

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 865 479** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

H04B 17/309 (2015.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.07.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 25.02.2030 по 24.02.2031. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 25.02.2030 по 24.02.2031. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 25.02.2031 по 24.08.2031 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты
пошлины за поддержание
патента в силе

(52) СПК

H04B 1/713 (2026.01); H04B 17/309 (2026.01)(21)(22) Заявка: **2026104965**, **24.02.2026**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2026Дата регистрации:
06.07.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **24.02.2026**(45) Опубликовано: **06.07.2026** Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2799491 C1, 05.07.2023. RU**
2710027 C1, 24.12.2019. US 7613224 B2,
03.11.2009. RU 2774064 C1, 15.06.2022. RU
2756972 C1, 07.10.2021.

Адрес для переписки:

**190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ**

(72) Автор(ы):

Маслова Анна Андреевна (RU),
Рассолов Леонид Михайлович (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Дворников Сергей Сергеевич (RU),
Васильева Дина Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

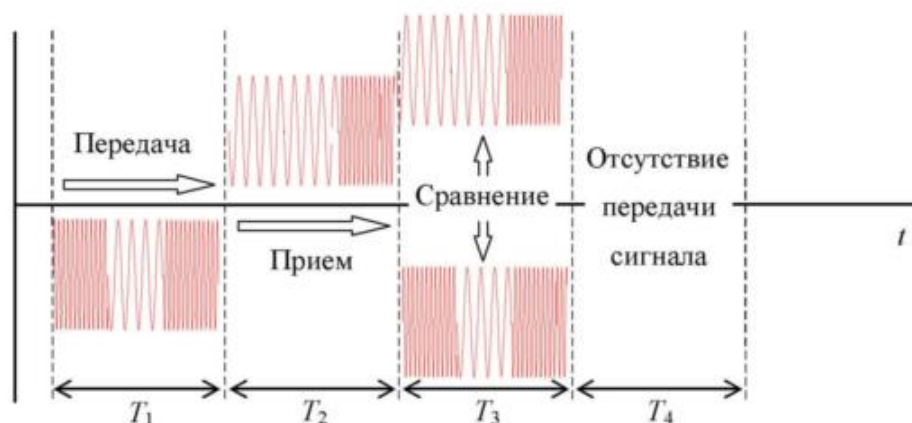
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ контроля рабочих частот

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в частотно-адаптивных системах радиосвязи, в том числе для передачи радиолокационной информации беспилотными авиационными системами. Техническим результатом заявляемого способа является повышение достоверности правильного выбора пригодных рабочих частот (РЧ) в процессе передачи блоков информационных данных. Технический результат достигается за счет того, что цикл передачи сообщения разделяют на четыре подцикла с постоянными и равными длительностями. На длительности первого подцикла передают кодовую комбинацию на первой РЧ из списка РЧ на приемную сторону, на длительности второго подцикла с приемной стороны принятую кодовую комбинацию передают на передающую сторону, на длительности третьего подцикла на передающей стороне осуществляют проверку соответствия переданной и принятой кодовой комбинации на первой РЧ из списка РЧ. Если переданная и принятая кодовые комбинации не соответствуют друг другу, то выбранную для передачи РЧ меняют на следующую из списка РЧ, а на длительности четвертого подцикла излучение не осуществляют, что для приемной стороны является командой для перехода на следующую РЧ из списка РЧ. Если переданная и принятая кодовые комбинации соответствуют друг другу, то на длительности четвертого подцикла с передающей на приемную сторону

осуществляют повторную передачу кодовой комбинации, после чего осуществляют передачу информационных данных в виде битов, для чего информационные биты разбивают на блоки. Если последняя РЧ из списка РЧ окажется непригодной, то передачу информационных битов прекращают, а на четвертом подцикле формируют и излучают на последней РЧ сигнал амплитудной модуляции, модулированный меандром, который является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов. 3 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для применения в частотно-адаптивных системах радиосвязи.

