

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 827 335** <sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
**H04B 3/46 (2015.01)**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.09.2024)  
 Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 23.12.2024 по 22.12.2025. При  
 уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 23.12.2025 по 22.06.2026  
 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

**H04B 3/46 (2024.08)**; **H04L 27/02 (2024.08)**(21)(22) Заявка: **2023134648**, **22.12.2023**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**22.12.2023**Дата регистрации:  
**24.09.2024**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **22.12.2023**(45) Опубликовано: **24.09.2024** Бюл. № **27**(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **RU 2705357 C1, 07.11.2019. RU**  
**2762376 C1, 20.12.2021. RU 2763520 C1,**  
**30.12.2021. CN 116266806 A, 20.06.2023. RU**  
**2752650 C1, 29.07.2021. RU 2584456 C2,**  
**20.05.2016. CN 102263759 B, 30.10.2013.**

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),  
Дворников Сергей Сергеевич (RU),  
Лященко Станислав Алексеевич (RU),  
Погорелов Андрей Анатольевич (RU)**

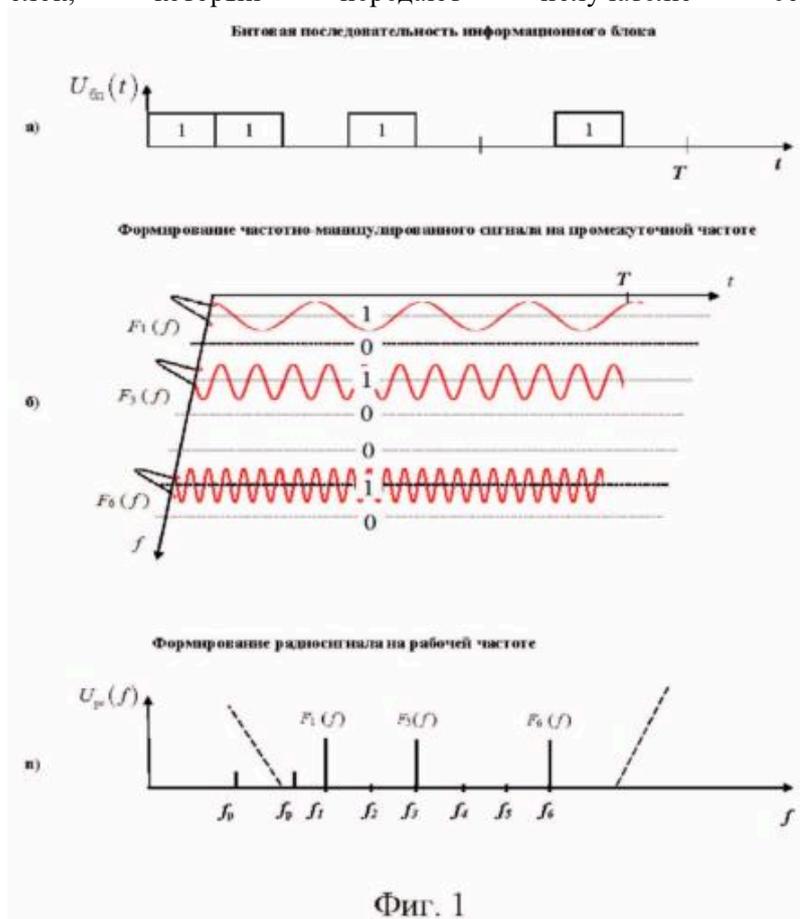
(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
государственный университет  
аэрокосмического приборостроения" (RU)****(54) Способ передачи и приема дискретных сигналов на основе однополосной модуляции**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для передачи информации применения в коротковолновых (КВ) каналах связи. Техническим результатом является повышение скорости передачи информации в КВ-каналах за счет агрегирования свойств частотно-манипулированных сигналов и сигналов однополосной модуляции. Упомянутый технический результат достигается тем, что битовый поток разбивают на информационные блоки, количество бит которых на единицу превышает число поднесущих для передачи, ставят в соответствие каждому информационному блоку, исключают первый бит, уникальную комбинацию элементов кода, выбирают промежуточную частоту, на которой формируют амплитудно-манипулированные колебания; скорость манипуляции задают так, чтобы ширина спектра результирующего частотно-манипулированного сигнала была равна полосе частот канала тональной частоты, на основе частотно-манипулированного колебания формируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен единице, по нижней - если равен нулю, при приеме результирующего сигнала методами амплитудного детектирования определяют полосу частот однополосной модуляции, на которой был сформирован сигнал, и формируют первый бит информационного блока, демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, формируют информационный

