



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014133026/07, 17.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.07.2014

Приоритет(ы):

(23) Дата поступления дополнительных материалов
к ранее поданной заявке: 17.06.2014,
2012125034 15.06.2012

(43) Дата публикации заявки: 10.02.2016 Бюл. № 4

(45) Опубликовано: 10.10.2016 Бюл. № 28

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2412551 C2, 27.08.2010. US 7408973
B2, 05.08.2008. АНЖИНА В.А. и др
Исследование методов повышения
помехозащищенности сигналов в системах
радиосвязи, ж.Исследования наукограда, 2012,
N1, с.9-1. БОЛОТОВ В.Н. и др Фрактальная
система связи, Журнал теоретической физики,
2008, т.78, вып.9 с.93. RAMACHADRAN
NARIPRAKASH ET AL Wavet Based
Alternative (см. прод.)

Адрес для переписки:

662972, Красноярский край, г. Железногорск,
ул. Ленина, 52, АО "ИСС", Морозову Е.А.

(72) Автор(ы):

Кузовников Александр Витальевич (RU),
Черноусов Алексей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

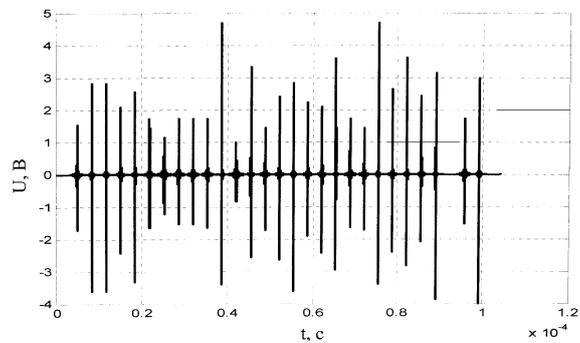
Акционерное общество "Информационные
спутниковые системы" имени академика
М.Ф. Решетнёва" (RU)

(54) СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ СВЯЗИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано для создания помехоустойчивых систем связи. Техническим результатом изобретения является снижение порога устойчивой работы широкополосной системы связи на 3...6 дБ за счет расширения полосы формируемого сигнала. Способ организации помехоустойчивой связи включает формирование помехоустойчивых широкополосных сигналов путем модуляции псевдослучайной последовательности (ПСП). Для формирования помехоустойчивых сигналов

модулируют каждый бит псевдослучайной последовательности Голда вейвлет-функциями Шеннона с уникальными значениями параметров полосы частот (Fb) и центральной частоты (Fc), которые меняются от бита к биту и не повторяются для всех элементов в течение всей ПСП Голда, значения «0» и «1» битовой последовательности модулируют противоположными вейвлет-функциями Шеннона, затем сформированные сигналы демодулируют приемником, состоящим из 62 составных корреляторов. 8 ил., 1 табл.



Фиг. 4

(56) (продолжение):

Modulation Scheme Provides Better Reception with Fewer Errors and Good Security in Wireless Communication, ICSNC 2013: The Eighth International Conference on Systems and Networks Communications, p.50-57.

R U 2 5 9 9 5 7 8 C 2

R U 2 5 9 9 5 7 8 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2014133026/07, 17.07.2014**

(24) Effective date for property rights:
17.07.2014

Priority:

(23) Date of filing the supplementary materials of the earlier submitted application: **17.06.2014, 2012125034 15.06.2012**

(43) Application published: **10.02.2016** Bull. № 4

(45) Date of publication: **10.10.2016** Bull. № 28

Mail address:

662972, Krasnojarskij kraj, g. ZHeleznogorsk, ul. Lenina, 52, AO "ISS", Morozovu E.A.

