

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** **2 804 059** (13) **C1**
(51) МПК
H04B 1/10 (2006.01)
H04L 25/08 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 31.05.2024)
Пошлина: учтена за 3 год с 21.03.2025 по 20.03.2026. Установленный срок для уплаты пошлины за 4 год: с 21.03.2025 по 20.03.2026. При уплате пошлины за 4 год в дополнительный 6-месячный срок с 21.03.2026 по 20.09.2026 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

H04B 1/10 (2023.08); H04L 25/08 (2023.08)

(21)(22) Заявка: **2023106488**, **20.03.2023**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2023

Дата регистрации:
26.09.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **20.03.2023**

(45) Опубликовано: **26.09.2023** Бюл. № **27**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2763520 C1, 30.12.2021. RU 2705357 C1, 07.11.2019. RU 2463736 C2, 10.10.2012. US 9881597 B2, 30.01.2018. US 20220171016 A1, 02.06.2022. US 9621299 B2, 11.04.2017.**

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

**Пшеничников Александр Викторович (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Манаенко Сергей Сергеевич (RU),
Лянгузов Данила Андреевич (RU),
Лященко Станислав Алексеевич (RU),
Жеглов Кирилл Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

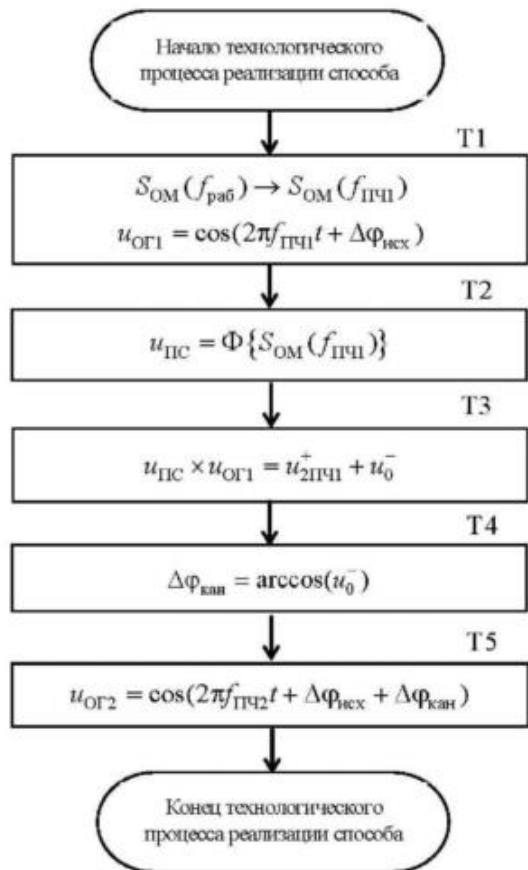
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) **Способ помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в помехозащищенных системах радиосвязи при их функционировании в каналах со случайным изменением фазы. Техническим результатом заявляемого способа является повышение помехоустойчивости приема радиосигнала однополосной модуляции за счет компенсации случайного сдвига фазы радиосигнала в процессе демодуляции. Такой технический результат достигается за счет того, что фазовый сдвиг, вносимый радиоканалом, вычисляется по пилот-сигналу, который представляет собой гармоническое колебание на частоте несущей радиосигнала однополосной модуляции. После чего на приемной стороне перед синхронным детектированием к фазе опорного колебания синхронного детектора добавляется исходное и канальное значения фазовых сдвигов. За счет этого устраняют случайное изменение фазы

радиосигнала, что обеспечивает повышение помехоустойчивости его приема. 3 ил.



Фиг. 2

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в помехозащищенных системах радиосвязи при их функционировании в каналах со случайным изменением фазы.

Известен «Способ передачи и приема дискретных сигналов на основе однополосной модуляции» (Патент РФ № 2763520, МПК H04L 27/32, опубл. 30.12.2021. Бюл. № 1).

В известном способе осуществляют передачу дискретных сигналов на основе перестановочной модуляции, причем поднесущие дискретного сигнала перестановочной модуляции формируют в спектре помехоустойчивого аналогового сигнала однополосной модуляции. Передачу информационных бит осуществляют по верхней боковой полосе частот, на которую накладывается маскирующий сигнал однополосной модуляции по нижней боковой полосе частот, сформированный на основе ортогональных фазоманипулированных случайной последовательностью частотных поднесущих.

Недостатком известного способа является низкая помехоустойчивость приема радиосигнала однополосной модуляции в каналах со случайным изменением фазы радиосигнала.

