

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 820 854** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) МПК
[H04L 27/32 \(2006.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.06.2024)
 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

H04L 27/32 (2024.01)(21)(22) Заявка: **2023134674**, **22.12.2023**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.12.2023Дата регистрации:
11.06.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **22.12.2023**(45) Опубликовано: **11.06.2024** Бюл. № **17**

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: **RU 2763520 C1, 30.12.2021. CN**
105681239 A, 15.06.2016. RU 2705357 C1,
07.11.2019. GB 1522921 A, 31.08.1978. WO
03052994 A2, 26.06.2003. RU 2123763 C1,
20.12.1998.

Адрес для переписки:

**190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
 Морская, 67, лит. А, СПГУАП, 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):

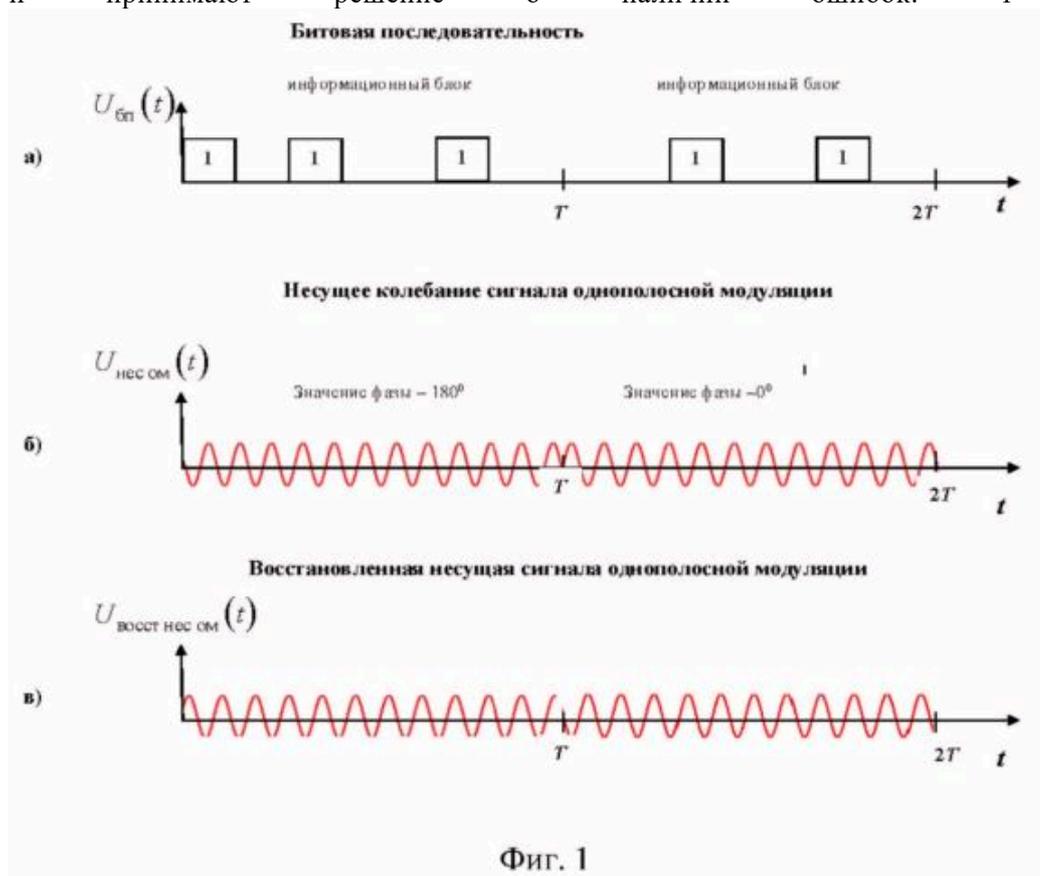
**Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Санкт-Петербургский
 государственный университет
 аэрокосмического приборостроения" (RU)**