Известен способ передачи с активным контролем рабочих частот (Патент РФ №2778551, Н04В 1/713, опубл. 22.08.2022). В известном способе перестраивают системы передачи данных на приемной и передающей сторонах с одной частоты на другую частоту абсолютно синхронно. Сообщают передающей стороне о качестве канала связи на той частоте, на которой был осуществлен прием, при этом в тот момент, когда осуществляют прием на текущей частоте. Одновременно сообщают передающей стороне о качестве канала связи на предыдущей частоте и принимают решение о выборе рабочей частоты. Предварительно задают набор рабочих частот, на которых будет осуществляться передача и прием информационных сообщений. Алгоритм перестройки рабочих частот и порядок выбора рабочих частот для передачи информационных сообщений, известны и на передающей, и на приемной стороне. Разбивают информационные сообщения на блоки информационных данных, которые передают посредством пакетов, дополнительно содержащих служебную часть, при этом каждому пакету присваивают индивидуальный номер, содержащийся в служебной части. Длительность пакета выбирают таким образом, чтобы она совпадала с временным интервалом передачи на одной частоте. Пакеты передают в соответствии с алгоритмом перестройки рабочих частот. В случае, если качество канала на одной из рабочих частот не соответствует требованиям, то принимают решение об ее исключении из набора рабочих частот, а пакет, который был передан на рабочей частоте, исключенной из набора рабочих частот, повторно передают на любой другой частоте, в соответствии с алгоритмом перестройки рабочих частот. Если при дальнейшей передаче информационных данных вновь будет выявлено несоответствующее качество канала на одной из рабочих частот, то эту частоту также исключают из набора рабочих частот. Аналогичным образом поступают до тех пор, пока не будут переданы все блоки информационных данных, а на приемной стороне формируют принятые информационные данные в соответствии с индивидуальными номерами пакетов, которые содержатся в их служебной части.

Недостатком известного способа является то, что принятие решения о пригодности рабочей частоты осуществляют на передающем конце радиолинии, без учета помеховой обстановки на приемном конце радиолинии.

Известен способ активного контроля рабочих частот с идентификацией вида деструктивных воздействий (Патент РФ 2734754, Н04В 1/713, Н04В 3/46, опубл. 23.10.2020). В известном способе активного контроля рабочих частот с идентификацией вида деструктивных воздействий источник информации последовательно отправляет на каждой из возможных рабочих частот заранее подготовленный тестовый блок данных, известный на приемной стороне. При этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с частоты на частоту абсолютно синхронно, приемник информации производит оценку

параметров канала связи на соответствующей рабочей частоте и сообщает передающей стороне о качестве канала связи. После получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочей частоты для передачи данных. Сообщают передающей стороне о качестве канала на той частоте, на которой был принят подготовленный тестовый блок. При этом в тот момент, когда принимают подготовленный тестовый блок на текущей рабочей частоте, одновременно сообщают передающей стороне о качестве канала на предыдущей рабочей частоте. На основе проведенного анализа рассчитывают допустимое количество пригодных рабочих частот, при котором применение процедур тестирования еще обеспечивает требуемую скорость передачи данных. Если общее количество непригодных частот превышает расчетное допустимое количество, то дополнительно на каждой выявленной непригодной рабочей частоте передают тестовый сигнал, а на приемной стороне производят структурный анализ особенностей его искажений на каждой рабочей частоте, на которой он передавался. Результаты структурного анализа сравнивают с предварительно подготовленными эталонными значениями, по результатам сравнения с которыми принимают решение о виде деструктивного воздействия и при необходимости изменяют параметры и режимы работы системы передачи данных.

Недостатком известного способа является то, что принятие решения о пригодности рабочей частоты осуществляют на передающем конце радиолинии, без учета помеховой обстановки на приемном конце радиолинии.

