



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H04B 1/10 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021127800, 21.09.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.09.2021

Дата регистрации:  
01.08.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.09.2021

(43) Дата публикации заявки: 21.03.2023 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 01.08.2023 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

198206, Санкт-Петербург, ул. Летчика  
Пилотова, 1, ФГКВОУ ВО СПВИВНГ РФ,  
научно-исследовательский и редакционно-  
издательский отдел

(72) Автор(ы):

Голик Александр Михайлович (RU),  
Дворников Сергей Викторович (RU),  
Дворников Сергей Сергеевич (RU),  
Таргаев Олег Александрович (RU),  
Пшеничников Александр Викторович (RU),  
Тимощук Елизавета Дмитриевна (RU),  
Водопьянов Андрей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное казенное  
военное образовательное учреждение  
высшего образования "Санкт-Петербургский  
военный ордена Жукова институт войск  
национальной гвардии Российской  
Федерации" (RU)

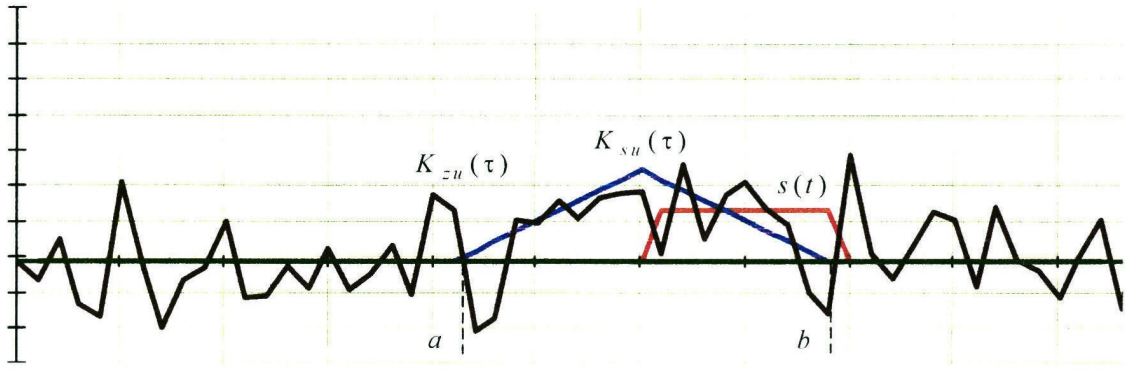
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2419968 C2, 27.05.2011. RU  
2423735 C1, 10.07.2011. RU 2264043 C1,  
10.11.2005. US 2005/047486 A1, 03.03.2005. RU  
2480901 C1, 27.04.2013. US 6999526 B2,  
14.02.2006. RU 2382495 C1, 20.02.2010.

## (54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ УЗКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к способам автоматического обнаружения узкополосных сигналов в аддитивных шумах. Техническим результатом является реализация повышения уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал. Заявляемый технический результат достигается за счет использования

для обработки компонент функции взаимной корреляции, получаемой на основе компонент функции взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала и компонентами функции корреляции эталонного сигнала. 2 ил.



Фиг. 1

RU 280110 С2

RU 280110 С2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H04B 1/10 (2022.02)*

(21)(22) Application: **2021127800, 21.09.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**21.09.2021**

Registration date:  
**01.08.2023**

Priority:

(22) Date of filing: **21.09.2021**

(43) Application published: **21.03.2023 Bull. № 9**

(45) Date of publication: **01.08.2023 Bull. № 22**

Mail address:

**198206, Sankt-Peterburg, ul. Letchika Pilyutova,  
1, FGKVOU VO SPVIVNG RF, nauchno-  
issledovatelskij i redakcionno-izdatelskij otdel**

(72) Inventor(s):

**Golik Aleksandr Mikhajlovich (RU),  
Dvornikov Sergej Viktorovich (RU),  
Dvornikov Sergej Sergeevich (RU),  
Targaev Oleg Aleksandrovich (RU),  
Pshenichnikov Aleksandr Viktorovich (RU),  
Timoshchuk Elizaveta Dmitrievna (RU),  
Vodopyanov Andrej Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij voennyj  
ordena Zhukova institut vojsk natsionalnoj  
gvardii Rossijskoj Federatsii" (RU)**

(54) **METHOD FOR AUTOMATIC DETECTION OF NARROWBAND SIGNALS**

(57) Abstract:

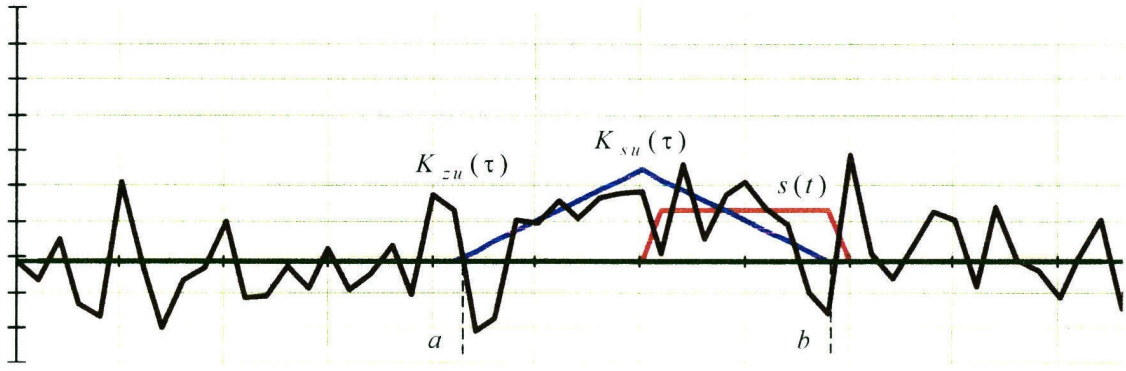
FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to radio engineering, namely to methods for automatic detection of narrowband signals in additive noise. The claimed technical result is achieved by using the components of the mutual correlation function for processing, obtained on the basis of the components of the mutual correlation function between the components of the

digitized signal and the components of the reference signal and the components of the correlation function of the reference signal.

EFFECT: technical result is the implementation of an increase in the level of variance of the components within the sampling interval, where the useful signal is contained.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 280110 С2

RU 280110 С2

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к способам автоматического обнаружения узкополосных сигналов в аддитивных шумах.

Известен способ автоматического обнаружения сигналов, реализованный в патенте RU №2480901 С1, МКП Н03М 1/08 (2006.01), G06F 17/00, (2006.01), Н04L 27/22 (2006.01).  
5 Опубликовано: 27.04.2013. Бюл. №12.

В известном способе принимают аналоговый сигнал  $z(t)$ , оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, формируют спектральное представление  $F_j$ , где  $j=1, 2, \dots$  - порядковый номер спектральной компоненты, оцифрованного сигнала  $z_i$ , где  $i=1, 2, \dots$  - порядковый номер  
10 временного отсчета, затем рассчитывают параметры спектрального представления  $S_j$ , по значениям которых вычисляют пороговое значение уровня шума  $G$ , сравнивают параметры спектрального представления  $S_j$  с рассчитанным пороговым значением уровня шума  $G$  и по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения  
15 сигнала, отличающийся тем, что при формировании спектрального представления  $F_j$  оцифрованный сигнал  $z_j$  предварительно делят на  $N$  равных фрагментов, над которыми независимо друг от друга выполняют преобразование Фурье  $\{F_{1j}, F_{2j}, \dots, F_{Nj}\}$ , а в качестве параметров спектрального представления  $S_j$  выбирают максимальные значения  
20 компонентов преобразования Фурье каждого из  $N$  фрагментов. Решение о факте обнаружения сигнала принимают, если параметры спектрального представления хотя бы одного из фрагментов превысят пороговое значение уровня шума  $G$ . Пороговое значение уровня шума  $G$  рассчитывают отдельно для каждого из  $N$  фрагментов и выбирают равное утроенному значению усредненной суммы спектральных компонентов  
25 фрагмента.

Недостатком этого способа является ограниченность области его применения, поскольку его реализация в условиях высокого уровня шумов не обеспечивает высокого уровня дисперсии компонент в пределах того интервала обрабатываемой выборки, где содержится полезный сигнал.

Известен также способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов, реализованный в патенте RU №2382495 С1, МКП Н04В 1/10 (2006.01). Опубликовано:  
30 20.02.2010. Бюл. №5.

