



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*H04B 1/00 (2023.05); H04B 1/10 (2023.05); H03G 3/20 (2023.05)*

(21)(22) Заявка: 2022135185, 28.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.12.2022Дата регистрации:  
07.11.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2022

(45) Опубликовано: 07.11.2023 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

634055, Томская обл., г. Томск, пр-кт  
Академический, 2/3, ИСЭ СО РАН, группа по  
инновационной деятельности и  
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Назаров Максим Андреевич (RU),  
Семенов Эдуард Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

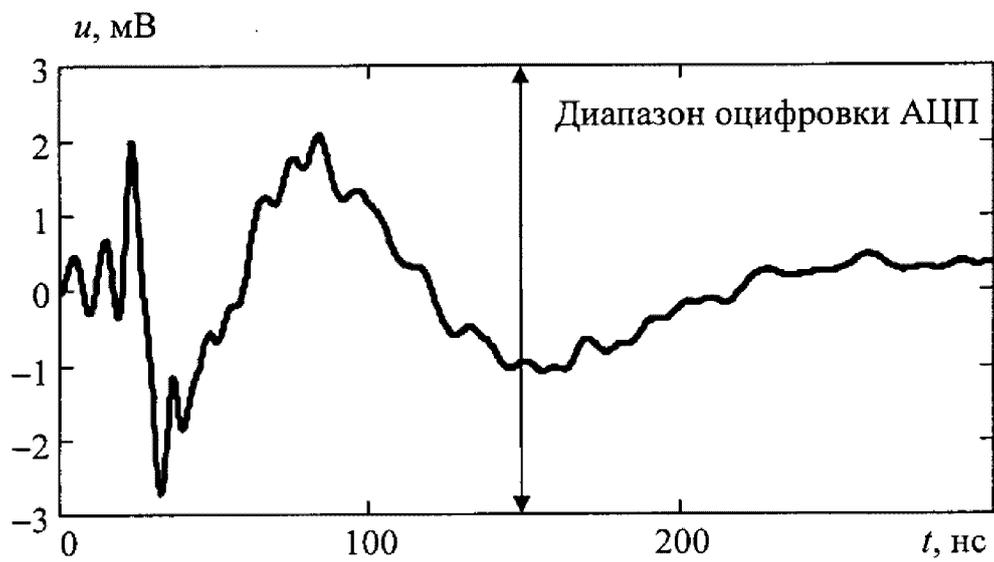
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки "Институт сильноточной  
электроники Сибирского отделения  
Российской академии наук" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: Eltesta Product presentation,  
[https://eltesta.com/wp-content/uploads/2020/07/  
UDS-2128\\_ProductPresentation\\_Eng\\_2004.11.pdf](https://eltesta.com/wp-content/uploads/2020/07/UDS-2128_ProductPresentation_Eng_2004.11.pdf),  
2004, стр. 15. RU 2431852 C2, 20.10.2011. RU  
2542939 C1, 27.02.2015. US 5224122 A1,  
29.06.1993.

## (54) СПОСОБ РАСШИРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ПРИЕМНИКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и измерительной техники и может быть использовано для уменьшения шумов и систематических помех при регистрации полезного сигнала на фоне превышающей его периодической помехи. Технический результат - создание способа, который позволит при наличии мощной периодической помехи усилить входной сигнал так, чтобы слабый регистрируемый сигнал занимал большую часть диапазона оцифровки АЦП. Он достигается тем, что в способе регистрации периодического сигнала, включающем усиление входного сигнала и

аналого-цифровое преобразование усиленного сигнала, оцифрованный на периоде помехи сигнал единожды запоминают, производят преобразование в аналоговую форму запомненного сигнала периодически и в фазе с синхронной помехой, получают сигнал разности между входным сигналом и преобразованным в аналоговую форму сигналом, а эту разность усиливают и подвергают аналого-цифровому преобразованию. Полученная разность имеет меньшую амплитуду по сравнению с входным сигналом, поэтому коэффициент усиления устанавливается больше изначального. 2 ил.



Фиг. 2

RU 2806802 C1

RU 2806802 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H04B 1/00 (2023.05); H04B 1/10 (2023.05); H03G 3/20 (2023.05)*

(21)(22) Application: **2022135185, 28.12.2022**

(24) Effective date for property rights:  
**28.12.2022**

Registration date:  
**07.11.2023**

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2022**

(45) Date of publication: **07.11.2023** Bull. № 31

Mail address:

**634055, Tomskaya obl., g. Tomsk, pr-kt  
Akademicheskij, 2/3, ISE SO RAN, gruppa po  
innovatsionnoj deyatel'nosti i intellektualnoj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Nazarov Maksim Andreevich (RU),  
Semenov Eduard Valerevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki "Institut silnotochnoj  
elektroniki Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj  
akademii nauk" (RU)**