**(54) Способ передачи и приема дискретных сигналов с обнаружением ошибок на основе
 однополосной модуляции**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в коротковолновых каналах связи. Техническим результатом изобретения является обнаружение ошибок приема элементов сигнала при сохранении максимальной скорости передачи информации за счет реализации свойств кодов с обнаружением ошибок на основе перестановочной и однополосной модуляций. Способ передачи и приема дискретных сигналов с обнаружением ошибок на основе однополосной модуляции дополнительно заключается в том, что на передающей стороне определяют значение суммы по модулю два элементов передаваемого информационного блока, если значение суммы равно единице, то осуществляют сдвиг фазы несущего колебания сигнала однополосной модуляции, сформированного на рабочей частоте, на сто восемьдесят градусов, иначе сдвиг фазы не осуществляют, после приема сигнала выделяют несущее колебание сигнала однополосной модуляции, формируют восстановленную несущую, для чего умножают фазу выделенного несущего колебания на два, а затем умноженное значение фазы делят на два, на основе выделенного несущего колебания сигнала однополосной модуляции определяют его фазу и первое значение суммы по модулю два принятых элементов информационного блока, одновременно демодулируют сигнал однополосной модуляции на основе восстановленной несущей, и после приема результирующего

частотно-манипулированного сигнала вычисляют второе значение суммы по модулю два принятого информационного блока, сравнивают первое и второе значения суммы и принимают решение о наличии ошибок. 1 ил.



Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в коротковолновых каналах связи.

Известен 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 данном способе 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 представленного способа является необнаружение ошибок приема элементов сигнала в условиях максимальной скорости передачи по радиоканалу.

Известен является «Способ помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции» (Патент РФ № 2784030. МПК H04B 10/54, опубл. 23.11.22. Бюл. № 33).

В представленном способе сигнал перестановочной модуляции формируют на промежуточной частоте. На основе сформированного сигнала перестановочной модуляции на рабочей частоте получают сигнал однополосной модуляции. После чего изменяют значения фазовых и частотных сдвигов несущей частоты сигнала однополосной модуляции по известному на приемной и передающих сторонах закону.

Недостатком данного способа, как и предыдущего аналога, является необнаружение ошибок приема элементов сигнала в условиях максимальной скорости передачи по радиоканалу.

Наиболее близким по технической сущности (прототипом) к заявляемому изобретению является «Способ помехозащищенной передачи и приема дискретных

сигналов на основе однополосной модуляции» (Патент РФ № 2763520, МПК H04L 27/32, опубл. 30.12.21. Бюл. № 1).

В способе-прототипе выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого сигнала 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, и 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. Затем осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих. Принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания.

На передающей и приемной сторонах формируют случайную двоичную последовательность, длительность бита которой отличается от длительности информационного бита. На промежуточной частоте формируют ортогональные частотные поднесущие, фазу каждой из которых манипулируют одним из битов блока случайной последовательности, причем количество битов в блоке случайной последовательности задают равным числу частотных поднесущих, а число частотных поднесущих определяют таким образом, чтобы ширина полосы частот сформированного фазо-манипулированного сигнала не превышала полосу частот канала тональной частоты. На основе фазо-манипулированного сигнала на частоте номиналом больше, чем рабочая частота на 3,7 кГц получают сигнал однополосной модуляции по нижней боковой полосе частот.

На передающей стороне результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах формируют на промежуточной частоте в полосе частот канала тональной частоты. На рабочей частоте на основе сформированного сигнала на промежуточной частоте получают сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот складывают с сигналом однополосной модуляции по нижней боковой полосе частот. Радиосигнал излучают в сторону корреспондента.

На приемной стороне принимают радиосигнал, после чего из принятого радиосигнала вычитают сигнал однополосной модуляции по нижней боковой полосе частот, демодулируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот на промежуточную частоту, демодулируют частотно-манипулированный сигнал.

Недостатком известного способа-прототипа, как и способов-аналогов, является необнаружение ошибок приема элементов сигнала в условиях максимальной скорости передачи по радиоканалу.

