квадратор 4, второй квадратор 8, парафазный  
10 каскад 10, электронные ключи 11 и 12, компаратор 14, Т-триггер 15 подключены к соответствующим системам электропитания, которые на чертеже не показаны.

Примеры конкретной реализации описанных выше блоков опубликованы в имеющейся литературе. Парафазный каскад 10 (фиг.3) представляет собой обычный транзисторный каскад, собранный по схеме с общим эмиттером на транзисторе 16 и  
15 резисторах 17, 18, 19 и 20. Причем сопротивления резисторов 19 и 20 равны. Выходы схемы вых.1 и вых.2 подключены соответственно к входам электронных ключей 11 и 12, причем напряжение на вых.1 совпадает по фазе с напряжением на входе парафазного каскада, а напряжение на вых.2 отличается от него по фазе на  $\pi$ . На  
20 схеме парафазного каскада 10 (фиг.3) также показаны разделительные конденсаторы 21, 22 и 23.

Рассмотрим способ измерения малых отношений сигнал/шум и работу устройства для его осуществления.

В начале измерения на блоки первый квадратор 4, второй квадратор 8, парафазный  
25 каскад 10, электронные ключи 11 и 12, компаратор 14, Т-триггер 15 подается соответствующее электропитание.

Способ измерения малых отношений сигнал/шум включает в себя узкополосную фильтрацию входной смеси сигнала и шума, которую осуществляют узкополосным  
30 фильтром 1, и его последующую обработку в амплитудно-фазовом преобразователе 2, которую осуществляют путем переключения высокочастотной составляющей смеси сигнала и шума на  $\pi$  при каждом достижении огибающей смеси сигнала и шума нуля. Переключение фазы происходит следующим образом. С выхода узкополосного  
35 фильтра 1 сигнал поступает на вход парафазного каскада 10, на выходах которого формируются два сигнала, сдвинутые по фазе на  $\pi$ . Выходы парафазного каскада подключены соответственно к входам электронных ключей 11 и 12. Управляющие входы электронных ключей 11 и 12 соединены соответственно с выходами  
40 Т-триггера 15. При этом прямой выход Т-триггера 15 подключен к управляющему входу второго электронного ключа 12, а инверсный выход Т-триггера подключен к управляющему входу первого электронного ключа 11. Сигналы управления выходами парафазного каскада 10 формируются компаратором 14 и Т-триггером 15. Компаратор 14 сравнивает напряжение с выхода амплитудного детектора с опорным напряжением  $U_{оп}$ , которое подбирается таким образом, чтобы каждый раз при  
45 достижении огибающей смеси сигнала и шума на выходе узкополосного фильтра 1 нулевого уровня компаратор 14 изменял уровень выходного сигнала. Выход компаратора 14 подключен к тактовому входу Т-триггера 15, который меняет свое состояние на противоположное каждый раз, когда уровень напряжения на выходе  
50 компаратора 14 изменяется. Таким образом, в зависимости от того, в каком из состояний находится Т-триггер 15, сигнал на выходе амплитудно-фазового преобразователя 2 либо совпадает по фазе с выходным сигналом узкополосного фильтра 1, либо отличается от него на  $\pi$ .

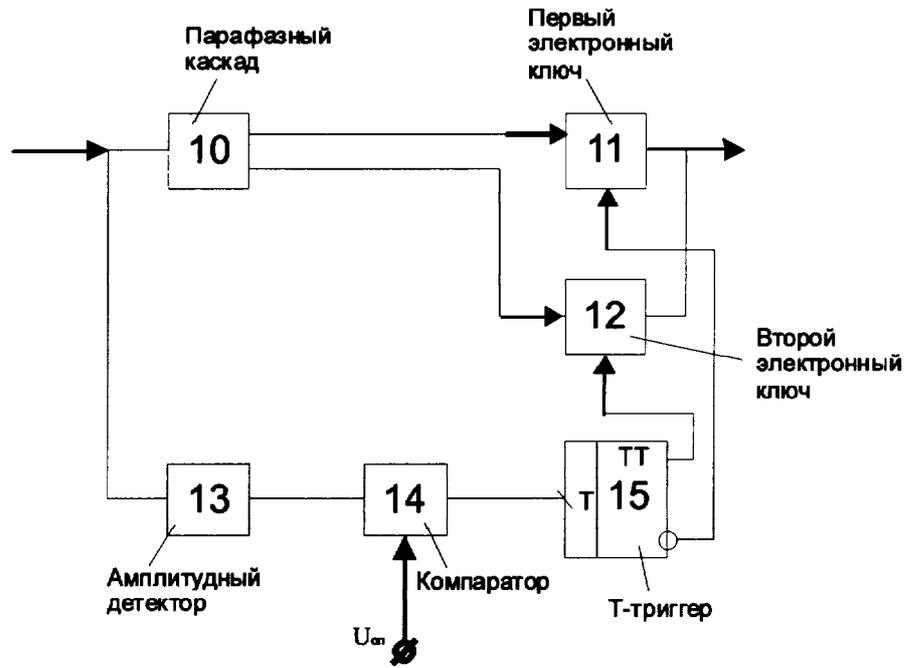
С выхода амплитудно-фазового преобразователя 2 сигнал поступает на входы первого и второго полосовых фильтров 3 и 7. Полосу пропускания первого полосового фильтра 3 выбирают таким образом, чтобы выделить все спектральные составляющие смеси сигнала и шума, а полосу пропускания второго полосового  
5 фильтра 7 выбирают таким образом, чтобы выделить только внеполосные составляющие. Затем при помощи блоков первого квадратора 4 и первого фильтра нижних частот 5 определяют напряжение, пропорциональное всей мощности смеси сигнала и шума, а с помощью блоков второго квадратора 8 и второго фильтра  
10 нижних частот 9 определяют напряжение, пропорциональное мощности внеполосных составляющих смеси сигнала и шума. В делителе 6 вычисляют отношение этих напряжений, тем самым определяя отношение сигнал/шум