(72) Inventor(s):

**Kuzovnikov Aleksandr Vitalevich (RU),
CHernousov Aleksej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Aksionernoe obshshestvo "Informatsionnye sputnikovyje sistemy" imeni akademika M.F. Reshetneva" (RU)

(54) **METHOD FOR THE INTERFERENCE-FREE COMMUNICATION**

(57) Abstract:

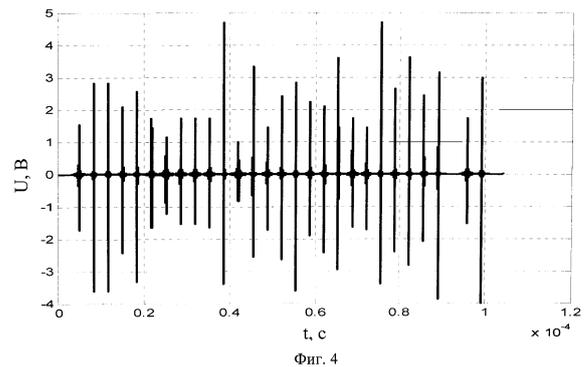
FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to radio engineering and can be used in designing interference-free communication systems. Method for the interference-free communication includes formation of the interference-free wideband signals by the pseudorandom sequence (PRS) modulation. For forming interference-free signals each bit of the pseudorandom Gold sequence is modulated by Shannon wavelet functions with unique values of frequency band (Fb) parameters and the of centre frequency (Fc), which can vary from bit to bit and are not repeated for all elements for the whole pseudorandom Gold sequence is modulated, value "0" and "1" of a bit sequence with opposite Shannon wavelet functions, then the generated signals are demodulated by the receiver, consisting of

62 composite correlators.

EFFECT: technical result is low threshold of stable operation of broadband communication system on 3-6 dB due to generated signal band expansion.

1 cl, 8 dwg, 1 tbl



RU 2 599 578 C2

RU 2 599 578 C2

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к способам организации помехоустойчивой связи в условиях сложной радиоэлектронной обстановки с помощью вейвлет модулятора, формирующего сигнал с использованием вейвлет-функции Шеннона переменной длительности и корреляционного демодулятора для приема и обработки принятого сигнала.

Известен способ (Патент RU 2205496 C1, опубликованный 27.05.2003) формирования и обработки сложного сигнала в помехозащищенных радиосистемах, включающий фазовую манипуляцию несущего колебания псевдослучайной последовательностью и сигналом информации, на приемной стороне - снятие псевдослучайной последовательности с последующей демодуляцией в схеме Костаса, причем в качестве несущего колебания используется модифицированный полосовой шум. Достижимым техническим результатом является повышение структурной скрытности сложных фазоманипулированных сигналов.

Недостатком данного способа является то, что повышение скрытности передаваемого сигнала достигается за счет снижения помехоустойчивости приемника радиолинии.

Известен способ (Патент RU 2341030 C2, опубликованный 27.03.2008) организации многомасштабной беспроводной связи, включающий частотно-временную обработку передаваемого сигнала, при которой моделирующий вейвлет согласуется с условиями в конкретном канале, при этом используются компактные вейвлет-базисы, и на основе их параметризации выбирается такой вейвлет, который лучше всего соответствует условиям в беспроводном канале.

Недостатком указанного способа является то, что в нем не рассмотрена возможность использования модуляции сигнала псевдослучайной последовательностью, что снижает эффект повышения помехоустойчивости.

Наиболее близким к предлагаемому способу является способ (Патент RU 2412551 C2, опубликованный 20.02.2011) формирования помехоустойчивых сигналов, включающий формирование широкополосного сигнала, для которого используют расширение спектра сигнала методом псевдослучайной последовательности, которую модулируют противоположными биортогональными вейвлет-функциями. Технический результат заключается в повышении относительной помехоустойчивости формируемых сигналов.

Недостатком указанного способа является использование в качестве модулирующей функции биортогональной вейвлет-функции с постоянными параметрами длительности и уровня, что не позволяет обеспечить повышенную скрытность и наибольшую ширину полосы формируемого сигнала. Помимо этого, в указанном прототипе ничего не сказано об устройстве приема и демодуляции сформированного сигнала, что снижает положительный эффект данного способа.

Задачей настоящего изобретения является организация помехоустойчивой связи, с повышенной скрытностью и наибольшей шириной полосы формируемого сигнала.

Поставленная задача решается путем модуляции псевдослучайной последовательности Голда вейвлет-функциями Шеннона с переменными значениями параметров F_b и F_c , и демодуляцией сформированных сигналов приемником, состоящим из 62 составных корреляторов.

Для формирования сигнала методом прямого расширения спектра используется псевдослучайная последовательность (ПСП) Голда, полученная в результате логического сложения двух порождающих полиномов 5-й степени по модулю 2. Полиномы имеют следующий вид:

- порождающий полином для верхнего плеча схемы: $g_1(p) = p^5 + p^2 + 1$,

- порождающий полином для нижнего плеча схемы: $g_2(p)=p^5+p^4+p^2+p+1$.

