РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 822 453** (13) **C1**

(51) МПК
H04B 1/715 (2011.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.07.2024)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 03.02.2025 по 02.02.2026. При уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 03.02.2026 по 02.08.2026 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК
H04B2001/7152 *(2024.01)*

(21)(22) Заявка: **2024102668, 02.02.2024**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2024

Дата регистрации:
05.07.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **02.02.2024**

(45) Опубликовано: **05.07.2024** Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2791729 C1, 13.03.2023. RU 2767181 C1, 16.03.2022. JPS 6158338 A, 25.03.1986. JPS 6086935 A, 16.05.1985. US 2009098835 A1, 16.04.2009. RU 2533077 C2, 20.11.2014.**

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

(72) Автор(ы):
Дворников Сергей Сергеевич (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Лященко Станислав Алексеевич (RU),
Лянгузов Данила Андреевич (RU),
Погорелов Андрей Анатольевич (RU),
Москалец Геннадий Николаевич (RU),
Пшеничников Александр Викторович (RU)

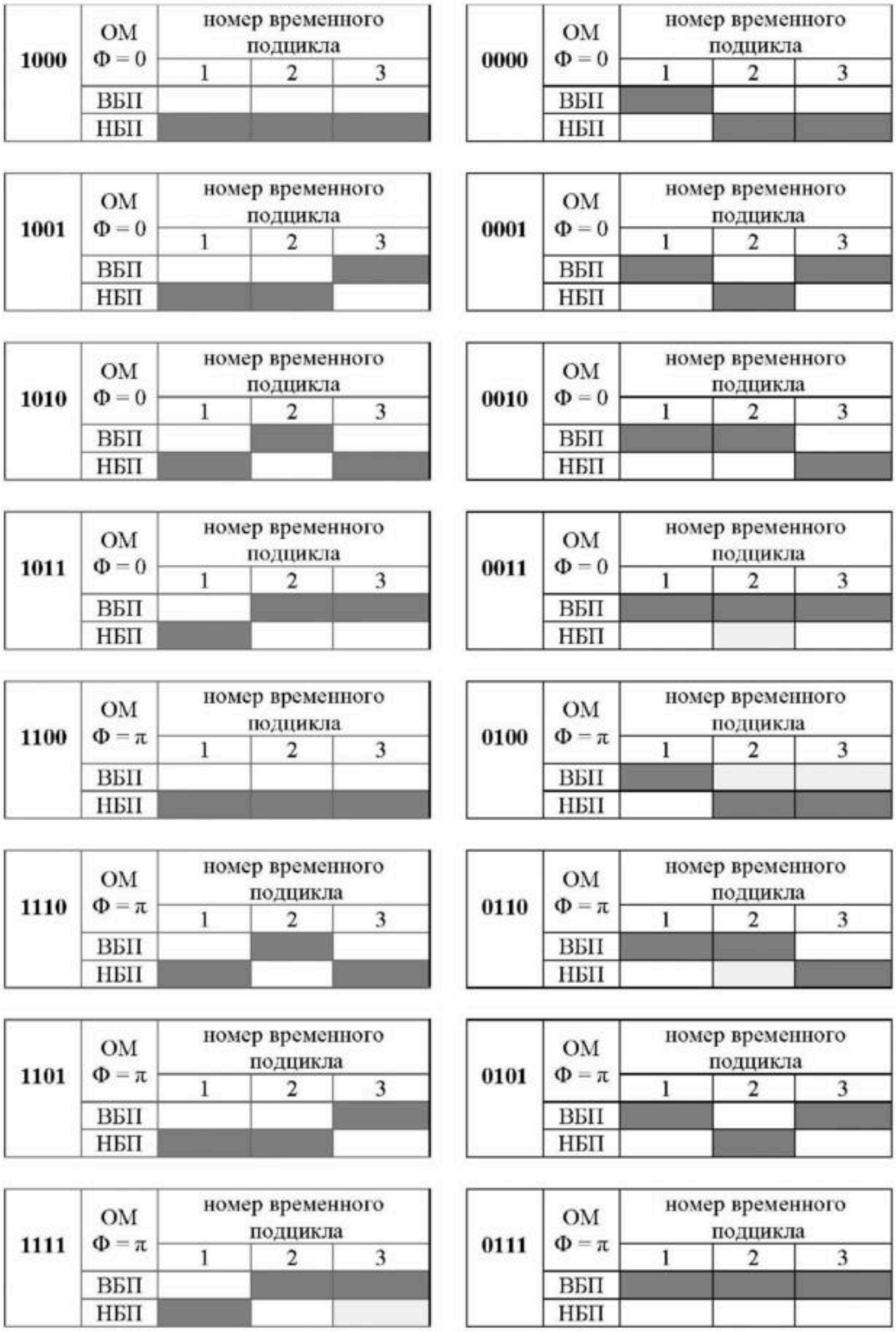
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в помехозащищенных системах радиосвязи с программной перестройкой рабочей частоты для работы в коротковолновых каналах. Техническим результатом изобретения является повышение помехоустойчивости приема. В способе помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции в коротковолновых радиоканалах дополнительно производится учет начального значения фазы сигнала на длительности первого временного подцикла, что позволяет всегда формировать сигнал на длительности трех

