



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014115559/08, 17.04.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
17.04.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.04.2014

(43) Дата публикации заявки: 27.10.2015 Бюл. № 30

(45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2188499 C2, 27.08.2002. RU 2389131  
C2, 10.05.2010. RU 2253182 C1, 27.05.2005. EP  
1052770 A1, 15.11.2000.

Адрес для переписки:

410012, г.Саратов, ул. Московская, 155, СГУ,  
ЦПУ, А.С. Терентьеву

(72) Автор(ы):

Гаманок Валерий Борисович (RU),  
Тверикин Константин Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Саратовский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского" (RU)(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПРЯМОУГОЛЬНОСТИ ТРАКТОВ  
ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

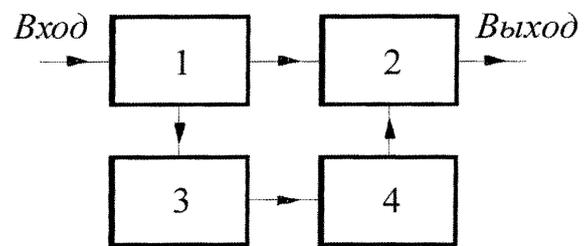
(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиоэлектроники и может быть использовано в качестве селективного устройства. Технический результат - увеличение затухания за полосой пропускания амплитудно-частотной характеристики (АЧХ). Способ формирования АЧХ с высоким коэффициентом прямоугольности трактов частотно-модулированных сигналов с импульсной модуляцией характеризуется тем, что производят нормализацию амплитуды частотно-импульсно-модулированных (ЧИМ) колебаний, затем - преобразование величины девиации ЧИМ колебаний в значения мгновенной амплитуды сигнала, осуществляют слежение за мгновенной

амплитудой сигнала таким образом, что при уменьшении амплитуды ниже заданного порога  $U_0$  выдают сигнал управления на снижение коэффициента передачи, а при возвращении величины мгновенной амплитуды сигнала в пределы выше установленного порога срабатывания  $U_0$  снимают сигнал управления. Устройство формирования АЧХ включает пороговое устройство и, по крайней мере, одну цепь с переменным коэффициентом передачи, усилитель-ограничитель, опорный контур, при этом пороговое устройство по цепи управления соединено с цепью с переменным коэффициентом передачи. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 573 221 C2

RU 2 573 221 C2



Фиг. 1

RU 2573221 C2

RU 2573221 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014115559/08, 17.04.2014  
 (24) Effective date for property rights:  
17.04.2014  
 Priority:  
 (22) Date of filing: 17.04.2014  
 (43) Application published: 27.10.2015 Bull. № 30  
 (45) Date of publication: 20.01.2016 Bull. № 2  
 Mail address:  
 410012, g.Saratov, ul. Moskovskaja, 155, SGU, TsPU,  
 A.S. Terent'evu

(72) Inventor(s):  
**Gamanjuk Valerij Borisovich (RU),**  
**Tverikin Konstantin Sergeevich (RU)**  
 (73) Proprietor(s):  
**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe**  
**obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego**  
**professional'nogo obrazovanija "Saratovskij**  
**gosudarstvennyj universitet imeni N.G.**  
**Chernyshevskogo" (RU)**

(54) **METHOD AND SHAPER OF AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC WITH HIGH SQUARENESS RATIO OF PATHS OF FREQUENCY-MODULATED SIGNALS WITH PULSE MODULATION**

(57) Abstract:

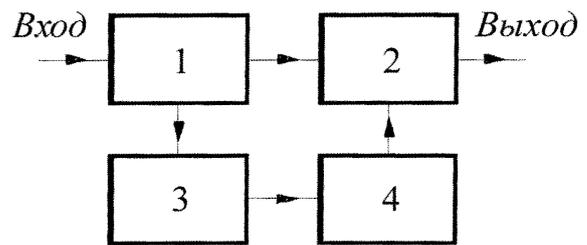
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: method of shaping of the amplitude-frequency characteristic (AFC) with high squareness ratio of paths of frequency-modulated signals with pulse modulation is characterized by that the amplitudes of pulsed-frequency-modulated (PFM) oscillations are normalized, then - the value of deviation of PFM of oscillations are converted to values of instant signal amplitude, the instant signal amplitude is tracked in such a way that at drop of amplitude below the pre-set threshold  $U_0$  the control signal for decrease of transfer ratio is generated, and at return of the value of instant signal amplitude in the limits above the pre-set triggering threshold  $U_0$  the control signal is registered. AFC shaper comprises the threshold device and, at least,

one circuit with variable transfer ratio, the amplifier limiter, the reference loop, the threshold device through the control circuit is connected to the circuit with variable transfer ratio.