Для модуляции полученной псевдослучайной последовательности использовалась вейвлет-функция Шеннона, общий вид которой показан на фиг.1. Вейвлет Шеннона определяется следующим выражением:

$$\psi(x) = (\sqrt{F_b})[\text{sinc}(F_b \cdot x)\exp(2j\pi \cdot F_c \cdot x)], \quad (1)$$

где

F_b - значение полосы частот вейвлет-функции, Гц;

F_c - значение центральной частоты вейвлет-функции, Гц.

x - текущие отсчеты, при этом $F_c \leq F_b/2$.

При этом каждый бит ПСП Голда модулируется вейвлет-функцией Шеннона (W ШПС) с уникальными значениями параметров полосы частот (F_b) и центральной частоты (F_c), которые меняются от бита к биту и не повторяются для всех элементов в течение всей ПСП Голда. Функция распределения значений параметров F_b , F_c , как и диапазон, в котором происходит распределение данных значений, задаются на этапе проектирования системы связи и известны как передающей, так и принимающей стороне. Значения «0» и «1» битовой последовательности модулируются противоположными вейвлет-функциями Шеннона.

Общий вид сигнала, модулированного W ШПС с постоянными параметрами, показан на фиг.2, спектр данного сигнала - на фиг. 3. Вид сигнала, модулированного W ШПС с переменными параметрами (полосы частот (F_b) и центральной частоты (F_c)), показан на фиг. 4, его спектр - на фиг. 5. Для сравнения, общий вид сигнала, модулированного двоичной фазовой модуляцией ФМ-2 (ФМ ШПС) показан на фиг.6 и спектр данного сигнала - на фиг. 7.

Анализ фиг. 2...7 позволяет сделать вывод, что наибольшей шириной спектра обладает сигнал, полученный путем модуляции вейвлетом Шеннона с переменными параметрами. Для количественной оценки выигрыша от использования данного способа формирования помехоустойчивых сигналов проведен анализ относительной помехозащищенности.

Относительная помехозащищенность сигнала определяется соотношением:

$$P_{\text{оц}(W)\text{шпс}} = \frac{M \cdot f_{\text{тш}}}{\eta_c \cdot f_{\text{ти}} \cdot h_0^2}, \quad (2)$$

где

M - коэффициент, показывающий во сколько раз ширина спектра сигнала W ШПС больше ширины спектра сигнала ФМ ШПС;

$f_{\text{тш}}$ - тактовая частота ПСП, Гц;

$\eta_c=2$ дБ - коэффициент, учитывающий потери мощности при свертке сигнала;

$f_{\text{ти}}=9,6$ кГц - тактовая частота информационного сигнала;

$h_0^2 = 9$ дБ - отношение мощности сигнала к мощности шумов в полосе шириной $f_{\text{ти}}$,

необходимое для обеспечения вероятности ошибки, не превосходящей 10^{-3} .

Связь между тактовой частотой и длиной ПСП:

$$f_{\text{тш}} = \frac{N_{\text{псп}}}{T_{\text{сим}}}, \quad (3)$$

где

$N_{\text{ПСП}}$ - длина кодирующей ПСП.

$T_{\text{сим}}=1/V_{\text{сим}}$ - длительность символа, $T_{\text{сим}}=104,17 \cdot 10^{-6}$ с.

5 В таблице 1 приведены значения относительной помехозащищенности, значения тактовой частоты ПСП, длина кодирующей ПСП при скорости передачи $V_{\text{сим}}=9,6$ кбит/с.

10 Из полученных результатов (таблица 1) следует, что при одинаковой длине ПСП Голда наилучшей относительной помехозащищенностью обладает сигнал, модулированный вейвлетом Шеннона с переменными параметрами (полосы частот (F_b) и центральной частоты (F_c)).

15 Для приема и демодуляции сигнала, модулированного вейвлетом Шеннона, разработан корреляционный приемник (приемное устройство, состоящее из 62 составных корреляторов). Его использование позволяет оценить вероятность ошибочного приема сигнала и эффективность различных способов формирования помехоустойчивых сигналов.