Известен способ активного контроля рабочих частот (Патент РФ №2710027, H04B 1/713, опубл. 24.12.2019). В известном способе на передающей стороне источник информации последовательно отправляет на каждой частоте, выделенной для работы, заранее подготовленный тестовый блок данных, известный на приемной стороне. При этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с одной частоты на другую частоту абсолютно синхронно. Приемник информации последовательно производит оценку параметров канала связи на каждой частоте, выделенной для работы, о качестве канала связи сообщают передающей стороне. После получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочей частоты для передачи данных. При этом сообщают передающей стороне о качестве канала на той частоте, на которой был принят подготовленный тестовый блок. При этом в тот момент, когда принимают подготовленный тестовый блок на текущей частоте, одновременно сообщают передающей стороне о качестве канала связи на предыдущей частоте.

Недостатком известного способа является то, что принятие решения о пригодности рабочей частоты осуществляют на передающем конце радиолинии, без учета помеховой обстановки на приемном конце радиолинии.

Наиболее близким по технической сущности (прототипом) к заявляемому изобретению является способ контроля рабочих частот

(Патент РФ №2799491, H04B 3/46, опубл. 05.07.2023). В способе-прототипе на передающей стороне источник информации отправляет на каждой из возможных рабочих частот заранее подготовленный тестовый блок данных, известный на приемной стороне, при этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с частоты на частоту абсолютно синхронно, приемник информации производит оценку параметров канала связи на соответствующей рабочей частоте и после получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочих частот для передачи данных. При этом рабочие частоты выбирают с разносом не менее двух килогерц, затем их ранжируют по результатам оценки параметров каналов связи, после чего формируют список рабочих частот, который передают приемной стороне на заранее подготовленной частоте, затем для передачи выбирают первую рабочую частоту из списка рабочих частот, а временной цикл передачи сообщения разделяют на три подцикла с постоянными и равными длительностями, на длительности первого подцикла измеряют уровень помех на первой рабочей частоте из списка рабочих частот, если измеренный уровень помех превышает допустимое значение, то выбранную для передачи рабочую частоту меняют на следующую из списка рабочих частот, а на длительности второго и третьего подциклов излучение не осуществляют, что для приемной стороны является командой для перехода на следующую рабочую частоту из списка рабочих частот, если измеренный уровень помех меньше допустимого, то осуществляют передачу информационных данных в виде битов, для чего информационные биты разбивают на блоки, состоящие из трех битов, при этом для передачи битов информационных данных используют радиосигналы, которые формируют на верхней и нижней поднесущих рабочих частотах, при этом значения

частот верхней и нижней поднесущих рабочих частот выбирают на пятьсот герц соответственно больше и меньше значения рабочей частоты, причем каждой возможной комбинации, образованной из трех информационных битов, по согласованному с приемной стороной правилу, ставят в соответствие уникальный тип радиосигнала, который формируют в виде гармонического колебания на верхней поднесущей или на нижней поднесущей рабочей частоте на длительности и второго, и третьего подциклов, или на длительности только второго, или только третьего подцикла, или в виде сигнальной конструкции, у которой на длительности второго подцикла формируют гармоническое колебание на верхней поднесущей, а на длительности третьего подцикла формируют гармоническое колебание на нижней поднесущей, или наоборот; если последняя рабочая частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то передачу информационных битов прекращают, а на втором и третьем подциклах формируют и излучают гармоническое колебание на заранее подготовленной частоте, которое является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов, после чего осуществляют замену рабочих частот, с последующим повторным выполнением указанных процедур.

Недостатком способа-прототипа является то, что решение о пригодности или непригодности рабочих частот осуществляют по результатам измерения уровня помех на передающем конце радиолинии, без учета помеховой обстановки на приемном конце радиолинии. В результате не исключена ситуация, когда канал на рабочей частоте на одном конце радиолинии будет пригодным, а на другом - непригодным. Например, из-за нахождения вблизи него мощного источника как непреднамеренных, так и преднамеренных помех.