временных подциклов, независимо от структуры кодовой комбинации. 1 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в помехозащищенных системах радиосвязи с программной перестройкой рабочей частоты для работы в коротковолновых каналах.

Известен «Способ формирования сигнала в режиме программной перестройки рабочей частоты» (ППРЧ), (Патент РФ № 2749863, МПК H04D 1/713, опубл. 17.06.2021, бюл. № 17). В этом способе первичный сигнал модулируют цифровой последовательностью, расширенной кодами Баркера различной разрядности, выбор которых осуществляется в соответствии с заданной первой псевдослучайной кодовой цифровой последовательностью (ПКЦП). Затем полученный сигнал перемножают с

опорными колебаниями, частоты которых изменяются в соответствии со второй ПКЦП. После чего передают сформированный сигнал на приемную сторону. При этом осуществляют синхронный выбор номера частоты и номера кода Баркера, в соответствии с первой и второй ПКЦП.

Недостатком представленного способа является низкая скорость передачи информационных блоков данных в коротковолновых каналах связи.

Известен «Способ передачи информации с внутрисимвольной псевдослучайной перестройкой рабочей частоты» (Патент РФ № 2533077, МПК H04L 9/20, опубл. 20.11.2014, бюл. № 32). В данном способе сигнал с ППРЧ формируют следующим образом. На передающей стороне полезная информация разбивается на символы, каждый длиною в несколько бит, которые, в свою очередь, разносятся на независимые частотные элементы, каждый из которых передается поочередно на своей частоте в соответствии с заданной псевдослучайной последовательностью.

Недостаток данного способа заключается в низкой скорости передачи информационных блоков данных в коротковолновом канале связи.

Наиболее близким по технической сущности (прототипом) к заявляемому является «Способ помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции» (Патент РФ № 2791729, МПК H04B 1/713 (2011.01) H04B 1/719 (2011.01), опубл. 13.03.2023. Бюл. № 8).

В способе-прототипе сигналы, радиосигнал, передаваемый по частотно-разнесенным подканалам, имеет длительность, равную одной временной позиции, радиосигнал передают последовательно во времени один раз по каждому частотно-разнесенному подканалу, при этом поток информационных данных разбивают на информационные блоки по четыре бита, для передачи применяют режим медленной программной перестройки рабочей частоты, при каждой перестройке на очередную рабочую частоту на основе гармонического колебания с частотой один килогерц формируют радиосигнал однополосной модуляции (ОМ), при этом выбор верхней (ВБП) или нижней боковой полосы (ВБП) определяют исходя из данных информационного блока, временной интервал работы на одной частоте делят на три временных подцикла, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит

информационного блока равен единице, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучение не осуществляют, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучение не осуществляют, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучение не осуществляют, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучение не осуществляют, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучение не осуществляют, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен единице, четвертый бит информационного блока равен нулю, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на третьем временном подцикле излучение не осуществляют, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен единице, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучение не осуществляют, на третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, если первый бит информационного блока равен нулю, второй бит информационного блока равен нулю, третий бит информационного блока равен нулю, четвертый бит информационного блока равен единице, то на первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, на втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, на третьем временном подцикле излучение не осуществляют.