(54) **METHOD FOR EXPANDING DYNAMIC RANGE OF RECEIVER**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: used to reduce noise and systematic interference when recording a target signal against a background of periodic interference that exceeds it. It is achieved by the fact that in the method for recording a periodic signal, including amplification of the input signal and analog-to-digital conversion of the amplified signal, the signal digitized on the interference period is stored once, the stored signal is converted into an analog form periodically and in phase with synchronous interference, and the difference signal between input

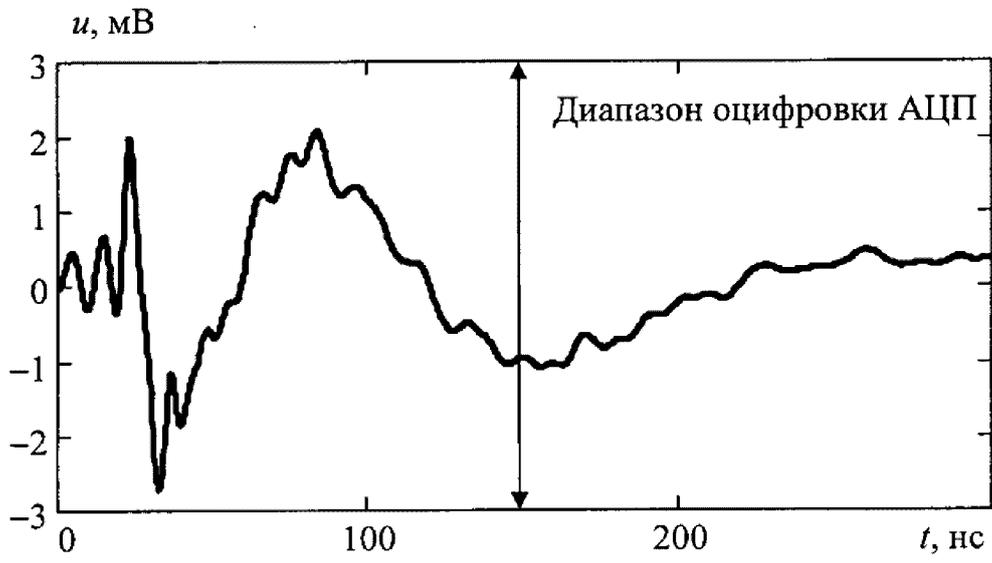
signal and the signal converted to analog form, and this difference is amplified and subjected to analog-to-digital conversion. The resulting difference has a smaller amplitude compared to the input signal, so the gain is set higher than the original one.

EFFECT: creation of a method that will allow, in the presence of powerful periodic interference, to amplify the input signal so that the weak recorded signal occupies most of the ADC digitization range.

1 cl, 2 dwg

**RU 2 806 802 C1**

**RU 2 806 802 C1**



Фиг. 2

RU 2806802 C1

RU 2806802 C1

Изобретение относится к области радиотехники и измерительной техники и может быть использовано для регистрации сигнала на фоне периодической помехи, например, для регистрации малого нелинейного отклика объекта на видеоимпульсный периодический сигнал на фоне линейной составляющей отклика объекта.

5 Известен способ расширения динамического диапазона приемника (исключения блокирования приемника мощным сигналом), заключающийся в применении цепи автоматической регулировки усиления (АРУ) во входной цепи приемника [1]. Способ включает обнаружение уровня принятого сигнала, сравнение уровня сигнала с динамическим диапазоном приемника и настройку коэффициента усиления  
10 перестраиваемого усилителя. Когда мощность принимаемого приемником сигнала больше значения верхнего предела динамического диапазона приемника, сигнал ослабляется. Когда мощность принимаемого приемником сигнала меньше значения нижнего предела динамического диапазона приемника, сигнал усиливается. Недостатком известного способа является то, что при регистрации малого сигнала на фоне мощной  
15 помехи снижается коэффициент усиления как по отношению к помехе (чем исключается блокирование приемника помехой), так и по отношению к малому сигналу. Это приводит к тому, что отношение сигнал-шум и сигнал-помеха для малого сигнала уменьшаются.