Известен «Способ формирования радиосигналов однополосной модуляции с использованием кодов Баркера» (Патент РФ № 2749877 «Способ формирования структурно-скрытых, помехозащищенных радиосигналов однополосной модуляции с использованием кодов Баркера. МПК H04B 17/30, опубл. 18.06.2021, Бюл. № 17).

В способе-аналоге осуществляется формирование радиоимпульсов на основе прямой и инверсной вейвлет-функций произвольного порядка и формирование радиосигнала однополосной модуляции. По результатам оценивания состояния радиоканала, в ходе сравнения исходной тестовой последовательности формируемой в спектре однополосной модуляции с принятой тестовой последовательностью, производится своевременная смена рабочей частоты.

Недостатком известного способа, как и предыдущего аналога, является низкая помехоустойчивость приема радиосигнала однополосной модуляции в каналах со случайным изменением фазы радиосигнала.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является «Способ помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной

модуляции» (Патент РФ № 2784030, МПК H04B 10/54, опубл. 23.11.2022. Бюл. № 33).

В способе-прототипе выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого радиосигнала таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих, разбивают битовый поток на информационные блоки в соответствии с числом доступных комбинаций кода, определяющих его алфавит. Ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих. Демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания. На передающей и приемной сторонах задают значения частотных и фазовых сдвигов, для чего частотный диапазон от нуля до двух килогерц и диапазон изменения фазы от нуля до триста шестидесяти градусов разбивают на девять равных интервалов, за каждым из которых закрепляют численное значение, определяющее соответствующий номинал частотного или фазового сдвига и численное значение, равное сумме начального граничного значения интервала и значения, определяющее его протяженность. Для каждого информационного блока формируют случайную двоичную последовательность из десяти элементов, на основе которой получают первое и второе случайное число, причем первое случайное число получают в результате перевода в десятичное число всех элементов сформированной двоичной случайной последовательности, по первому элементу которой получают второе случайное число, принимающее соответственно значение нуля или единицы. Разбивают диапазон значений первого случайного числа на девять целочисленных равномерных интервалов, за каждым из которых последовательно закрепляют значения частотного и фазового сдвигов. Определяют значение частоты излучения, для чего к номиналу рабочей частоты добавляют значение частотного сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, если второе случайное число равно единице, если случайное число равно нулю, то частотный сдвиг вычитают. На передающей стороне на промежуточной частоте формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, на основе которого на частоте излучения формируют радиосигнал однополосной модуляции, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции выбирают равной фазовому сдвигу, соответствующему значению первого случайного числа. Излучают радиосигнал в сторону корреспондента. На приемной стороне принимают радиосигнал на частоте излучения, демодулируют радиосигнал однополосной модуляции на промежуточную частоту, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции принимают равной значению фазового сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, затем проводят демодуляцию результирующего частотно-манипулированного сигнала.

Недостатком известного способа-прототипа является низкая помехоустойчивость приема радиосигнала однополосной модуляции в каналах со случайным изменением фазы радиосигнала.

Задачей изобретения является создание способа, обеспечивающего повышение помехоустойчивости приема радиосигналов однополосной модуляции в каналах со случайным изменением фазы радиосигнала, в частности в коротковолновых каналах радиосвязи.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение помехоустойчивости приема радиосигнала однополосной модуляции за счет компенсации случайного сдвига фазы радиосигнала в процессе демодуляции.

Технический результат достигается тем что в способе помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции, заключающимся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого радиосигнала таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих, разбивают битовый поток на информационные блоки в соответствии с числом доступных комбинаций кода, определяющих его алфавит, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих, демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, на передающей и приемной сторонах задают значения