EFFECT: increase of attenuation behind the pass-band of the amplitude-frequency characteristic.

2 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2 573 221 1 C 2

RU 2 573 221 1 C 2

Группа изобретений относится к области радиоэлектроники, а именно к селективным устройствам, и предназначено для использования в широком классе радиоэлектронных устройств.

Известно устройство для получения требуемой амплитудно-частотной характеристики, основанное на применении фильтров сосредоточенной селекции, представляющих собой по крайней мере два связанных колебательных контура (Буга Н.Н. и др. Радиоприемные устройства: Учебник для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 1986, стр. 83). Требуемая частотная характеристика данного устройства зависит от выбора резонансных частот контуров, глубины связи контуров, их добротности.

Однако выполнение такого фильтра является сложной технической задачей ввиду того, что требуется изготовление высокоточных элементов для данных фильтров либо необходима тщательная настройка.

Известно также устройство для получения требуемой амплитудно-частотной характеристики, основанное на применении кварцевых фильтров, представляющих собой схему, состоящую из кварцевых резонаторов, изготовленных с высокой точностью и соединенных между собой, как правило, посредством конденсаторов (Головин О.В. Профессиональные радиоприемные устройства декаметрового диапазона. - М.: Радио и связь, 1985, стр. 49). Схема может быть выполнена на дискретных высокоточных компонентах либо в виде гибридной интегральной схемы.

Однако подобные промышленные изделия являются дорогостоящими ввиду сложности изготовления и подгонки номиналов элементов схемы при производстве.

Наиболее близким к заявляемому устройству является регулятор усиления для приемника в системе связи с множеством несущих, который можно использовать в качестве устройства формирования амплитудно-частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности (патент на изобретение RU 2389131). Регулятор содержит средство для обнаружения суммарной мощности принимаемого модулированного сигнала, а также средство для регулировки усиления приемника в одном направлении, от наименьшего усиления к наибольшему усилению, на основании обнаруженной суммарной мощности принимаемого сигнала.

Данное устройство принято за прототип. Недостатком прототипа является сложность конструкции средства для обнаружения суммарной мощности и средства для регулирования усиления.

Известен способ цифровой фильтрации сигналов, позволяющий получать характеристику фильтра, отличающуюся высоким коэффициентом прямоугольности (патент на изобретение RU 2188499). Способ цифровой фильтрации сигналов включает преобразование входного сигнала  $X$  в цифровую форму  $X_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ), сравнение преобразованного входного сигнала  $x_i$  с выходным цифровым сигналом  $X_i^\phi$  путем определения разностного сигнала  $\Delta X_i = X_i - X_{i-1}^\phi$ , выходной цифровой сигнал  $X_i^\phi$  формируют в виде суммы предыдущего значения  $X_{i-1}^\phi$  и дополнительного сигнала  $\Delta_i$ , причем дополнительный сигнал  $\Delta_i$  выбирают равным заданному значению  $\Delta$ , если  $\Delta X_i \geq \Delta$ , значение минус  $\Delta$ , если  $\Delta X_i \leq -\Delta$ , и нулю, если  $-\Delta < \Delta X_i < \Delta$ , где  $\Delta$  соответствует максимально допустимому превышению сигнала помехи над полезным сигналом.

Однако цифровая фильтрация сигналов сложна, она требует выполнения ряда математических действий над сигналом, преобразованным в цифровой вид.