Расчет отношения сигнал/шум происходит согласно следующему соотношению:

$$S/n = 10 \cdot \log_{10} \left(U_s^2 \cdot T_i / P_n \right) \quad (4)$$

20 где

U_s - напряжение сигнала на входе приемника, В;

T_i - длительности импульса, с;

P_n - спектральная плотность мощности шума, Вт/Гц.

25 Расчет вероятности ошибки при приеме информационных бит происходит согласно:

$$P_{\text{inf}} = M / N \cdot 100\%, \quad (5)$$

где

P_{inf} - вероятность битовой ошибки при приеме сигнала, %;

M - количество непринятых информационных бит;

30 N - общее количество переданных информационных бит.

Результаты оценки вероятности ошибки в зависимости от отношения сигнал/шум (при воздействии белого Гауссовского шума) для различных способов формирования помехоустойчивых сигналов (W ШПС и ФМ ШПС, W ШПС с переменными значениями параметров F_b и F_c) приведены на фиг.8.

35 Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным является предлагаемый способ организации помехоустойчивой связи с использованием сигнала W ШПС с переменными значениями параметров F_b и F_c вейвлет-функции Шеннона.

40 Техническим результатом заявленного изобретения является снижение порога устойчивой работы широкополосной системы связи на 3...6 дБ путем формирования, приема и демодуляции помехоустойчивых сигналов, модулированных методом прямого расширения спектра с использованием в качестве модулирующей вейвлет-функции Шеннона с переменными значениями параметров F_b и F_c .

45 При исследовании отличительных признаков способов организации помехоустойчивой связи не выявлено каких-либо известных аналогичных решений, касающихся их использования или реализации путем модуляции псевдослучайной последовательности Голда вейвлет-функциями Шеннона с переменными значениями параметров F_b и F_c и демодуляции сформированных сигналов корреляционным

приемником.

Проведенный заявителями анализ уровня техники по имеющимся патентам и научно-техническим источникам информации позволил установить, что аналог, характеризующийся признаками, идентичными всем существующим признакам изобретения, заявителем не обнаружен.

Определение из выявленных аналогов прототипа, как наиболее близкого по совокупности существенных по отношению к усматриваемому заявителем техническому результату отличительных признаков, изложенных в формуле изобретения, а также сравнение отличительных признаков, изложенных в прототипе и в заявленном способе, позволяет, по мнению заявителей, сделать вывод о соответствии данного изобретения условию «новизна».

Результаты дополнительного поиска известных решений для выявления признаков, совпадающих с отличительными признаками заявленного способа, показали, что заявленное изобретение не вытекает для специалиста явным образом из известного уровня техники, поскольку в приведенных заявителями описаниях уровней техники не выявлено и не оценено влияние преобразований, предусматриваемых существенными признаками заявленного изобретения по достижению технического результата. Поэтому заявитель предполагает соответствие данного изобретения критерию «изобретательский уровень».

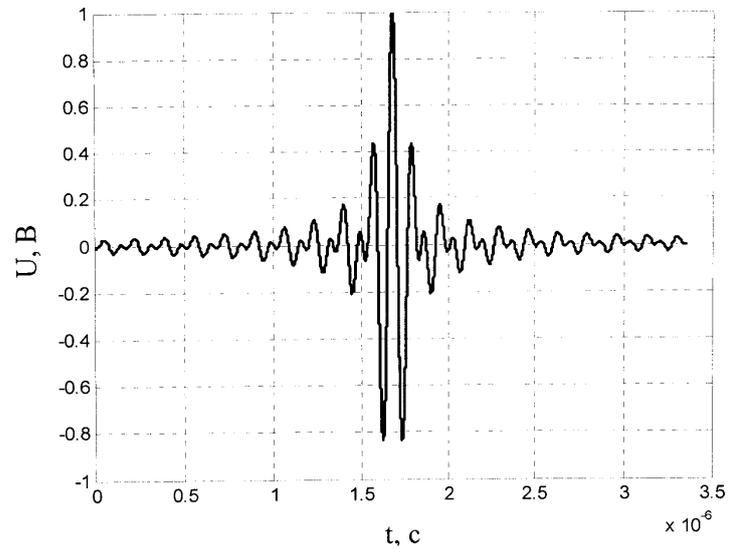
Таблица 1 - Относительная помехозащищенность W ШПС