частотных и фазовых сдвигов, для чего частотный диапазон от нуля до двух килогерц и диапазон изменения фазы от нуля до триста шестидесяти градусов разбивают на девять равных интервалов, за каждым из которых закрепляют численное значение, определяющее соответствующий номинал частотного или фазового сдвига, и численное значение, равное сумме начального граничного значения интервала и значения, определяющее его протяженность, а для каждого информационного блока формируют случайную двоичную последовательность из десяти элементов, на основе которой получают первое и второе случайное число, причем первое случайное число получают в результате перевода в десятичное число всех элементов сформированной двоичной случайной последовательности, по первому элементу которой получают второе случайное число, принимающее соответственно значение нуля или единицы, разбивают диапазон значений первого случайного числа на девять целочисленных равномерных интервалов, за каждым из которых последовательно закрепляют значения частотного и фазового сдвигов, определяют значение частоты излучения, для чего к номиналу рабочей частоты добавляют значение частотного сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, если второе случайное число равно единице, если случайное число равно нулю, то частотный сдвиг вычитают, на передающей стороне на промежуточной частоте формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, на основе которого на частоте излучения формируют радиосигнал однополосной модуляции, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции выбирают равной исходному фазовому сдвигу, соответствующему значению первого случайного числа, излучают радиосигнал в сторону корреспондента, на приемной стороне принимают радиосигнал на частоте излучения, демодулируют радиосигнал однополосной модуляции на промежуточную частоту, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции принимают равной значению фазового сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, затем проводят демодуляцию результирующего частотно-манипулированного сигнала, *согласно изобретению* на приемной стороне перед технической процедурой демодуляции осуществляют преобразование частоты принятого радиосигнала с рабочей частоты на первую промежуточную частоту, на которой формируют высокостабильное первое опорное гармоническое колебание с исходным фазовым сдвигом и единичной амплитудой, затем на первой промежуточной частоте выделяют пилот-сигнал принятого радиосигнала однополосной модуляции, осуществляют ограничение амплитуды выделенного пилот-сигнала и подают его в смеситель, где перемножают выделенный пилот-сигнал с ограниченной амплитудой на первое опорное гармоническое колебание, измеряют канальный фазовый сдвиг, далее осуществляют преобразование принятого радиосигнала однополосной модуляции с первой промежуточной частоты на вторую промежуточную частоту, на которой проводят его синхронное детектирование на промежуточную частоту, причем к фазе опорного колебания при синхронном детектировании предварительно посредством управляемого фазовращателя добавляют значения исходного и канального фазовых сдвигов.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе происходит компенсация случайного изменения фазы радиосигнала, полученного в радиоканале (канальный фазовый сдвиг), в процессе его демодуляции на основе синхронного детектирования.

Поясним достигаемый технический результат. В способе-прототипе осуществляется повышение структурной скрытности, а, следовательно, помехозащищенности (помехоустойчивости) (см., например, Борисов В. И., Зинчук В. М., Лимарев А. Е. Помехозащищенность систем радиосвязи расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты // под ред. В. И. Борисова; изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: РадиоСофт, 2008. – 512 с.). При этом технически дополнительно осуществляется псевдослучайный исходный сдвиг фазы радиосигнала однополосной модуляции при его формировании. Условием правильной демодуляции формируемого таким образом радиосигнала является равенство фазовых сдвигов синтезируемого и принимаемого радиосигналов.

Однако в радиоканале со случайным изменением фазы к фазе радиосигнала с исходным фазовым сдвигом будет добавлен случайный (канальный) фазовый сдвиг.

В результате радиосигнал на приемной стороне будет демодулирован с фазовыми искажениями (см., например, М. В. Верзунов «Однополосная модуляция в радиосвязи». – М., Воениздат, 1972 – 296 с.). Кроме того, с учетом кодирования на основе фазовых сдвигов, примененного в способе-прототипе, значения фазовых сдвигов на передающей и приемной сторонах будут различаться, что и обеспечит существенное снижение помехоустойчивости (помехозащищенности) приема.

В заявляемом способе случайный фазовый сдвиг, вносимый радиоканалом, вычисляется по пилот-сигналу, который представляет собой гармоническое колебание на частоте несущей радиосигнала однополосной модуляции. После чего на приемной стороне перед синхронным детектированием к фазе опорного колебания синхронного детектора добавляется исходное и канальное значения фазовых сдвигов. Такой способ демодуляции устраняет случайное изменение фазы радиосигнала, что и обеспечивает повышение помехоустойчивости его приема.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

Фиг. 1 – фазовые сдвиги на передаче и приеме (пример);

Фиг. 2 – блок-схема алгоритма реализации предлагаемого способа;

Фиг. 3 – результаты моделирования.

Реализация заявляемого способа помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции предусматривает выполнение следующих технических операций.

1. Выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого радиосигнала таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих.

2. Разбивают битовый поток на информационные блоки в соответствии с числом доступных комбинаций кода, определяющих его алфавит, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода.

3. Формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих.

4. На передающих и приемных сторонах задают значения частотных и фазовых сдвигов, для чего частотный диапазон от нуля до двух килогерц и диапазон изменения фазы от нуля до триста шестидесяти градусов разбивают на девять равных интервалов (см. фиг.1), за каждым из которых закрепляют численное значение, определяющее соответствующий номинал частотного или фазового сдвига, и численное значение, равное сумме начального граничного значения интервала и значения, определяющего его протяженность.