В данном способе принимают аналоговый сигнал  $z(t)$ , оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования,  
35 затем рассчитывают параметры оцифрованного сигнала  $z_i$ , сравнивают полученные параметры с предварительно заданным пороговым значением, и по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала, отличающийся тем, что для расчета параметров оцифрованного сигнала  $z_i$  формируют его спектральное  
40 представление  $F_j$ , путем выполнения над ним преобразования Фурье, рассчитывают пороговый уровень шума  $U$ , путем вычисления удвоенного значения выборочного среднего компонента спектрального представления  $F_j$ , сравнивают уровни каждой из спектральных компонент из последовательности спектрального представления  $F_j$  с  
45 вычисленным пороговым уровнем шума  $U$ , и формируют первую  $F_{1j}$  и вторую  $F_{2j}$  последовательности соответственно из спектральных компонент  $F_j$ , превысивших пороговый уровень шума  $U$  и не превысивших его, затем отдельно суммируют компоненты, входящие в первую  $\Sigma F_1$  и вторую  $\Sigma F_2$  последовательности, после чего

вычисляют соотношение  $R$ , как отношение найденных сумм  $R = \Sigma F_1 / \Sigma F_2$  и сравнивают с предварительно заданным пороговым значением  $R_{\text{пор}}$ , а решение о факте обнаружения сигнала принимают при условии, что  $R > R_{\text{пор}}$ , при том, что пороговое значение  $R_{\text{пор}}$  выбирается в интервале  $R_{\text{пор}} = 0,13 - 0,15$ .

Недостатком этого способа также является ограниченность области его применения, поскольку его реализация в условиях высокого уровня шумов не обеспечивает высокого уровня дисперсии компонент в пределах того интервала обрабатываемой выборки, где содержится полезный сигнал.

Наиболее близким аналогом по технической сущности к заявленному является способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов (патент RU №2419968, H04B 1/10 (2006.01). Опубликовано: 27.05.2011. Бюл. №15), в котором принимают аналоговый сигнал  $z(t)$ , оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, затем рассчитывают параметры оцифрованного сигнала  $z_i$ , сравнивают полученные параметры с предварительно вычисленным пороговым значением уровня шума  $U$  и по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала, для расчета параметров оцифрованного сигнала  $z$  его разделяют на две равные последовательности:  $z_1$  и  $z_2$ , соответствующие первой и второй половинам оцифрованного сигнала  $z$ . Рассчитывают функцию взаимной корреляции  $K$ , между последовательностями  $z_1$  и  $z_2$  и формируют ее спектральное представление  $F_j$ , где  $j = 1, 2, \dots$  - номера спектральных компонент функции взаимной корреляции, путем выполнения над ней преобразования Фурье. Пороговое значение уровня шума  $U$  вычисляют путем умножения среднего значения компонент спектрального представления  $F_j$  на коэффициент  $Q$ . Сравнивают уровень каждой из спектральных компонент  $F_j$  с предварительно вычисленным пороговым значением уровня шума  $U$  и при выполнении, по крайней мере, для одной из  $j$ -х компонент условия  $F_j > U$  фиксируют факт обнаружения узкополосного сигнала. Значение  $Q$  выбирают в интервале  $Q = 3,5 - 4,5$ .

Недостатком этого способа является ограниченность области его применения, поскольку его реализация в условиях высокого уровня шумов не обеспечивает высокого уровня дисперсии компонент в пределах того интервала обрабатываемой выборки, где содержится полезный сигнал.

Задачей изобретения является создание способа, обеспечивающего обнаружение сигналов в условиях шумов без использования процедур преобразования Фурье обрабатываемых реализаций.

Техническим результатом является реализация повышения уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в известном способе автоматического обнаружения узкополосных сигналов, заключающегося в том, что принимают аналоговый сигнал, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, рассчитывают функцию взаимной корреляции, вычисляют пороговое значение уровня шума оцифрованного сигнала, умножают среднее значение компонент на коэффициент, производят сравнение с вычисленным пороговым значением уровня шума, по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала. При этом предварительно формируют эталонный сигнал, параметры которого соответствуют параметрам обнаруживаемого сигнала в условиях отсутствия шумов, рассчитывают