Известен способ регистрации слабого широкополосного сигнала на фоне узкополосных помех [2], основанный на измерении разности мощностей сигналов в  
20 широкополосном приемном канале, получаемых при настройке на источник радиоизлучения и при отстройке от него, сигналы в широкополосном канале преобразуют в последовательности цифровых выборок и методом быстрого преобразования Фурье вычисляют и накапливают энергетические спектры, после чего исключают спектральные компоненты, превышающие заданное значение, и суммируют  
25 оставшиеся спектральные компоненты. При накоплении вычисляемых реализаций энергетического спектра смеси принимаемого сигнала, собственного шума радиотелескопа и радиопомех сглаживаются флуктуации амплитуд спектральных компонентов и становятся заметными даже слабые узкополосные радиопомехи. Исключение из рассмотрения компонентов спектра на частотах, занятых  
30 радиопомехами, и суммирование оставшихся компонентов дает суммарную мощность исследуемого сигнала и собственного шума радиотелескопа в полосе. Недостатком этого метода является то, что ослабить таким образом можно только узкополосную помеху.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является  
35 способ регистрации периодического сигнала, изложенный в [3] на странице 15 (прототип). В этом способе на каждом периоде входного сигнала выполняется выборка единственного значения входного сигнала, усиление выбранного значения сигнала, аналого-цифровое преобразование (АЦП) усиленного сигнала. Сигнал в цифровой форме, после его цифровой обработки, подвергается цифро-аналоговому  
40 преобразованию и сигнал в аналоговой форме меняет рабочую точку устройства выборки значения входного сигнала на последующих периодах входного сигнала. Поскольку в целом данная система работает как система с отрицательной обратной связью, то действие обратной связи приводит к уменьшению нелинейных искажений при регистрации входного сигнала (которые, в основном, происходят в устройстве  
45 выборки). Уменьшение нелинейных искажений означает уменьшение перегрузки приемника регистрируемыми сигналами, т.е. динамический диапазон приемника расширяется. Недостатком способа-прототипа является то, что при регистрации малых сигналов на фоне помех коэффициент усиления при усилении выбранных значений

сигнала приходится устанавливать исходя из уровня помехи. При этом отношение сигнал-шум и сигнал-помеха для малых сигналов может оказаться неприемлемым. Кроме того, такой способ применим только в стробоскопических приемниках.

Технический результат, на достижение которого направлено предлагаемое решение, - создание способа, который позволит при наличии мощной периодической помехи усилить входной сигнал так, чтобы слабый регистрируемый сигнал занимал большую часть диапазона оцифровки АЦП. Это позволит улучшить отношение сигнал-шум и сигнал-помеха для слабого регистрируемого сигнала.

Это достигается тем, что в известном способе регистрации периодического сигнала, включающем усиление входного сигнала и аналого-цифровое преобразование усиленного сигнала, оцифрованный на периоде помехи сигнал единожды запоминают, производят преобразование в аналоговую форму запомненного сигнала периодически и в фазе с синхронной помехой, получают сигнал разности между входным сигналом и преобразованным в аналоговую форму сигналом, а эту разность усиливают и подвергают аналого-цифровому преобразованию. Полученная разность имеет меньшую амплитуду по сравнению с входным сигналом, поэтому коэффициент усиления устанавливается больше изначального. В результате малый входной сигнал занимает большую часть диапазона оцифровки АЦП.

На фиг. 1 штриховой кривой показана часть тестового сигнала, проникающего на вход приемника, сплошной кривой показан сигнал с выхода ЦАП, жирной кривой показан суммарный сигнал между частью тестового сигнала, проникающего на вход приемника, и сигнала с выхода Г-образной цепи, на вход которой подан сигнал с выхода ЦАП. Жирной кривой на фиг. 2 показан суммарный сигнал между частью тестового сигнала и сигнала с выхода Г-образной цепи (фиг. 1 жирная кривая), но усиленный в приемнике на больший коэффициент усиления.

Ниже приведен пример осуществления изобретения.

В нелинейном видеоимпульсном магнитном локаторе [4] используется совмещенная приемная и передающая антенна. Для подавления проникновения тестового сигнала в приемник используется мост Уитстона. Однако мост не может быть идеально сбалансирован, поэтому часть тестового сигнала проникает на вход приемника (фиг. 1, штриховая кривая). Она действует как периодическая помеха. Этот сигнал усиливается входным усилителем осциллографа National Instruments PXI-5114 и преобразуется в цифровую форму его АЦП. Осциллограф подключен к компьютеру, в памяти которого сигнал в цифровой форме запоминается. Затем он периодически выдается с инверсией на цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), в качестве которого использован генератор сигналов произвольной формы Tabor Electronics 5201. Синхронизация выдаваемого сигнала с синхронной помехой обеспечивается синхронизацией приборов National Instruments PXI-5114 и Tabor Electronics 5201 по сигналу запуска и по тактовому сигналу оцифровки. Сигнал выхода ЦАП (фиг. 1, сплошная кривая) подается на Г-образную цепь из резистора сопротивлением 50 Ом (подключен шунтом на выход ЦАП) и проходного резистора сопротивлением 2 кОм. Свободный вывод последнего резистора подключался к центральному проводу коаксиального кабеля на входе осциллографа. Таким образом, на входе осциллографа оказывается взвешенная сумма исходного входного сигнала и сигнала с выхода ЦАП. Поскольку подаваемый на вход ЦАП сигнал инвертируется, то в результате мы имеем взвешенную разность входного и запомненного в памяти компьютера сигналов (фиг. 1, жирная кривая). Этот разностный сигнал меньше по амплитуде, чем исходный, поэтому усиление входного усилителя осциллографа увеличивается (фиг. 2). Теперь, когда в составе входного сигнала

появляется слабый полезный отклик от объекта зондирования, он занимает большую часть диапазона оцифровки АЦП. В результате величина шумов и связанных с оцифровкой сигнала систематических помех уменьшается относительно слабого полезного сигнала.