Задачей изобретения является создание способа позволяющего обнаруживать ошибки приема элементов сигнала, сформированного блоком информационных бит, при максимальной скорости передачи информации по радиоканалу.

Техническим результатом заявляемого изобретения является обнаружение ошибок приема элементов сигнала при сохранении максимальной скорости передачи информации за счет реализации свойств кодов с обнаружением ошибок на основе перестановочной и однополосной модуляций.

Технический результат достигается тем, что в способе передачи и приема дискретных сигналов с обнаружением ошибок на основе однополосной модуляции, заключающимся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого сигнала 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 на промежуточной частоте в полосе частот канала тональной частоты осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих, на рабочей частоте на основе сформированного сигнала на промежуточной частоте получают сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, радиосигнал излучают в сторону корреспондента, принимают радиосигнал, демодулируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот на промежуточную частоту, принимают результирующий частотно-

манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, при этом на передающей стороне определяют значение суммы по модулю два элементов передаваемого информационного блока, если значение суммы равно единице, то осуществляют сдвиг фазы несущего колебания сигнала однополосной модуляции, сформированного на рабочей частоте, на сто восемьдесят градусов, иначе сдвиг фазы не осуществляют, после приема сигнала выделяют несущее колебание сигнала однополосной модуляции, формируют восстановленную несущую, для чего умножают фазу выделенного несущего колебания на два, а затем умноженное значение фазы делят на два, на основе выделенного несущего колебания сигнала однополосной модуляции определяют его фазу и первое значение суммы по модулю два принятых элементов информационного блока, одновременно демодулируют сигнал однополосной модуляции на основе восстановленной несущей, и после приема результирующего частотно-манипулированного сигнала вычисляют второе значение суммы по модулю два принятого информационного блока, сравнивают первое и второе значения суммы и принимают решение о наличии ошибок.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе на основе фазовой манипуляции несущего колебания проверочными на четность битами информационного блока реализуется возможность обнаружения факта ошибочного приема элемента сигнала при сохранении максимальной скорости передачи.

Поясним возможность достижения указанного технического результата.

В способе-прототипе поднесущие дискретного сигнала перестановочной модуляции формируются в спектре помехоустойчивого аналогового сигнала однополосной модуляции. При этом передача информационных бит осуществляется по верхней боковой полосе частот, а все поднесущие используются для передачи информации. Несущее колебание на рабочей частоте используется только для демодуляции сигнала по верхней боковой полосе частот. Обнаружение ошибок приема элемента сигнала не производится.

В заявляемом способе для передачи проверочного бита используют несущее колебание на рабочей частоте, а все поднесущие - для передачи информации. Поскольку несущее колебание на рабочей частоте не предназначено для передачи информации, а используется для демодуляции сигнала (Д.Д. Кловский. Теория передачи сигналов. Учебник - М. 1973 г.), (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.), то снижение максимальной скорости передачи не осуществляется. В то же время реализуется проверка на наличие ошибок при приеме информационных бит.

Необходимо отметить, что в заявляемом способе использование модулированного по фазе несущего колебания на рабочей частоте при демодуляции сигнала однополосной модуляции приведет к фазовым искажениям принимаемого сигнала (Д.Д. Кловский. Теория передачи сигналов. Учебник - М. 1973 г.), (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.). Для устранения данного явления в заявляемом способе перед демодуляцией однополосного сигнала фаза несущего колебания на рабочей частоте умножается на два, что обуславливает компенсацию фазовой манипуляции, после чего делится на два, что обеспечивает восстановление передаваемого несущего колебания.

Заявленный способ поясняется фиг.1, на котором показаны:

- а) битовая последовательность;
- б) несущее колебание сигнала однополосной модуляции;
- в) восстановленная несущая сигнала однополосной модуляции;

Реализация заявляемого способа в соответствии с фиг. 1 осуществляется следующим образом:

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

2. Разбивают битовый поток $U_{\text{бит}}(t)$ на информационные блоки (см. фиг. 1 а) в соответствии с числом доступных комбинаций кода, определяющих его алфавит, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода.