блок, который передают получателю сообщения. 1 ил.



Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для передачи информации применения в коротковолновых (КВ) каналах связи.

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 скорость передачи информации в КВ каналах при фиксированных частотно-энергетических ресурсах на формирование радиосигнала.

Известен «Способ передачи информации с использованием частотно-манипулированных сигналов» (Патент РФ №2519011. МПК H04L 27/22, опубл. 10.06.2014. Бюл. №16).

В известном способе сигналы на поднесущих частотах принимают как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания с оценкой уровня сигнала и помех, производят оценку качества и принимают решение о значении передаваемого символа, которое зависит от полученных оценок качества сигналов на поднесущих частотах, причем количество частотно-разнесенных подканалов равно числу  $N$ , которое больше двух, а в каждом подканале для обеспечения минимального пик-фактора радиосигнала передачу осуществляют последовательно по времени на одной из  $M$  частот, излучая радиоимпульсы длительностью в  $N$  раз меньшей длительности символа передаваемого сообщения. Время излучения и частоту излучения радиоимпульса в каждом подканале выбирают в зависимости от значения передаваемого  $n$ -элементного ( $n = \log_2(M \cdot N)$ ) символа, а решение о значении принимаемого символа выносят с учетом оценок качества принимаемых импульсов в каждом частотно-разнесенном подканале по критерию отношения максимального значения отсчета, полученного по значениям времени и частот.

Недостатком известного способа, как и предыдущего аналога, является низкая скорость передачи информации в КВ каналах при фиксированных частотно-энергетических ресурсах радиолинии.

Наиболее близким по технической сущности (прототипом) к заявляемому изобретению является «Способ передачи информации по коротковолновому каналу связи с использованием частотно-манипулированных сигналов» (Патент РФ №2705357. МПК H04L 27/22, опубл. 07.11.19. Бюл. №31).

В способе-прототипе методами частотной манипуляции формируют радиосигнал перестановочной модуляции на основе кодирования информационного слова последовательностью с постоянным весом. Количество поднесущих формируемого радиосигнала выбирают в соответствии с разрядностью кода. Информационный поток двоичных бит разбивают на информационные блоки в соответствии с числом доступных комбинаций и формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих, которым соответствуют информационные единицы. Формирование радиосигнала осуществляют на основе аддитивного объединения сформированных сигналов. Принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания.

Недостатком известного способа-прототипа, как и аналогов, является низкая скорость передачи информации в КВ каналах при фиксированных частотно-энергетических ресурсах радиолинии.

Задачей изобретения является создание способа, позволяющего повысить скорость передачи информации в КВ каналах при фиксированных частотно-энергетических ресурсах радиолинии.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение скорости передачи информации в КВ каналах за счет агрегирования свойств частотно-манипулированных сигналов и сигналов однополосной модуляции.