функцию корреляции эталонного сигнала, вычисляют пороговое значение уровня шума, для чего рассчитывают первую функцию взаимной корреляции между компонентами оцифрованной входной реализации содержащей только шум, и компонентами эталонного сигнала, рассчитывают вторую функцию взаимной корреляции между компонентами функции корреляции эталонного сигнала и компонентами первой функции взаимной корреляции, рассчитывают модуль среднего значения компонент второй функции взаимной корреляции и умножают на коэффициент, значение которого выбирают в интервале от двух до восьми, полученный результат перемножения выбирают в качестве порогового значения уровня шума, рассчитывают третью функцию взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала, рассчитывают четвертую функцию взаимной корреляции между компонентами третьей функции взаимной корреляции и компонентами функции корреляции эталонного сигнала, рассчитывают среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции, которое сравнивают с вычисленным пороговым значением уровня шума, по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала в том случае, если среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции превысит вычисленное пороговое значение уровня шума, а конкретное значение коэффициента, на который умножают модуль среднего значения компонент второй функции взаимной корреляции, выбирают по результатам предварительного испытания.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявленном способе обеспечивается обнаружение сигналов в условиях высокого уровня шумов без использования процедур преобразования Фурье обрабатываемых реализаций, за счет повышения уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал, которое происходит в результате использования для обработки компонент функции взаимной корреляции, получаемой на основе компонент функции взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала и компонентами функции корреляции эталонного сигнала.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

фиг.1. - временная реализация функции взаимной корреляции оцифрованного аналогового сигнала в шумах и эталонного сигнала при отношении сигнал/шум (ОСШ), равном 0 дБ; функция взаимной корреляции полезного сигнала и эталонного сигнала (равносильна функции корреляции эталонного сигнала); истинное положение полезного сигнала;

фиг. 2. - временная реализация функции взаимной корреляции от функции взаимной корреляции полезного сигнала и эталонного сигнала и функции взаимной корреляции оцифрованного аналогового сигнала в шумах при ОСШ = 0 дБ и эталонного сигнала; функция взаимной корреляции полезного сигнала и эталонного сигнала (равносильна функции корреляции эталонного сигнала); истинное положение полезного сигнала.

На фиг.1 и фиг.2. показаны зависимости функций взаимной корреляции от аргумента  $\tau$ , где  $\tau$  - интервал корреляции. Далее функции взаимной корреляции будут представлены как функции текущего параметра.

Корреляционный способ обнаружения сигналов успешно используется в различных областях радиотехники. Для дискретных сигналов  $X$  и  $Y$ , функцию их взаимной корреляции можно представить следующим выражением [см. Сато Юкио. Обработка сигналов. Первое знакомство. - М.: Издательский дом «Додека XXI», 2002. - 176 с.]:

$$K_{XY}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i Y_{i+j}, \quad (1)$$

где  $N$  - количество временных отсчетов.

5 Вместе с тем существующая проблема автоматического обнаружения узкополосных сигналов в шумах заключается в том, что в условиях высокого уровня шумов (отношение сигнал/шум (ОСШ)  $< 2$  дБ), рассчитываемая функция взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$  (здесь  $\tau$  - интервал корреляции) оцифрованного аналогового сигнала в шумах  $z(t) = s(t) + n(t)$  (здесь  $s(t)$  - полезный сигнал;  $n(t)$  - шум) с эталонным сигналом  $u(t)$  имеет относительно  
10 низкий уровень дисперсии компонент в пределах того интервала обрабатываемой выборки, где содержится полезный сигнал  $s(t)$ , что затрудняет достоверное обнаружение полезных сигналов.

В качестве примера, на фиг.1 показаны результаты эксперимента по обнаружению полезного сигнала  $s(t)$  в шумах  $n(t)$ . Здесь показано истинное положение полезного  
15 сигнала  $s(t)$ , положение функции взаимной корреляции  $K_{su}(\tau)$ , которая рассчитана по формуле (1), где в качестве  $X$  выступает полезный сигнал  $s(t)$ , а в качестве  $Y$  выступает эталонный сигнал  $u(t)$ , параметры которого аналогичны параметрам полезного сигнала (т.е.  $s(t) = u(t)$ ), а также показана функция взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$ , которая  
20 рассчитана по формуле (1), где в качестве  $X$  выступает оцифрованный аналоговый сигнал в шумах  $z(t)$ , а в качестве  $Y$  выступает эталонный сигнал  $u(t)$ . Здесь ОСШ = 0 дБ.

Следует отметить, что функции взаимной корреляции  $K_{su}(\tau)$  будет аналогичной функции корреляции эталонного сигнала  $K_{uu}(\tau)$ , так как  $u(t) = s(t)$ .

25 Очевидно, что на основе визуального анализа достаточно сложно локализовать положение функции взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$ , соответствующее полезному сигналу  $s(t)$ . Это обусловлено относительно низким уровнем дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал.