Недостатком способа-прототипа является то, что формируемый сигнал не всегда излучается на длительности всех трех временных подциклов. Например, для кодовой комбинации 0000 сигнал излучают только на длительности двух временных подциклов. Указанные обстоятельства приводят к снижению помехоустойчивости приема.

Задачей изобретения является реализация процедуры кодирования информационными символами из четырех бит трех временных позиций шестнадцатипозиционного сигнала, формируемого на основе однополосной модуляции в режиме программной перестройки рабочей частоты таким образом, чтобы обеспечить наличие излучения сигнала во всех трех временных подциклов, независимо от значения кодовой комбинации.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение помехоустойчивости приема.

Технический результат достигается тем, что в способе помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции в коротковолновых радиоканалах, заключающегося в том, что радиосигнал, передаваемый по частотно-разнесенным подканалам, имеет длительность, равную одной временной позиции, радиосигнал передают последовательно во времени один раз по каждому частотно-разнесенному подканалу, поток информационных данных разбивают на информационные блоки по четыре бита, для передачи применяют

режим медленной программной перестройки рабочей частоты, при каждой перестройке на очередную рабочую частоту на основе гармонического колебания с частотой один килогерц формируют радиосигнал ОМ, при этом выбор верхней или нижней боковой полосы определяют исходя из данных информационного блока, временной интервал работы на одной частоте делят на три временных подцикла, при этом, если первый бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, при этом если второй бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал, начальная фаза которого равна 180 градусов, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле излучают сигнал, начальная фаза которого равна 0 градусов, при этом если третий бит информационного блока равен единице, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если третий бит информационного блока равен нулю, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой, при этом если четвертый бит информационного блока равен единице, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если четвертый бит информационного блока равен нулю, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе производится кодирование трех временных подциклов передачи шестнадцатипозиционного сигнала четырьмя битами информационного блока в режиме ППРЧ на основе формирования однополосной модуляции таким образом, что сигнал всегда излучают на длительности трех временных подциклов, независимо от значения кодовой комбинации.

Поясним возможность достижения указанного технического результата.

В способе-прототипе осуществляется кодирование временных подциклов происходит таким образом, что для некоторых кодовых комбинаций, например, 0000, 0001, 0010, сигнал излучают только на длительности двух временных подциклов.

В результате такого кодирования пик-фактор сигнала получает высокое значение. Вместе с тем известно, что «высокое значение пик-фактора сигнала приводит либо к недоиспользованию усилителей мощности и, как следствие, к снижению средней мощности сигнала и помехоустойчивости его приема, либо к повышению уровня нелинейных искажений в сигнале, что, в свою очередь, приводит к увеличению уровня внеполосных излучений, а также к снижению помехоустойчивости приема», см. (Рашич А.В., Нгуен Т.Н., Сальников В.А. Расчет пик-фактора многочастотных сигналов с ортогональным и неортогональным частотным уплотнением // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2018 Т. 11 № 3 С. 37-48. DOI: 10.18721/JCSTCS.11304).

В заявляемом способе для кодирования четырьмя битами информационного блока использовано три временных подцикла при двух частотных позициях.

При этом отличительной особенностью заявляемого способа является учет начального значения фазы сигнала на длительности первого временного подцикла, что позволяет всегда формировать сигнал на длительности трех временных подциклов, независимо от структуры кодовой комбинации.

Такое решение позволило снизить пик-фактор сигнала и тем самым улучшить свойства помехоустойчивости приема.

Заявленный способ поясняется фиг. 1, на которой показаны:

мнемосхемы формирования излучения на временных подциклах на рабочей частоте радиолинии с программной перестройкой рабочей частоты.