Технический результат достигается тем, что в способе передачи и приема дискретных сигналов на основе однополосной модуляции, заключающимся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих частот таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот, разбивают битовый поток на информационные блоки, 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 частотах, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих частотах, принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, при этом дополнительно при осуществлении разбиения битового потока на информационные блоки, выбирают в них количество бит так, чтобы оно превышало на единицу число поднесущих для передачи, при этом, перед тем, как ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, из информационного блока предварительно исключают первый бит, выбирают значение промежуточной частоты, на которой на поднесущих частотах формируют амплитудно-манипулированные колебания, причем скорость манипуляции задают таким образом, чтобы ширина спектра результирующего частотно-манипулированного сигнала была равна полосе частот канала тональной частоты, на рабочей частоте на основе сформированного на промежуточной частоте частотно-манипулированного колебания формируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен единице или по нижней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен нулю, при приеме результирующего сигнала посредством амплитудного детектирования определяют полосу частот однополосной модуляции, на которой был сформирован сигнал, и формируют первый бит информационного блока, демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, формируют информационный блок посредством объединения первого бита и битов после демодуляции частотно-манипулированного сигнала, который передают получателю сообщения.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе по сравнению со способом-прототипом производится дополнительное кодирование первым битом информационного блока верхней или нижней боковой полосы частот сигнала однополосной модуляции, что и обеспечивает повышение скорости передачи

информации при постоянных частотно- энергетических параметрах формирования радиосигнала.

Поясним достигаемый технический результат. В способе-прототипе блоком информации осуществляется кодирование формируемых сигналов амплитудной манипуляции. При этом количество одновременно передаваемых бит (позиционность сигнала) определяется количеством поднесущих частот.

В заявляемом способе для формирования радиосигнала используется однополосная модуляция, причем при формировании радиосигнала дополнительно используется кодирование старшим битом верхней или нижней боковых полосы частот формируемого радиосигнала, что определяет увеличение на один бит передаваемого информационного блока по сравнению со способом-прототипом. Таким образом, на порядок возрастает позиционность формируемого сигнала, а, следовательно, и скорость передачи информации.

При этом излучается сформированный сигнал однополосной модуляции по верхней или нижней боковой полосе частот. Поэтому частотно-энергетических ресурсы радиопередачи, затрачиваемые на формирование и излучение радиосигнала однополосной модуляции, не изменяются, так как параметры формируемого сигнала остаются постоянными. А поскольку радиосигнал однополосной модуляции обладает лучшими свойствами помехоустойчивости в каналах с переменными параметрами [см., например, Д.Д. Кловский. Теория передачи сигналов. Учебник - М. 1973 г.], то заявляемый способ может быть реализован в КВ системах радиосвязи.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны (фиг.1):

- а) битовая последовательность информационного блока;
- б) формирование частотно-манипулированного сигнала на промежуточной частоте;
- в) формирование радиосигнала на рабочей частоте.

Реализация заявляемого способа осуществляется следующим образом:

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

2. Разбивают битовый поток  $U_{БП}(t)$  на информационные блоки, количество бит которых на единицу превышает число доступных поднесущих (см. фиг. 1 а - битовый поток в способе-прототипе составлял семь бит, в заявляемом способе - восемь бит).

3. Ставят в соответствие каждому информационному блоку, из которого предварительно исключают первый бит, свою уникальную комбинацию элементов кода.

Процедуры по п. 1 - п. 3 идентичны аналогичным процедурам способа-прототипа, за исключением:

выбора количества бит информационного блока в п.2, который задают на один бит больше, чем в способе-прототипе;

исключения первого бита в п.3. при закреплении комбинаций кода.

Отличительные действия относятся к организационным и при реализации заявляемого способа программно-аппаратными методами цифровых систем радиосвязи могут быть выражены соответствующими простейшими алгоритмическими действиями.

4. Выбирают значение промежуточной частоты, на которой на длительности каждого передаваемого символа на поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, формируют амплитудно-манипулированные колебания поднесущих (фиг. 1, б.  $F_1(f) \dots F_6(f)$ ), после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих (см. фиг. 1 б), причем скорость манипуляции выбирают таким образом, чтобы ширина спектра результирующего частотно-манипулированного сигнала была равна полосе частот канала тональной частоты.