30 Так расчет дисперсии функции взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$  в пределах интервала нахождения полезного сигнала и вне его, проводимый по формуле

$$D_{[a,b]} = \frac{1}{(b-a)-1} \sum_{j=a}^b (\Sigma_{Kzu} - K_{zu}(j))^2, \quad (2)$$

35 показал, что разница в значениях дисперсии в интервале нахождения полезного сигнала и вне его, составляет от 15% до 30%, в зависимости от выбранных интервалов, где нет полезного сигнала (расчетные значения получены по результатам усреднения 200 экспериментов).

40 В формуле (2):  $a$  - начало интервала,  $b$  - окончание интервала (на фиг.1  $a$  и  $b$  показаны для интервала  $K_{su}(\tau)$ );  $\Sigma_{Kzu}$  - среднее значение функции взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$ .

В тоже время, дополнительный расчет функции взаимной корреляции  $K_{Kzu.Ksu}(\tau)$  по формуле (1), где в качестве  $X$  выступает функция взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$ , а в качестве  $Y$  выступает функция взаимной корреляции  $K_{su}(\tau)$ , приводит к повышению  
45 уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал.

В качестве примера, на фиг.2 показаны результаты эксперимента по обнаружению полезного сигнала  $s(t)$  в шумах  $n(t)$ . Здесь показано истинное положение полезного

сигнала  $s(t)$ , положение функции взаимной корреляции  $K_{su}(\tau)$ , которая рассчитана по формуле (1), где в качестве  $X$  выступает полезный сигнал  $s(t)$ , а в качестве  $Y$  выступает эталонный сигнал  $u(t)$ , параметры которого аналогичны параметрам полезного сигнала (т.е.  $s(t) = u(t)$ ).

5 Также показана функция взаимной корреляции  $K_{K_{zu}K_{su}}(\tau)$ , которая рассчитана по формуле (1), где в качестве  $X$  выступает функция взаимной корреляции  $K_{zu}(\tau)$ , а в качестве  $Y$  выступает функция взаимной корреляции  $K_{su}(\tau)$ . Здесь ОСШ = 0 дБ, т.е. условия аналогичные результатам эксперимента на фиг.1. Результаты на фиг.1 и фиг.2  
10 представлены в одинаковом масштабе.

Очевидно, что даже на основе визуального анализа легко можно локализовать положение функции взаимной корреляции  $K_{K_{zu}K_{su}}(\tau)$ , соответствующее полезному сигналу  $s(t)$ . Это обусловлено достаточно высоким уровнем дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал.

15 Так расчет дисперсии функции взаимной корреляции  $K_{K_{zu}K_{su}}(\tau)$  в пределах интервала нахождения полезного сигнала и вне его, проводимый по формуле (2) показал, что разница в значениях дисперсии в интервале нахождения полезного сигнала и вне его, составляет от 500% до 700%, в зависимости от выбранных интервалов, где нет полезного сигнала (расчетные значения получены по результатам усреднения 200 экспериментов).

20 Таким образом, за счет повышения уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал, которое происходит в результате использования для обработки компонент функции взаимной корреляции, получаемой на основе компонент функции взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала и компонентами функции  
25 корреляции эталонного сигнала (функции взаимной корреляции эталонного сигнала и полезного сигнала), открывается возможность реализации заявленного способа обнаружения сигналов в условиях высокого уровня шумов без использования процедур преобразования Фурье обрабатываемых реализаций.

Реализация заявленного способа объясняется следующим образом.

30 1. Формируют эталонный сигнал, параметры которого соответствуют обнаруживаемому сигналу в условиях отсутствия шумов.

Процедуры формирования эталонных сигналов известны, и, например, рассмотрены в [Патент RU №2423735, МПК G06K 9/00 (2006.01). Способ распознавания радиосигналов. Опубликовано: 10.07.2011. Бюл. №19].

35 2. Рассчитывают функцию корреляции эталонного сигнала  $K_{uu}(j)$ . Расчет осуществляют по формуле (1).

40 Процедуры расчета функции взаимной корреляции сигналов известны [Патент RU №2419968, МПК H04B 1/10 (2006.01). Способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов. Опубликовано: 27.05.2011. Бюл. №15]. Процедуры расчета функции корреляции аналогичны процедурам расчета функции взаимной корреляции, но реализуется только в отношении сигнала и его сдвинутой по времени копии.