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

1. Поток информационных данных разбивают на информационные блоки по четыре бита.

Данная операция основывается на выделении четырех бит из потока информационных данных и аналогична способу-прототипу, см. (Патент РФ № 2791729, МПК H04B 1/713 (2011.01) H04B 1/719 (2011.01), опубл. 13.03.2023 Бюл. № 8).

2. Для передачи применяют режим медленной программной перестройки рабочей частоты.

Процедура реализации режима медленной программной перестройки рабочей частоты является известной. Учитывая статистические свойства канала коротковолновой радиосвязи целесообразно применение частотно-адаптивного

режима программной перестройки, представленного, например, в (Патент на изобретение RU № 2707572).

3. При каждой перестройке на очередную рабочую частоту на основе гармонического колебания с частотой один килогерц формируют радиосигнал ОМ. При этом выбор ВБП или нижней боковой полосы ВБП определяют исходя из данных информационного блока.

Формирование радиосигнала однополосной модуляцией является известной процедурой и приведено, например, в (Патенте РФ № 2798980 С1. МПК H03K 5/00, опубл. 13.03.2023).

4. Временной интервал работы на одной частоте делят на три временных подцикла.

Данная операция является организационной и аналогична способу-прототипу, см. (Патент РФ № 2791729, МПК H04B 1/713 (2011.01) H04B 1/719 (2011.01), опубл. 13.03.2023 Бюл. № 8).

5. Радиосигнал, передаваемый по частотно-разнесенным подканалам, имеет длительность, равную одной временной позиции, радиосигнал передают последовательно во времени один раз по каждому частотно-разнесенному подканалу.

Данные операции аналогичны способу-прототипу.

Способы передачи сигнала известны, см. (Патент на изобретение RU 2710027 С1, МПК H04B 1/713, опубл. 24.12.2019).

6. Если первый бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП; если второй бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал, начальная фаза которого равна 180 градусов, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле излучают сигнал, начальная фаза которого равна 0 градусов; если третий бит информационного блока равен единице, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если третий бит информационного блока равен нулю, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой; если четвертый бит информационного блока равен единице, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если четвертый бит информационного блока равен нулю, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой, см. фиг. 1.

Данные операции являются логико-формальными и описывают алгоритм формирования радиосигнала заявляемым способом.

Их реализация аналогична реализации, описанной в способе-прототипе.