Параметры	Тип модуляции		
	W ШПС с постоянными значениями F_b и F_c	W ШПС с переменными значениями F_b и F_c	ФМ ШПС
$N_{\text{ПСП}}$	31	31	31
$f_{\text{ши}}, \text{МГц}$	0,298	0,298	0,298
$\Delta F, \text{МГц}$	23,4	219,7	0,15
$P_{0(W) \text{ ШПС}}, \text{дБ}$	26,88	34,47	3,85

Формула изобретения

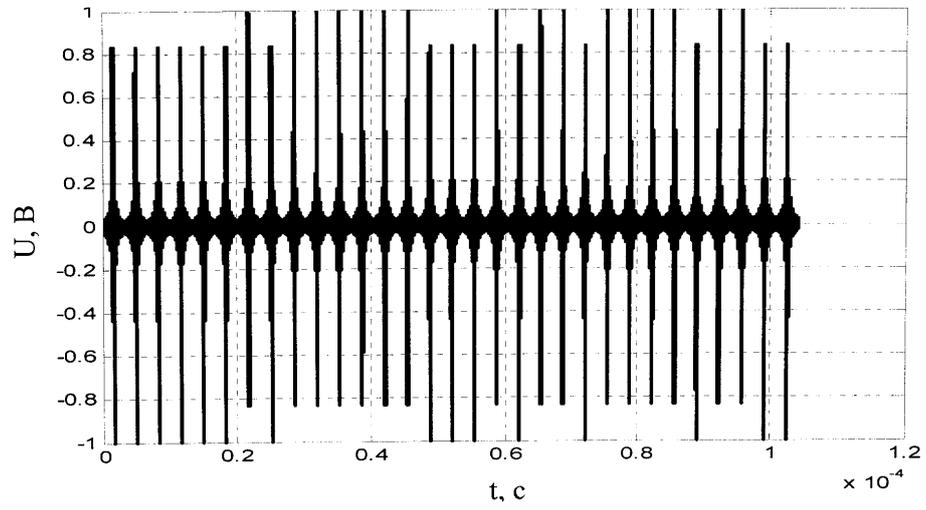
Способ организации помехоустойчивой связи, включающий формирование помехоустойчивых широкополосных сигналов путем модуляции псевдослучайной последовательности (ПСП), отличающийся тем, что для формирования помехоустойчивых сигналов модулируют каждый бит псевдослучайной последовательности Голда вейвлет-функциями Шеннона с уникальными значениями параметров полосы частот (F_b) и центральной частоты (F_c), которые меняются от бита к биту и не повторяются для всех элементов в течение всей ПСП Голда, значения «0» и «1» битовой последовательности модулируют противоположными вейвлет-функциями Шеннона, затем сформированные сигналы демодулируют приемником, состоящим из 62 составных корреляторов.