45 3. Принимают реализацию в виде аналогового сигнала  $z(t)$ , содержащую только шум  $x(t)$ , т.е.  $z(t) = x(t)$ . Прием может осуществляться, например, с тракта промежуточной или низкой частоты радиоприемного устройства.

Процедуры приема аналогового сигнала известны, и, например, рассмотрены в [Патент RU №2356064. МПК G01S 7/00 (2006.01). Способ распознавания радиосигналов. Опубликовано: 20.05.2009. Бюл. №14].

4. Оцифровывают принятую реализацию в виде аналогового сигнала  $z(t)$ , для чего

последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования.

Процедуры дискретизации, квантования и кодирования аналогового сигнала известны, и, например, рассмотрены в [Патент RU №2261476. МПК G06K 9/00. Способ распознавания радиосигналов. Опубликовано: 27.09.2005 Бюл. №27].

5 5. Рассчитывают первую функцию взаимной корреляции  $K1(j)$ , между компонентами оцифрованной входной реализации содержащей только шум  $n_i$  и компонентами эталонного сигнала  $u_i$ . Расчет осуществляют по формуле (1).

6. Рассчитывают вторую функцию взаимной корреляции  $K2(j)$  между компонентами функции корреляции эталонного сигнала  $K_{uu}(j)$  и компонентами первой функции взаимной корреляции  $K1(j)$ .

7. Рассчитывают модуль среднего значения компонент второй функции взаимной корреляции  $\Sigma_{K2}$  и умножают на коэффициент  $Q$ , значение которого выбирают от двух до восьми.

$$15 \quad G_n = \Sigma_{K2} \times Q. \quad (3)$$

Процедуры вычисления средних значений компонент функции взаимной корреляции известны [Патент RU №2419968, МПК H04B 1/10 (2006.01). Способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов. Опубликовано: 27.05.2011. Бюл. №15]. Процедуры умножения также известны [Патент RU №2439819. МПК H04L 7/02 (2006.01). Способ и устройство формирования сигналов квадратурной амплитудной манипуляции. Опубликовано: 10.01.2012. Бюл. №1].

8. Полученный результат перемножения  $G_n$  (результат расчета по формуле (3)) выбирают в качестве порогового значения уровня шума.

9. Принимают реализацию в виде аналогового сигнала  $z(t)$ , которая может содержать или только шум  $z(t) = x(t)$ , или аддитивную смесь  $z(t) = s(t) + x(t)$  обнаруживаемого полезного сигнала  $s(t)$  и шума  $x(t)$ .

(Процедуры аналогичны п. 3).

10. Оцифровывают принятую реализацию в виде аналогового сигнала  $z(t)$ .

(Процедуры аналогичны п. 4).

30 11. Рассчитывают третью функцию взаимной корреляции  $K3(j)$  между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала.

(Процедуры аналогичны п. 4).

В качестве примера на фиг.1 показана функция взаимной корреляции  $K3(j)$ .

35 12. Рассчитывают четвертую функцию взаимной корреляции  $K4(j)$  между компонентами третьей функции взаимной корреляции и компонентами функции корреляции эталонного сигнала,

(Процедуры аналогичны п. 4).

В качестве примера на фиг.2 показана функция взаимной корреляции  $K4G$ .

40 13. Рассчитывают среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции  $\Sigma_{K4}$ ,

(Процедуры аналогичны п. 7).

45 14. Сравнивают рассчитанное в п. 13 среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции  $\Sigma_{K4}$ , с вычисленным пороговым значением уровня шума  $G_n$ . По результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала в том случае, если среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции превысит вычисленное пороговое значение уровня шума.

Процедуры сравнения порогового значения уровня шума оцифрованного сигнала

с компонентами функции взаимной корреляции известны [Патент RU №2419968, МПК H04B 1/10 (2006.01). Способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов. Опубликовано: 27.05.2011. Бюл. №15].

Для примера, представленного на фиг 2, обнаружение полезного сигнала  
5 обеспечивается при выборе значение коэффициента  $Q = 4$ . Конкретное значение выбора коэффициента  $Q$  осуществляют по результатам предварительного испытания, в ходе которого производят обработку не менее 200 реализаций  $z(t) = x(t)$  для текущего значения уровня шума и вычисляют не менее 200 средних значений компонент второй функции взаимной корреляции  $\Sigma_{K2}$ . И текущее значение  $Q$  выбирают таким образом, чтобы  
10 результирующее значение порога  $G_n$ , рассчитанное по формуле (3), где в качестве  $\Sigma_{K2}$  было выбрано самое малое значение из полученных в ходе испытаний, превысило не менее чем в 1,5 раза самое большое значение  $\Sigma_{K2}$ , полученное в ходе испытаний.