5 Источники информации

1. Kepler James F.M.. Digital automatic gain control / David E. Borth, Cerny Jr. Патент США №5276685.

2. Радиометрический способ регистрации слабого широкополосного радиоизлучения. Патент РФ №2431852.

10 3. Eltesta Product presentation. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://eltesta.com/wp-content/uploads/2020/07/UDS-2128\\_ProductPresentation\\_Eng\\_2004.11.pdf](https://eltesta.com/wp-content/uploads/2020/07/UDS-2128_ProductPresentation_Eng_2004.11.pdf), свободный (дата обращения: 02.10.2014).

4. Semyonov E.V. Preselection of the Object Response in a Baseband Pulse Nonlinear Radar // 2021 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). DOI: 15 10.1109/SIBCON50419.2021.9438934.

(57) Формула изобретения

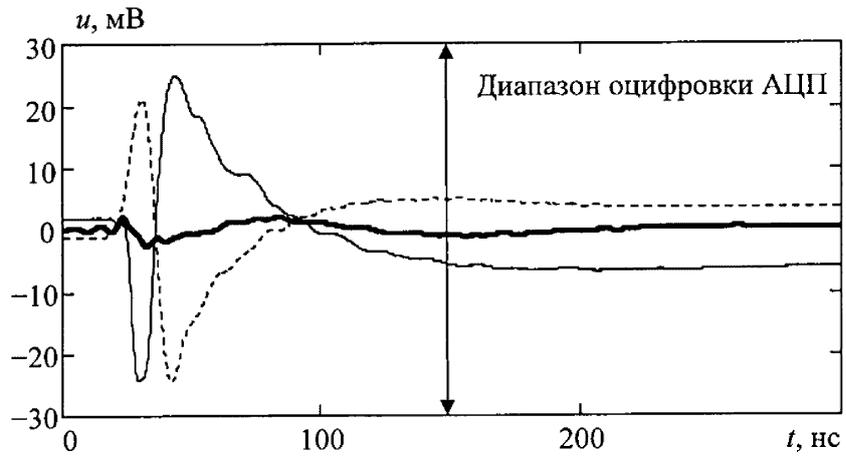
Способ регистрации сигнала на фоне периодической помехи, включающий усиление входного сигнала и аналого-цифровое преобразование усиленного сигнала, отличающийся тем, что оцифрованный на периоде помехи сигнал единожды запоминают, после чего он периодически выдается с инверсией на вход цифроаналогового преобразователя (ЦАП), где периодически производят преобразование в аналоговую форму запомненного сигнала, при этом синхронизация выдаваемого сигнала с синхронной помехой обеспечивается по сигналу запуска и по тактовому сигналу оцифровки, при этом входной сигнал и сигнал с выхода ЦАП подают на резистивную цепь, осуществляющую их взвешенное суммирование, после чего взвешенную сумму этих сигналов усиливают и подвергают аналого-цифровому преобразованию, причем коэффициент усиления выбирают больше изначального.

30

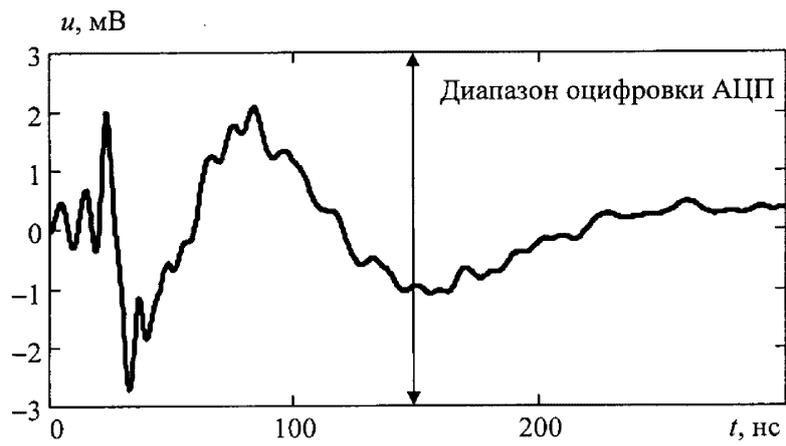
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2