Способ организации помехоустойчивой связи



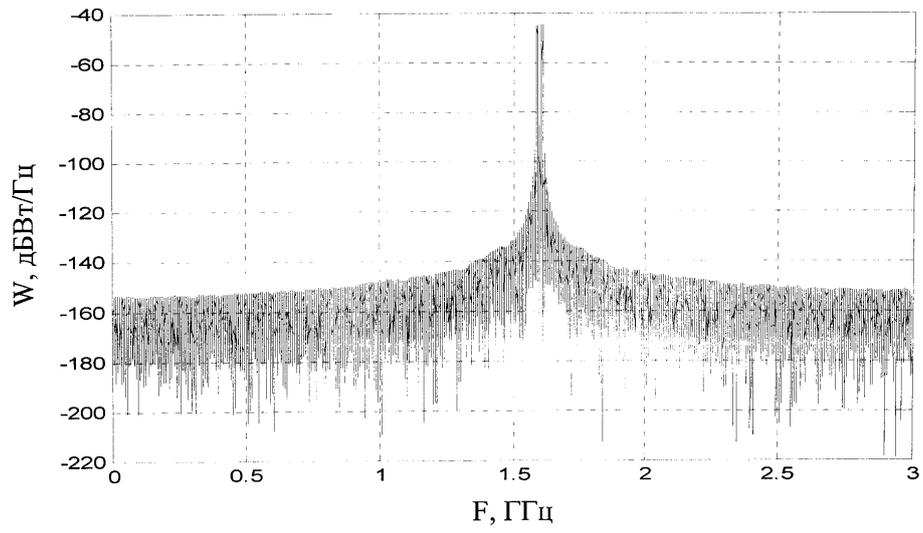
Фиг. 1

Способ организации помехоустойчивой связи



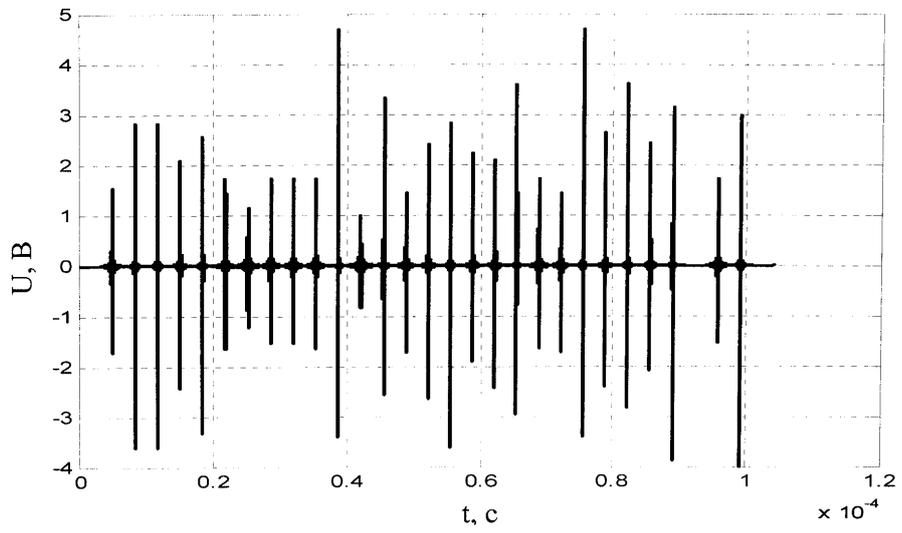
Фиг. 2

Способ организации помехоустойчивой связи



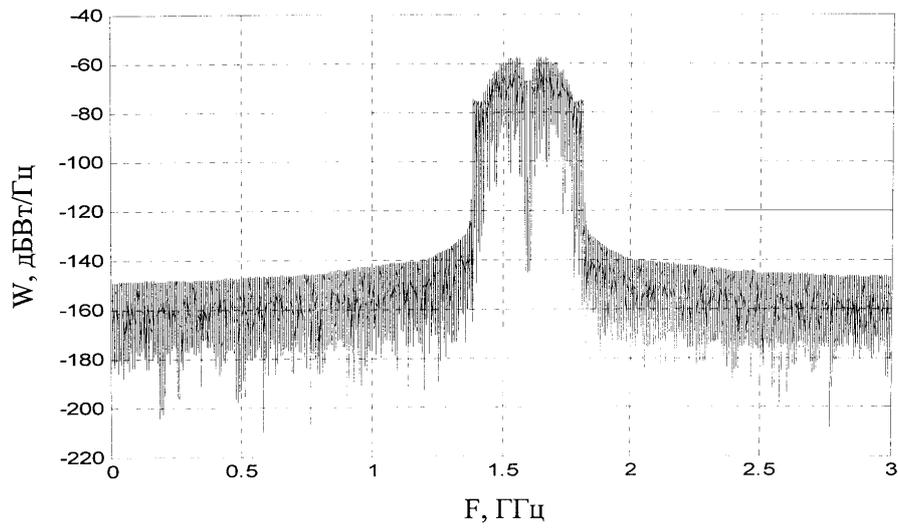
Фиг. 3

Способ организации помехоустойчивой связи