Таким образом, благодаря использованию для обработки компонент функции  
15 взаимной корреляции, получаемой на основе компонент функции взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала и компонентами функции корреляции эталонного сигнала, обеспечивается повышение уровня дисперсии компонент в пределах того интервала выборки, где содержится полезный сигнал, что позволяет реализовать автоматическое обнаружение полезного  
20 сигнала в условиях высокого уровня шумов, что указывает на обеспечение заявляемого технического результата.

#### (57) Формула изобретения

Способ автоматического обнаружения узкополосных сигналов, заключающийся в  
25 том, что принимают аналоговый сигнал, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, рассчитывают функцию взаимной корреляции, вычисляют пороговое значение уровня шума оцифрованного сигнала, умножают среднее значение компонент на коэффициент, производят сравнение с вычисленным пороговым значением уровня шума, по  
30 результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала, отличающийся тем, что предварительно формируют эталонный сигнал, параметры которого соответствуют параметрам обнаруживаемого сигнала в условиях отсутствия шумов, рассчитывают функцию корреляции эталонного сигнала, вычисляют пороговое  
35 значение уровня шума, для чего рассчитывают первую функцию взаимной корреляции между компонентами оцифрованной входной реализации, содержащей только шум, и компонентами эталонного сигнала, рассчитывают вторую функцию взаимной корреляции между компонентами функции корреляции эталонного сигнала и компонентами первой функции взаимной корреляции, рассчитывают модуль среднего  
40 значения компонент второй функции взаимной корреляции и умножают на коэффициент, значение которого выбирают в интервале от двух до восьми, полученный результат перемножения выбирают в качестве порогового значения уровня шума, рассчитывают третью функцию взаимной корреляции между компонентами оцифрованного сигнала и компонентами эталонного сигнала, рассчитывают четвертую функцию взаимной  
45 корреляции между компонентами третьей функции взаимной корреляции и компонентами функции корреляции эталонного сигнала, рассчитывают среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции, которое сравнивают с вычисленным пороговым значением уровня шума, по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала в том случае, если среднее значение компонент четвертой функции взаимной корреляции превысит вычисленное пороговое значение уровня шума,

а конкретное значение коэффициента, на который умножают модуль среднего значения компонент второй функции взаимной корреляции, выбирают по результатам предварительного испытания.

5

10

15

20

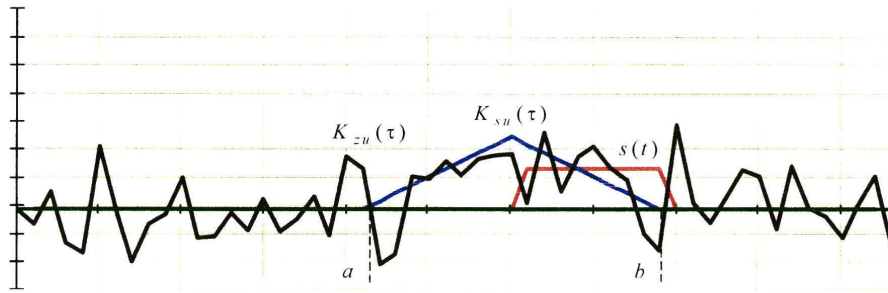
25

30

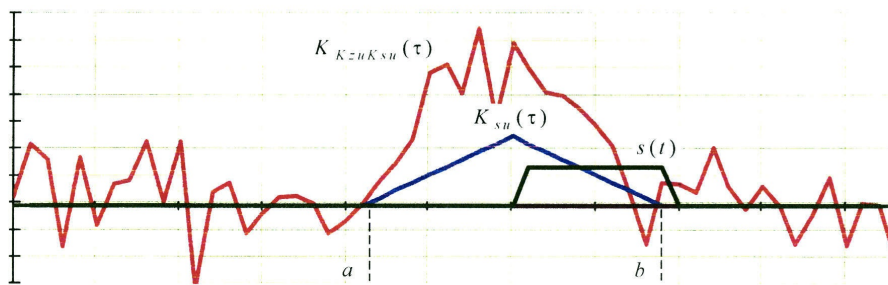
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2