5. На передающих и приемных сторонах для каждого информационного блока формируют случайную двоичную последовательность из десяти элементов, на основе которой получают первое и второе случайное число, причем первое случайное число получают в результате перевода в десятичное число всех элементов сформированной двоичной случайной последовательности, по первому элементу которой получают второе случайное число, принимающее соответственно значение нуля или единицы.

6. На передающих и приемных сторонах разбивают диапазон значений первого случайного числа на девять целочисленных равномерных интервалов, за каждым из которых последовательно закрепляют значения частотного и фазового сдвигов.

7. Определяют значение частоты излучения, для чего к номиналу рабочей частоты добавляют значение частотного сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, если второе случайное число равно единице, если случайное число равно нулю, то частотный сдвиг вычитают.

8. На передающей стороне на промежуточной частоте формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, на основе которого на частоте излучения формируют радиосигнал однополосной модуляции, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции выбирают равной фазовому сдвигу, соответствующему значению первого случайного числа.

9. Излучают радиосигнал в сторону корреспондента.

10. На приемной стороне принимают радиосигнал на частоте излучения.

Операции по п.1 – п.10 идентичны аналогичным процедурам способа-прототипа.

11. На приемной стороне перед технической процедурой демодуляции осуществляют преобразование частоты принятого радиосигнала ($S_{\text{ом}}(f_{\text{раб}})$) с рабочей частоты ($f_{\text{раб}}$) на первую промежуточную частоту ($f_{\text{ПЧ1}}$), на которой формируют высокостабильное первое опорное гармоническое колебание ($u_{\text{ог1}}$) с исходным фазовым сдвигом ($\Delta\varphi_{\text{исх}}$) и единичной амплитудой (см. фиг.2 блок Т1).

Операция преобразования частоты является известной и реализована, например, в супергетеродинных радиоприемных устройствах серий Р-160П, Р-170П.

Процедура формирования высокостабильных колебаний является известной, основывается на применении высокостабильных опорных генераторов, и реализована в синтезаторах частоты, например, радиоприемных устройств серий Р-160П, Р-170П. Отличительной особенностью данной операции является добавление исходного

фазового сдвига к фазе сформированного колебания. Данную операцию целесообразно осуществить на основе применения управляемых фазовращателей, техническую реализацию которых см., например, (Патент РФ № 2738316 «Управляемый фазовращатель». МПК H03L 7/08, опубл. 11.12.2020. Бюл. № 35).

Выбор номиналов промежуточной частоты является известным и описано, например, в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник – СПб. ВАС, 2016 г.), реализовано в радиоприемных устройствах серий Р-160П, Р-170П.

Формирование единичной амплитуды основывается на применении схем широкополосных ограничителей с усилением и узкополосным ограничением, см., например, (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник – СПб. ВАС, 2016 г.) или (Патент РФ № 2233542 «Адаптивный широкополосный усилитель-ограничитель-узкополосный усилитель». МПК H04В 1/10, опубл. 18.06.2021, Бюл. № 17).

12. На первой промежуточной частоте выделяют пилот-сигнал ($u_{пс}$) принятого радиосигнала однополосной модуляции, осуществляют ограничение амплитуды выделенного пилот-сигнала и подают его в смеситель (см. фиг.2 блок Т2).

Операция выделения гармонического колебания основывается на применении кварцевых полосовых частотных фильтров. Требования к полосовым частотным фильтрам являются известными и приведены, например, в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник – СПб. ВАС, 2016 г.) или в (М. В. Верзунов «Однополосная модуляция в радиосвязи». – М., Воениздат, 1972 – 296 с).

13. Перемножают выделенный пилот-сигнал ($u_{пс}$) с ограниченной амплитудой на первое опорное гармоническое колебание (см. фиг.2 бл. Т3).

Данная операция может быть выполнена на основе применения нелинейного электронного элемента, например, диода, функционирующего в нелинейном режиме. Другим вариантом выполнения данной операции является применение цифровых микропроцессорных устройств и выполнение операций перемножения на основе цифровой обработки сигналов, см., например, (А.И. Солонина, Д.А. Улахович и др. Основы цифровой обработки сигналов. Учебное пособие. – СПб. БХВ-Петербург, 2005 г.). Процедуры выбора и техническая реализация применения микропроцессорных устройств приведены, например, в (Патенте РФ № 2273099 «Радиолиния с программной перестройкой рабочей частоты». МПК H04В 15/00, опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9).