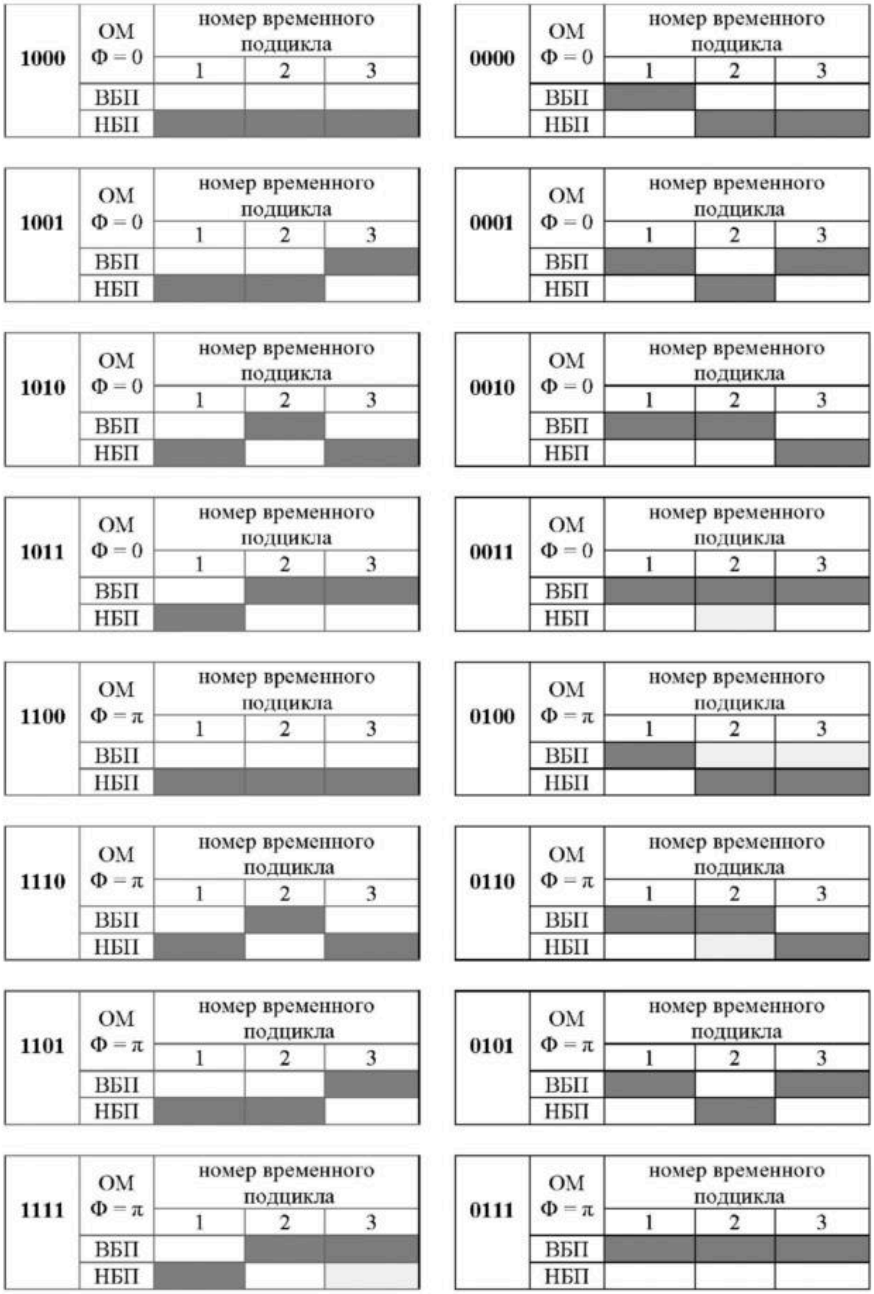
Формирование сигналов с заданным значением начальной фазы известно, например, см. (Патент на изобретение RU 2439819 С1, МПК H04L 7/02, опубл. 10.01.2012).

Моделирование алгоритма, реализующего заявляемый способ помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции, в среде MatLAB выявила повышение помехоустойчивости приема на 2 дБ по сравнению со способом-прототипом, что указывает на достижение задачи и заявляемого технического результата.

Формула изобретения

Способ помехозащищенной передачи шестнадцатипозиционных сигналов на основе однополосной модуляции в коротковолновых радиоканалах, заключающийся в том, что радиосигнал, передаваемый по частотно-разнесенным подканалам, имеет длительность, равную одной временной позиции, радиосигнал передают последовательно во времени один раз по каждому частотно-разнесенному подканалу, поток информационных данных разбивают на информационные блоки по четыре бита, для передачи применяют режим медленной программной перестройки рабочей частоты, при каждой перестройке на очередную рабочую частоту на основе гармонического колебания с частотой один килогерц формируют радиосигнал однополосной модуляции (ОМ), при этом выбор верхней (ВБП) или нижней боковой полосы (НБП) определяют исходя из данных информационного блока, временной интервал работы на одной частоте делят на три временных подцикла, отличающийся тем, что если первый бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП, при этом если второй бит информационного блока равен единице, то в первом временном подцикле излучают сигнал, начальная фаза которого равна 180 градусов, а если первый бит информационного блока равен нулю, то в первом временном подцикле

излучают сигнал, начальная фаза которого равна 0 градусов, при этом если третий бит информационного блока равен единице, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если третий бит информационного блока равен нулю, то во втором временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой, при этом если четвертый бит информационного блока равен единице, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ ВБП с любой начальной фазой, а если четвертый бит информационного блока равен нулю, то в третьем временном подцикле излучают сигнал ОМ НБП с любой начальной фазой.



Фиг. 1