Процедура выбора номинального значения промежуточной частоты является известной и приведена, в частности, в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.).

Процедуры формирования амплитудно-манипулированных колебаний с последующим аддитивным сложением сформированных сигналов на всех поднесущих аналогичны соответствующим процедурам способа-прототипа.

Процедура выбора скорости амплитудной манипуляции, при которой ширина спектра результирующего частотно-манипулированного сигнала соответствует полосе частот канала тональной частоты, заключается в разделении полосы частот канала тональной частоты (3,1 кГц) на субполосы одинаковой ширины, количество которых равно числу поднесущих. Поскольку ширина спектра амплитудно-манипулированного сигнала определяется скоростью манипуляции (см. например, Д.Д. Кловский. Теория передачи сигналов. Учебник - М. 1973 г.), то скорость манипуляции выбирают таким

образом, чтобы ширина полосы частот, манипулированного по амплитуде колебания, не превышала (была равна) ширину субполосы частот.

Процедуру выбора скорости манипулирования в таком представлении целесообразно реализовать в виде алгебраических действий, которые просто выполнить программно-аппаратными методами цифровых систем радиосвязи.

5. На рабочей частоте на основе сформированного на промежуточной частоте частотно-манипулированного колебания формируют сигнал однополосной модуляции  $U_{pc}(f)$  по верхней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен единице, или по нижней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен нулю (см. фиг. 1 в).

Формирование сигнала однополосной модуляции является известной процедурой и приведено, например, в (Патенте РФ №2363091. МПК H03C 1/52, опубл. 27.07.2009. Бюл. №21) или описано в (Д.Д. Кловский. Теория передачи сигналов. Учебник - М. 1973 г.), практически реализовано, например, в возбуждителях «Лазурь», «Артек-Сириус». Отличительной особенностью данной процедуры является выбор формирования сигнала по верхней или нижней боковой полосе частот в зависимости от значения первого бита информационного блока. Данная операция относится к классу алгоритмических действий по проверке условий и может быть просто реализована программно-аппаратными способами построения современных радиосистем.

Другая особенность процедуры определяется условием формирования радиосигнала однополосной модуляции, при котором в качестве первичного электрического сигнала используется сигнал на промежуточной частоте. Фактически сигнал с промежуточной частоты преобразуется в радиосигнал на рабочей частоте, но с требуемой частотной и фазовой стабильностью, что и определяет формирование сигнала однополосной модуляции.

Альтернативным вариантом реализации процедуры формирования сигнала однополосной модуляции на основе сигнала на промежуточной частоте может быть преобразование сформированного сигнала с промежуточной частоты на нулевую частоту, например, способами цифровой обработки сигналов, и использование его в качестве первичного электрического сигнала при формировании радиосигнала однополосной модуляции.

6. При приеме результирующего сигнала  $U_{pc}(f)$  (см. фиг. 1 в) на основе амплитудного детектирования определяют полосу частот однополосной модуляции, на которой был сформирован сигнал, и формируют первый бит информационного блока.

Определение верхней или нижней полосы частот однополосной модуляции при приеме сигнала целесообразно реализовать на основе двух амплитудных детекторов с частотной полосой детектирования равной ширине полосы частот канала тональной частоты. Рабочие частоты амплитудных детекторов выбирают равными центральной частоте верхней для первого амплитудного детектора и центральной частоте нижней для второго амплитудного детектора полосе частот однополосной модуляции. После операции амплитудного детектирования производится сравнение напряжений с выходов амплитудных детекторов и по превышению значения напряжения на выходе одного из детекторов принимается решение о выборе полосы частот.

Особенностью реализации описанных действий является применение амплитудных детекторов для обработки негармонических сигналов в полосе частот. Такие детекторы являются известными и представлены, например, в (Патенте РФ №2399150. МПК H03D 3/00. Опубл. 10.09.2010. Бюл. №25.). Применение таких амплитудных детекторов практически позволяет реализовать метод приема сигналов частотной телеграфии по огибающей (см. например, С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.) при демодуляции первого бита информационного блока.