14. Измеряют канальный фазовый сдвиг ($\Delta\varphi_{кан}$).

В результате перемножения пилот-сигнала с ограниченной амплитудой и значением первой промежуточной частоты на первое опорное гармоническое колебание на первой промежуточной частоте (см. п. 13) будут получены гармонические колебания:

- на удвоенной (суммарной) первой промежуточной частоте ($u_{2ПЧ1}^+$)
- низкой (разностной, близкой к нулевой) частоте (u_0^-).

Далее необходимо выделить гармоническое колебание на низкой (разностной) частоте. Для чего целесообразно применение фильтра нижних частот с полосой пропускания несколько десятков герц.

Вышеописанные в данном пункте операции в совокупности с операциями, приведенными в п. 13, реализуются, например, на применении преобразователя частоты, состоящего из нелинейного элемента (например, диода) и фильтра нижних частот с полосой до десятков герц. Схемы преобразователей частоты являются известными и реализованы, например, в супергетеродинных радиоприемных устройствах серий Р-160П, Р-170П.

Другим вариантом выполнения данной операции является применение цифровых микропроцессорных устройств и выполнение операций перемножения и фильтрации на основе цифровой обработки сигналов, см., например, (А.И. Солонина, Д.А. Улахович и др. Основы цифровой обработки сигналов. Учебное пособие. – СПб. БХВ-Петербург, 2005 г.).

Операция вычисления канального фазового сдвига основывается на вычислении функции арккосинуса выделенной составляющей на низкой частоте и может быть выполнена на основе цифровых микропроцессорных устройств (см. фиг.2 блок Т4).

15. Осуществляют преобразование принятого радиосигнала однополосной модуляции с первой промежуточной частоты на вторую промежуточную частоту ($f_{ПЧ2}$), на которой проводят его синхронное детектирование на промежуточную частоту, причем к фазе опорного колебания ($u_{ог2}$) при синхронном детектировании

предварительно посредством управляемого фазовращателя добавляют значения исходного ($\Delta\varphi_{\text{исх}}$) и канального ($\Delta\varphi_{\text{кан}}$) фазовых сдвигов (см. фиг.2 блок T5).

Операция преобразования частоты является известной и реализована в п. 11. а также в супергетеродинных радиоприемных устройствах серий Р-160П, Р-170П.

Операция синхронного детектирования аналогична способу-прототипу, за исключением применения при синхронном детектировании опорного (гармонического) колебания, к фазе которого добавлены значения исходного и канального фазовых сдвигов.

Процедура добавления фазовых сдвигов к фазе опорного колебания аналогична п. 11, в котором предложено применение управляемых фазовращателей.

16. Проводят демодуляцию частотно-манипулированного сигнала.

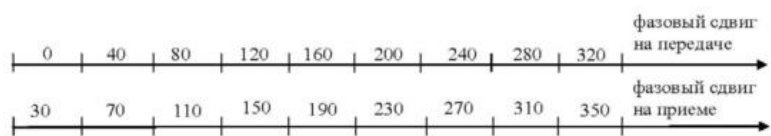
Данная операция аналогична способу-прототипу и основывается на приеме результирующего частотно-манипулированного сигнала на поднесущих частотах как независимых частотно-разнесенных амплитудно-манипулированных колебаний.

Результаты проведенного имитационного моделирования (см. фиг. 3) в среде MatLAB приема сигналов однополосной модуляции в канале со случайным изменением фазы на основе разработанного способа (с учетом $\Delta\varphi_{\text{кан}}$) подтвердили уменьшение символьной вероятности ошибки ($P_{\text{ош с}}$) (до 7 дБ) приема сигнала по сравнению с прототипом (без учета $\Delta\varphi_{\text{кан}}$), что указывает на достижение задачи изобретения.