Известен способ демодуляции и фильтрации фазомодулированных сигналов (патент на изобретение RU 2491711), являющийся наиболее близким к заявляемому способу

благодаря наличию этапа обработки сигнала на цепи с заданным квазилинейным склоном и формой АЧХ. Способ демодуляции и фильтрации фазомодулированных сигналов состоит в том, что демодулятор включают между источником фазомодулированных сигналов и нагрузкой и выполняют его из

5 четырехполюсника, двухполюсного нелинейного элемента, фильтра нижних частот и разделительной емкости, фазомодулированный сигнал преобразовывают в амплитудно-фазомодулированный сигнал путем его подачи на правый или левый склон амплитудно-частотной характеристики, с помощью нелинейного элемента разрушают спектр амплитудно-фазомодулированного сигнала на высокочастотные и низкочастотные

10 составляющие, с помощью фильтра нижних частот выделяют информационный низкочастотный сигнал, с помощью разделительной емкости устраняют постоянную составляющую информационного низкочастотного сигнала, амплитуда которого изменяется по закону изменения фазы фазомодулированного входного сигнала, информационный низкочастотный сигнал подают на низкочастотную избирательную

15 нагрузку в виде дифференцирующей или интегрирующей цепи соответственно, отличающийся тем, что между выходом четырехполюсника и фильтром нижних частот в поперечную цепь вводят высокочастотную нагрузку, двухполюсный нелинейный элемент включают между источником фазомодулированных сигналов и входом четырехполюсника в продольную цепь, зависимости элементов матрицы сопротивлений

20 четырехполюсника от частоты выбирают из условия формирования заданной формы и левого квазилинейного склона амплитудно-частотной характеристики высокочастотной части демодулятора с помощью определенных математических выражений.

Данный способ принят за прототип. Однако известный способ является очень

25 сложным.

Задачей технического решения является создание устройства частотной селекции частотно-импульсно-модулированных (ЧИМ) колебаний, имеющего опорный колебательный контур и пороговое устройство, имеющего по крайней мере одну цепь с управляемым коэффициентом передачи.

30 Технический результат заключается в повышении коэффициента прямоугольности амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), улучшении затухания за полосой пропускания, упрощении конструкции за счет исключения дорогостоящих кварцевых фильтров или трудновыполнимых фильтров сосредоточенной селекции.

Указанный технический результат достигается тем, что согласно способу

35 формирования амплитудно-частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности трактов частотно-модулированных сигналов с импульсной модуляцией сначала производят нормализацию амплитуды ЧИМ колебаний, затем - преобразование величины девиации ЧИМ колебаний в значения мгновенной амплитуды сигнала, при этом осуществляют слежение за мгновенной амплитудой сигнала таким образом, что

40 при уменьшении амплитуды ниже заданного порога  $U_0$  выдают сигнал управления на снижение коэффициента передачи, а при возвращении величины мгновенной амплитуды сигнала в пределы выше установленного порога срабатывания  $U_0$  снимают сигнал управления.

Указанный технический результат достигается тем, что устройство формирования амплитудно-частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности трактов частотно-модулированных сигналов с импульсной модуляцией, включающее пороговое устройство, по крайней мере, одну цепь с переменным коэффициентом передачи, согласно решению содержит усилитель-ограничитель, опорный контур, при

этом вход заявляемого устройства соединен с усилителем-ограничителем, а выход усилителя-ограничителя соединен с цепью с переменным коэффициентом передачи и с опорным контуром, соединенным с пороговым устройством, которое, в свою очередь, по цепи управления соединено с цепью с переменным коэффициентом передачи, и  
 5 обеспечивающий осуществление способа по п. 1.

Заявляемое устройство поясняется фигурами, где на фиг. 1 представлена его структурная схема, на фиг. 2 показана резонансная кривая опорного контура. Позициями на чертеже обозначены:

- 1 - усилитель-ограничитель;
- 10 2 - цепь с переменным коэффициентом передачи;
- 3 - опорный контур;
- 4 - пороговое устройство.