Указанное представление позволяет относительно просто реализовать процедуру по п. 6 программно-аппаратными методами.

7. Демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, формируют информационный блок, который передают получателю сообщения.

Процедура демодуляции результирующего частотно-манипулированного сигнала аналогична способу-прототипу.

Отличительной особенностью данной процедуры является формирование информационного блока способом объединения первого бита (см. п. 6) и битов после

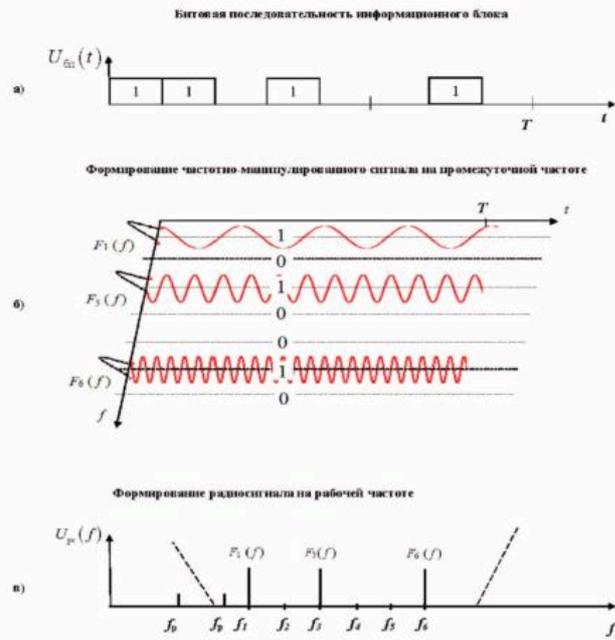
демодуляции частотно-манипулированного сигнала, которая относится к классу организационных действий.

Заявляемый способ целесообразно реализовать на базе микропроцессорной техники методами программно-определяемых радиосистем с применением аналоговых и цифровых схемотехнических решений. При этом выбор и сопряжение микропроцессора и непрограммных схемотехнических реализаций приведено, например, в (Патенте РФ №2273099. МПК H04B 15/00, опубл. 27.03.2006. Бюл. №9).

Результаты проведенного имитационного моделирования передачи сообщений в среде MatLAB на основе разработанного способа показали повышение скорости передачи информации по КВ каналу при обработке сигнала в полосе частот канала тональной частоты, что указывает на достижение задачи и технического результата изобретения.

#### Формула изобретения

Способ передачи и приема дискретных сигналов на основе однополосной модуляции, заключающийся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих частот таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот, разбивают битовый поток на информационные блоки, 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 частотах, которым соответствуют информационные единицы, после чего осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих частотах, принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, отличающийся тем, что при осуществлении разбиения битового потока на информационные блоки выбирают в них количество бит так, чтобы оно превышало на единицу число поднесущих для передачи, при этом, перед тем, как ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, из информационного блока предварительно исключают первый бит, выбирают значение промежуточной частоты, на которой на поднесущих частотах формируют амплитудно-манипулированные колебания, причем скорость манипуляции задают таким образом, чтобы ширина спектра результирующего частотно-манипулированного сигнала была равна полосе частот канала тональной частоты, на рабочей частоте на основе сформированного на промежуточной частоте частотно-манипулированного колебания формируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен единице, или по нижней боковой полосе частот, если первый бит информационного блока равен нулю, при приеме результирующего сигнала посредством амплитудного детектирования определяют полосу частот однополосной модуляции, на которой был сформирован сигнал, и формируют первый бит информационного блока, демодулируют результирующий частотно-манипулированный сигнал, формируют информационный блок посредством объединения первого бита и битов после демодуляции частотно-манипулированного сигнала, который передают получателю сообщения.



Фиг. 1