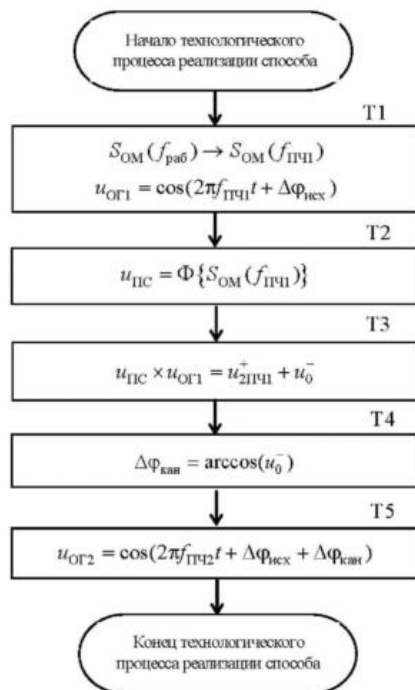
Формула изобретения

Способ помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции, заключающийся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого радиосигнала таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих, разбивают битовый поток на информационные блоки в соответствии с числом доступных комбинаций кода, определяющих его алфавит, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих, демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, на передающей и приемной сторонах задают значения частотных и фазовых сдвигов, для чего частотный диапазон от нуля до двух килогерц и диапазон изменения фазы от нуля до триста шестидесяти градусов разбивают на девять равных интервалов, за каждым из которых закрепляют численное значение, определяющее соответствующий номинал частотного или фазового сдвига, и численное значение, равное сумме начального граничного значения интервала и значения, определяющее его протяженность, а для каждого информационного блока формируют случайную двоичную последовательность из десяти элементов, на основе которой получают первое и второе случайное число, причем первое случайное число получают в результате перевода в десятичное число всех элементов сформированной двоичной случайной последовательности, по первому элементу которой получают второе случайное число, принимающее соответственно значение нуля или единицы, разбивают диапазон значений первого случайного числа на девять целочисленных равномерных интервалов, за каждым из которых последовательно закрепляют значения частотного и фазового сдвигов, определяют значение частоты излучения, для чего к номиналу рабочей частоты добавляют значение частотного сдвига, соответствующего значению первого случайного числа, если второе случайное число равно единице, если случайное число равно нулю, то частотный сдвиг вычитают, на передающей стороне на промежуточной частоте формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, на основе которого на частоте излучения формируют радиосигнал однополосной модуляции, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции выбирают равной исходному фазовому сдвигу, соответствующему значению первого случайного числа, излучают радиосигнал в сторону корреспондента, на приемной стороне принимают радиосигнал на частоте излучения, демодулируют радиосигнал однополосной модуляции на промежуточную частоту, причем фазу несущей сигнала однополосной модуляции принимают равной значению фазового сдвига, соответствующего значению первого случайного числа,

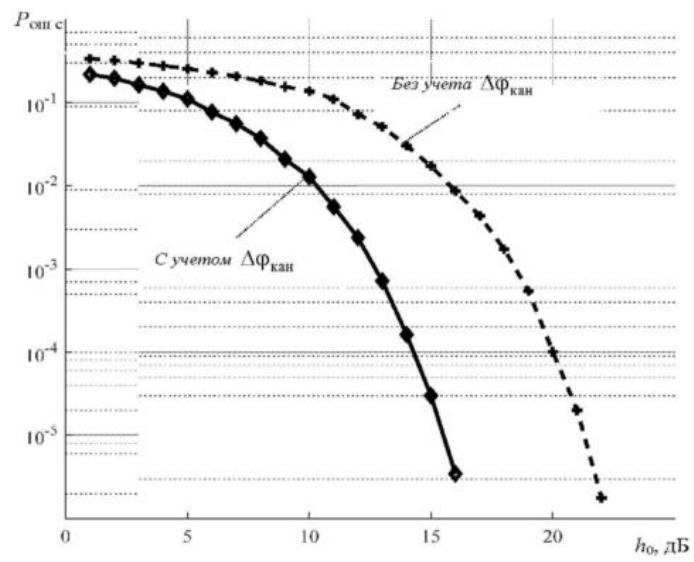
затем проводят демодуляцию результирующего частотно-манипулированного сигнала, отличающийся тем, что на приемной стороне перед технической процедурой демодуляции осуществляют преобразование частоты принятого радиосигнала с рабочей частоты на первую промежуточную частоту, на которой формируют высокостабильное первое опорное гармоническое колебание с исходным фазовым сдвигом и единичной амплитудой, затем на первой промежуточной частоте выделяют пилот-сигнал принятого радиосигнала однополосной модуляции, осуществляют ограничение амплитуды выделенного пилот-сигнала и подают его в смеситель, где перемножают выделенный пилот-сигнал с ограниченной амплитудой на первое опорное гармоническое колебание, измеряют канальный фазовый сдвиг, далее осуществляют преобразование принятого радиосигнала однополосной модуляции с первой промежуточной частоты на вторую промежуточную частоту, на которой проводят его синхронное детектирование на промежуточную частоту, причем к фазе опорного колебания при синхронном детектировании предварительно посредством управляемого фазовращателя добавляют значения исходного и канального фазовых сдвигов.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3