Заявляемая группа изобретений характеризуется применением нового способа частотной селекции с использованием опорного контура и порогового устройства,  
 15 управляющего, по крайней мере, одной цепью с переменным коэффициентом передачи. Свойство избирательной проводимости получено не за счет свойств фильтрующего устройства, а за счет избирательной обработки исходного сигнала устройством. Причем управляет работой устройства сам сигнал. При этом используется свойство сигнала изменять свою частоту. Как и все устройства частотной селекции, в том числе и  
 20 устройства, указанные выше, предлагаемое устройство обладает свойством избирательной проводимости на различных частотах. Отличие заявляемого устройства состоит в том, что свойство избирательной проводимости получено не за счет свойств фильтрующего устройства, а за счет избирательной обработки исходного сигнала устройством. Причем управляет работой устройства сам сигнал. При этом используется  
 25 свойство сигнала изменять свою частоту.

Сущность способа

Способ формирования частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности состоит в слежении за девиацией частотно-модулированного (ЧМ) сигнала относительно его несущей частоты и, при отклонении частоты выше  
 30 определенного значения (ниже  $f_{\min}$  или выше  $f_{\max}$ ) - скачкообразном уменьшении проводимости сигнала. Заявляемый способ применим только для частотно-импульсно-модулированных (далее по тексту - ЧИМ) колебаний, т.е. колебаний, модулированных по частоте импульсным сигналом. Под импульсным сигналом в данном случае понимается дискретный двухуровневый сигнал. Для обеспечения слежения за девиацией  
 35 относительно несущей частоты ЧМ сигнал преобразовывают в амплитудно-модулированный так, чтобы его амплитуда была обратно пропорциональна величине девиации. Таким образом,  $f_{\min}$  и  $f_{\max}$  соответствует одно пороговое значение амплитуды сигнала  $U_0$ . Следят за мгновенными значениями амплитуды, и при ее снижении ниже  
 40 пороговой  $U_0$  резко уменьшают коэффициент передачи, а при ее увеличении выше пороговой  $U_0$  резко увеличивают, что эквивалентно синтезу прямоугольной частотной характеристики устройства. Таким образом, собственно алгоритм обработки ЧИМ колебаний выглядит так:

- 1) нормализация амплитуды ЧИМ колебаний;
- 45 2) преобразование величины девиации ЧИМ колебаний в значения мгновенной амплитуды сигнала;
- 3) слежение за мгновенной амплитудой сигнала, при уменьшении амплитуды ниже заданного порога  $U_0$  - выдача сигнала управления на снижение коэффициента передачи;

4) при возвращении величины мгновенной амплитуды сигнала в пределы выше установленного порога срабатывания  $U_0$  - снятие сигнала управления.

#### Сущность устройства

В заявляемом устройстве функциональным аналогом средства для обнаружения суммарной мощности принимаемого модулированного сигнала является пороговое устройство, которое, однако, осуществляет обнаружение не суммарной, а мгновенной мощности, что делает его гораздо проще: в заявляемом устройстве измеряется мощность всего одной несущей, в отличие от прототипа, где осуществляется измерение мощности множества несущих. Функциональным аналогом средства для регулировки усиления в одном направлении является цепь с переменным коэффициентом передачи, однако направление регулирования в цепи с переменным коэффициентом от наибольшего к наименьшему усилению, т.е. обратно направлению средства для регулировки усиления, кроме того, в заявляемом устройстве цепь с переменным коэффициентом передачи имеет, в отличие от прототипа, всего два шага усиления - минимальный и максимальный. Заявляемое устройство состоит из усилителя-ограничителя 1, цепи с переменным коэффициентом передачи 2, опорного контура 3 и порогового устройства 4. Вход заявляемого устройства соединен с усилителем-ограничителем 1, необходимым для устранения возможной паразитной амплитудной модуляции частотно-модулированного сигнала. Он может представлять собой усилитель, охваченный нелинейной обратной связью, либо усилитель, последовательно соединенный с диодным ограничителем. Выход усилителя-ограничителя соединен с цепью с переменным коэффициентом передачи 2. Одновременно выход усилителя-ограничителя 1 соединен и с опорным контуром 3. Опорный контур 3 соединен с пороговым устройством 4, которое, в свою очередь, по цепи управления соединено с цепью 2. Цепь 2 является исполнительным устройством. Именно она обеспечивает два режима усиления: режим с высоким коэффициентом усиления и с низким. Реализация цепи возможна различными способами: на р-і-n диодах, на двухзатворных полевых транзисторах, на микросхемах модуляторов и т.д. Пороговое устройство 4 необходимо для обнаружения состояния низкой мгновенной мощности сигнала. Опорный контур, благодаря своим частотно-избирательным свойствам, служит устройством, преобразующим величину девиации частотно-модулированного сигнала в значения мгновенной мощности. Опорный контур каких-либо конструктивных или схемных особенностей не имеет. Пороговое устройство может представлять собой компаратор напряжения с малым гистерезисом характеристики и высоким быстродействием в интегральном исполнении, промышленность выпускает широкий ассортимент подобных изделий.