Процедуры по п.1 - п.2 идентичны аналогичным процедурам способа-прототипа.

3. Определяют значение суммы по модулю два элементов передаваемого информационного блока.

Данная процедура основывается на нахождении суммы по модулю два элементов информационного блока и реализуется на основе применения сумматоров по модулю

два. Сумматоры по модулю два являются известными устройствами и представлены, например, в (Патенте РФ № 2724597. МПК H06F 7/724, опубл. 25.06.20. Бюл. № 18).

4. На промежуточной частоте в полосе частот канала тональной частоты осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих, на рабочей частоте на основе сформированного сигнала на промежуточной частоте получают сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, радиосигнал излучают в сторону корреспондента.

Данные процедуры аналогичны соответствующим процедурам способа-прототипа.

5. Если значение суммы по модулю два элементов передаваемого информационного блока $U_{\text{оп}}(t)$ равно единице (см. фиг. 1 а), то осуществляют сдвиг фазы несущего колебания сигнала однополосной модуляции, сформированного на рабочей частоте $U_{\text{нес ом}}(t)$, на сто восемьдесят градусов, иначе сдвиг фазы не осуществляют (см. фиг. 1 б). Радиосигнал излучают в сторону корреспондента.

Операцию сдвига фазы может быть реализована на основе фазовращателей. Техническая реализация фазовращателя представлена, в частности, в (Патенте РФ № 2738316. МПК H03L 7/08, опубл. 11.12.20. Бюл. № 35).

Операция проверки на четность является логической и может быть реализована аппаратно-программным способом на базе микропроцессорной техники. При этом выбор и сопряжение микропроцессора и непрограммных схмотехнических реализаций приведено, например, в (Патенте РФ № 2273099. МПК H04B 15/00, опубл. 27.03.2006. Бюл. № 9).

Излучение радиосигнала аналогично способу-прототипу.

6. После приема сигнала выделяют несущее колебание сигнала однополосной модуляции.

Данная операция основывается на применении кварцевых фильтров при демодуляции сигнала однополосной модуляции и приведена, например, в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.).

7. Формируют восстановленную несущую $U_{\text{восст нес}}(t)$, для чего умножают фазу выделенного несущего колебания на два, а затем умноженное значение фазы делят на два (см. фиг. 1 в).

Данная операция основывается на применении фазовращателей, реализация которых представлена в п. 5.

Фактически данная операция реализует схему Пистолькорса приема фазоманипулированных сигналов. Реализация данной схемы приведена, например, в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.).

8. На основе выделенного несущего колебания сигнала однополосной модуляции определяют его фазу и первое значение суммы по модулю два принятых элементов информационного блока.

Определение фазы несущего колебания реализуется на основе фазовых детекторов. Реализация фазовых детекторов является известной и приведена, например, в (Формуле полезной модели РФ № 163281. МПК H03D 3/04, опубл. 10.07.16. Бюл. № 19) или в (С.В. Дворников и др. Радиоприемные устройства. Учебник - СПб. ВАС, 2016 г.).

Если значение фазы несущего колебания равно нулю, то первое значение суммы по модулю два принимают равным нулю, иначе - единице. Данная операция является логической и ее целесообразно реализовать аппаратно-программным способом на базе микропроцессорной техники (см. п. 5).

9. Демодулируют сигнал однополосной модуляции на основе восстановленной несущей $U_{\text{восст нес}}(t)$, и после приема результирующего частотно-манипулированного сигнала вычисляют второе значение суммы по модулю два принятого информационного блока.

Операция демодуляции сигнала однополосной модуляции и демодуляции (приема) результирующего частотно-манипулированного сигнала (сигнала перестановочной модуляции) аналогична соответствующим операциям способа-прототипа, за исключением использования восстановленной несущей (см. п. 7) при демодуляции сигнала однополосной модуляции.

Вычисление второго значение суммы по модулю два принятого информационного блока аналогично п. 3.

10. Сравнивают первое и второе значения суммы и принимают решение о наличии ошибок.