Предлагаемое устройство позволяет производить измерение малых отношений сигнал/шум и по сравнению с прототипом обладает более высокой точностью за счет  
15 использования амплитудно-фазового преобразователя.

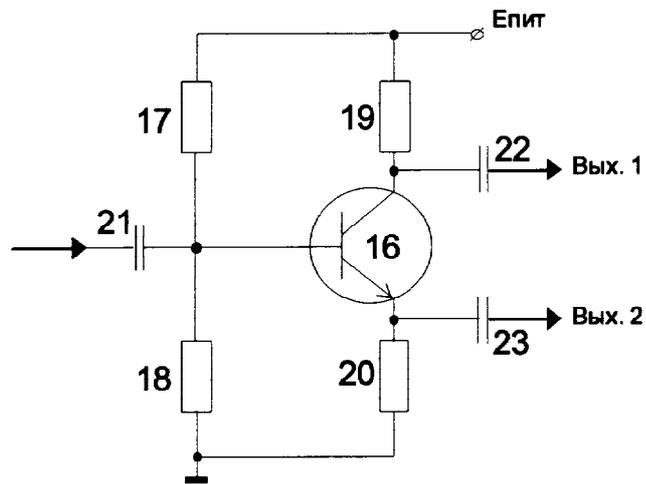
#### Формула изобретения

1. Способ измерения малых отношений сигнал/шум, включающий узкополосную  
20 фильтрацию смеси сигнала и шума и ее последующую обработку, отличающийся тем, что обработку смеси сигнала и шума осуществляют путем переключения фазы высокочастотной составляющей смеси сигнала и шума на  $\pi$  при каждом достижении  
огibaющей смеси сигнала и шума нуля, далее производят выделение внеполосных составляющих в спектре обработанного сигнала, и по отношению мощности  
25 внеполосных составляющих к общей мощности сигнала определяют отношение сигнал/шум.

2. Устройство измерения малых отношений сигнал/шум, содержащее узкополосный  
30 фильтр, вход которого является входом устройства, последовательно соединенные первый полосовой фильтр, первый квадратор, первый фильтр нижних частот, делитель, выход которого является выходом устройства, а также последовательно  
соединенные второй полосовой фильтр, вход которого объединен с входом первого  
полосового фильтра, второй квадратор и второй фильтр нижних частот, выход  
которого соединен со вторым входом делителя, отличающееся тем, что в устройство  
35 введен амплитудно-фазовый преобразователь, выход которого объединен с входами первого и второго полосовых фильтров, при этом амплитудно-фазовый преобразователь содержит парафазный каскад, выходы которого соединены  
соответственно с входами первого и второго электронных ключей, выходы которых  
40 объединены с входами первого и второго полосовых фильтров, амплитудный детектор, вход которого объединен с входом парафазного каскада и соединен с выходом узкополосного фильтра, компаратор, вход которого соединен с выходом амплитудного детектора, и Т-триггер, тактовый вход которого соединен с выходом компаратора, а выходы соединены соответственно с управляющими входами первого  
45 и второго электронных ключей, при этом прямой выход Т-триггера подключен к управляющему входу второго электронного ключа, а инверсный выход Т-триггера подключен к управляющему входу первого электронного ключа.



Фиг.2



Фиг.3