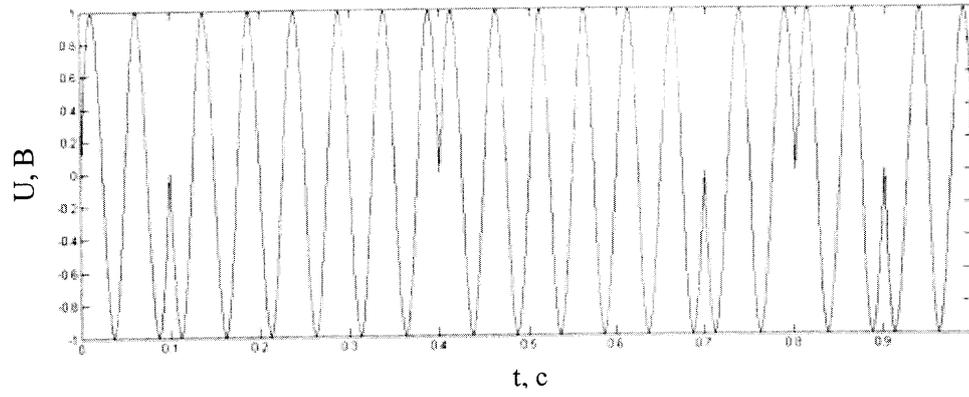
Фиг. 4

Способ организации помехоустойчивой связи



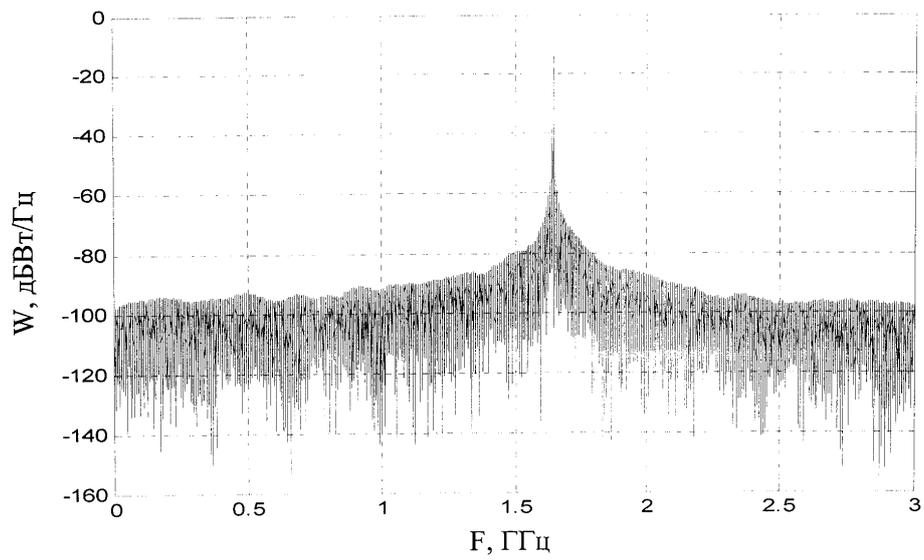
Фиг. 5

Способ организации помехоустойчивой связи



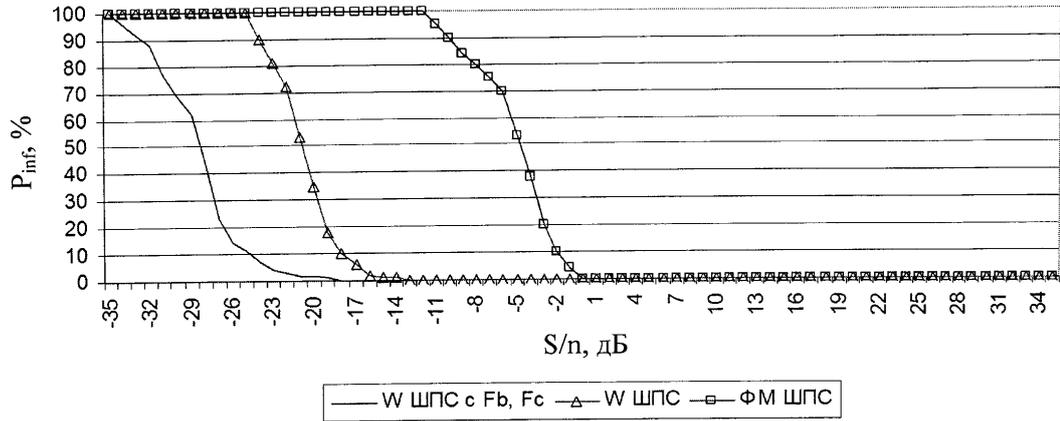
Фиг. 6

Способ организации помехоустойчивой связи



Фиг. 7

Способ организации помехоустойчивой связи



Фиг. 8