Операция сравнения двух значений суммы является логической и может быть реализована программным способом на базе микропроцессорной техники (см. п. 5).

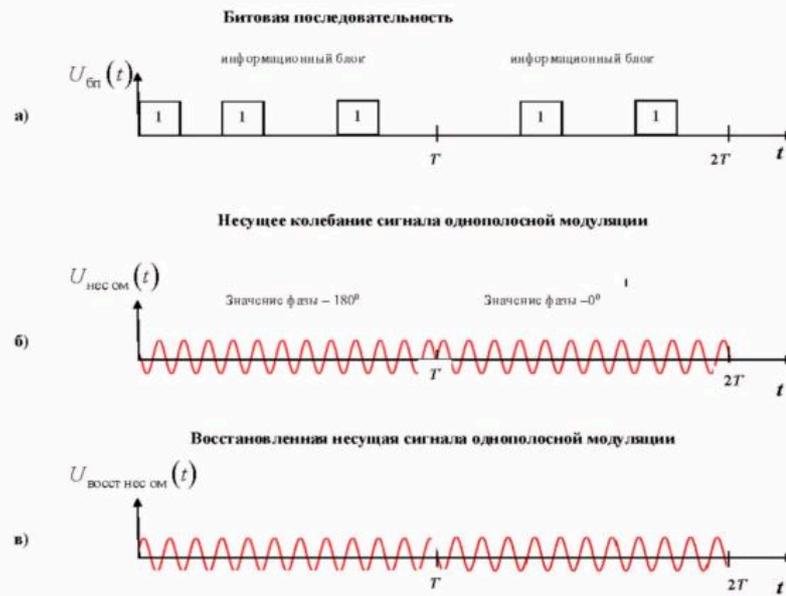
При этом если первое и второе значение суммы не совпадают, то делают вывод об ошибке приема.

Результаты проведенного имитационного моделирования передачи сообщений в среде MatLAB на основе разработанного способа показали высокую вероятность определения ошибки приема элемента сигнала при максимальной скорости передачи. Так, при отношении мощности сигнала к мощности помехи в 11 дБ, вероятность неправильного определения факта ошибочного приема элемента сигнала составила 10^{-2} при заданных исходных данных.

Таким образом, в заявляемом способе при его реализации обеспечивается обнаружение ошибки приема элементов сигнала при максимальной скорости передачи информации по радиоканалу, что указывает на достижение задачи и технического результата изобретения.

Формула изобретения

Способ передачи и приема дискретных сигналов с обнаружением ошибок на основе однополосной модуляции, заключающийся в том, что выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих формируемого сигнала 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 на промежуточной частоте в полосе частот канала тональной частоты осуществляют аддитивное сложение сформированных сигналов на всех поднесущих, на рабочей частоте на основе сформированного сигнала на промежуточной частоте получают сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот, радиосигнал излучают в сторону корреспондента, принимают радиосигнал, демодулируют сигнал однополосной модуляции по верхней боковой полосе частот на промежуточную частоту, принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, отличающийся тем, что на передающей стороне определяют значение суммы по модулю два элементов передаваемого информационного блока, если значение суммы равно единице, то осуществляют сдвиг фазы несущего колебания сигнала однополосной модуляции, сформированного на рабочей частоте, на сто восемьдесят градусов, иначе сдвиг фазы не осуществляют, после приема сигнала выделяют несущее колебание сигнала однополосной модуляции, формируют восстановленную несущую, для чего умножают фазу выделенного несущего колебания на два, а затем умноженное значение фазы делят на два, на основе выделенного несущего колебания сигнала однополосной модуляции определяют его фазу и первое значение суммы по модулю два принятых элементов информационного блока, одновременно демодулируют сигнал однополосной модуляции на основе восстановленной несущей, и после приема результирующего частотно-манипулированного сигнала вычисляют второе значение суммы по модулю два принятого информационного блока, сравнивают первое и второе значения суммы и принимают решение о наличии ошибок.



Фиг. 1