Устройство работает следующим образом. ЧИМ колебания поступают на усилитель-ограничитель, где устраняются возможные колебания амплитуды сигнала, а сам сигнал нормируется по уровню, что необходимо для правильной работы порогового устройства. Далее ЧИМ колебания поступают на опорный контур и на цепь с переменным коэффициентом передачи. В зависимости от девиации поступающего на опорный контур сигнала напряжение на контуре, а значит, и мгновенная мощность, будет изменяться. На фиг. 2 показана резонансная кривая опорного контура. При некотором значении девиации напряжение на контуре будет становиться меньше величины уровня срабатывания порогового устройства, изображенного горизонтальной линией на фиг. 2. В этом случае пороговое устройство обнаруживает режим с низкой мгновенной мощностью и выдает управляющий сигнал на цепь с переменным коэффициентом передачи, направленный на уменьшение коэффициента передачи. В результате на выходе устройства амплитуда ЧИМ колебаний будет много меньше

всякий раз, как только величина его девиации превысит определенное значение, которое можно регулировать, изменяя уровень срабатывания порогового устройства (стрелка на фиг. 2). При изменении уровня срабатывания происходит изменение ширины полосы пропускания устройства. В результате получаем прямоугольную частотную  
5 характеристики, ограниченную частотами  $f_{\min}$  и  $f_{\max}$ , показанными на фиг. 2. Высокий коэффициент прямоугольности полученной АЧХ определяется быстродействием цепи с переменным коэффициентом передачи и порогового устройства. Высокое затухание за полосой пропускания может быть получено выбором параметров цепи с переменным коэффициентом передачи или наращиванием количества данных цепей.

10

#### Формула изобретения

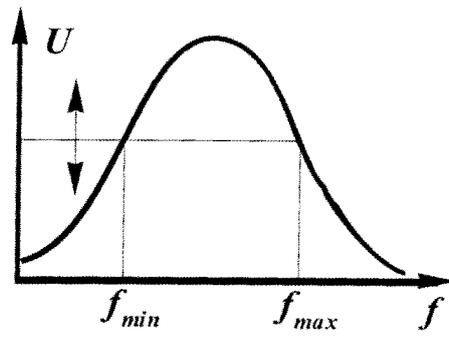
1. Способ формирования амплитудно-частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности трактов частотно-модулированных сигналов с импульсной модуляцией, отличающийся тем, что сначала производят нормализацию  
15 амплитуды частотно-импульсно-модулированных колебаний, затем - преобразование величины девиации частотно-импульсно-модулированных колебаний в значения мгновенной амплитуды сигнала, при этом осуществляют слежение за мгновенной амплитудой сигнала таким образом, что при уменьшении амплитуды ниже заданного порога  $U_0$  выдают сигнал управления на снижение коэффициента передачи, а при  
20 возвращении величины мгновенной амплитуды сигнала в пределы выше установленного порога срабатывания  $U_0$  снимают сигнал управления.

2. Устройство формирования амплитудно-частотной характеристики с высоким коэффициентом прямоугольности трактов частотно-модулированных сигналов с импульсной модуляцией, включающее пороговое устройство и, по крайней мере, одну  
25 цепь с переменным коэффициентом передачи и обеспечивающее осуществление способа по п. 1, отличающееся тем, что содержит усилитель-ограничитель и опорный контур, при этом вход устройства соединен с усилителем-ограничителем, а выход усилителя-ограничителя соединен с цепью с переменным коэффициентом передачи и с опорным контуром, соединенным с пороговым устройством, которое, в свою очередь, по цепи  
30 управления соединено с цепью с переменным коэффициентом передачи.

35

40

45



Фиг. 2