Задачей изобретения является учет помеховой обстановки на приемном конце радиолинии при реализации процедур контроля текущего состояния рабочих частот непосредственно перед передачей по ним блоков информационных данных.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение достоверности правильного выбора пригодных рабочих частот в процессе передачи блоков информационных данных.

Заявляемый технический результат достигается тем, что в способе контроля рабочих частот, заключающемся в том, что источник информации отправляет на каждой из возможных рабочих частот заранее подготовленный тестовый блок данных, известный на приемной стороне, при этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с частоты на частоту абсолютно синхронно, приемник информации производит оценку параметров канала связи на соответствующей рабочей частоте и после получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочих частот для передачи данных, при этом рабочие частоты выбирают с разнесом не менее двух килогерц, затем их ранжируют по результатам оценки параметров каналов связи, после чего формируют список рабочих частот, который передают приемной стороне на заранее подготовленной частоте, затем для передачи выбирают первую рабочую частоту из списка рабочих частот, а временной цикл передачи сообщения разделяют на три подцикла с постоянными и равными длительностями, если выбранная для передачи рабочая частота не соответствует требованиям, то ее меняют на следующую из списка рабочих частот, а если соответствует, то осуществляют передачу информационных данных в виде битов, для чего информационные биты разбивают на блоки, если последняя рабочая частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то передачу информационных битов прекращают, после чего осуществляют замену рабочих частот из числа резервных, с последующим повторным выполнением указанных процедур, при том, что временной цикл передачи сообщения разделяют на четыре подцикла с постоянными и равными длительностями, на длительности первого подцикла передают кодовую комбинацию на первой рабочей частоте из списка рабочих частот на приемную сторону, на длительности второго подцикла с приемной стороны принятую кодовую комбинацию передают на передающую сторону, на длительности третьего подцикла на передающей стороне осуществляют проверку соответствия переданной и принятой кодовой комбинации на первой рабочей частоте из списка рабочих частот, если переданная и принятая кодовые комбинации не соответствуют друг другу, то выбранную для передачи рабочую частоту меняют на следующую из списка рабочих частот, а на длительности четвертого подцикла излучение не осуществляют, что для приемной стороны является командой для перехода на следующую рабочую частоту из списка рабочих частот, если переданная и принятая кодовые комбинации соответствуют друг другу, то на длительности четвертого подцикла с передающей на приемную сторону осуществляют повторную передачу кодовой комбинации, если последняя рабочая

частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то на четвертом подцикле формируют и излучают на последней рабочей частоте сигнал амплитудной модуляции, модулированный меандром, который является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе, реализация процедур контроля текущего состояния рабочих частот осуществляется непосредственно перед передачей по ним блоков информационных данных, с учетом помеховой обстановки на приемном конце радиолинии, что обеспечивает повышение достоверности правильного выбора пригодных рабочих частот в процессе передачи блоков информационных данных.

Возможность достижения указанного технического результата исходит из того, что в заявляемом способе процедура контроля пригодности канала на рабочих частотах осуществляется после повторного приема переданного сигнала, но уже с приемной стороны, что и обеспечивает повышение достоверности правильного выбора пригодных рабочих частот в процессе передачи блоков информационных данных.

Кроме того, в заявляемом способе используют четыре подцикла, что повышает достоверность понимания на приемной стороне о состоянии пригодности канала. Так, отсутствие передач (излучения сигнала) на длительности четвертого подцикла указывает на необходимость смены рабочей частоты. А повторная передача на длительности четвертого подцикла исходной кодовой комбинации указывает на пригодность канала на рабочей частоте.

В результате применения такого технического решения, открывается возможность не только повысить достоверность правильного выбора пригодных рабочих частот в процессе передачи блоков информационных данных, но и оперативность в ходе передачи информационных данных, за счет точного понимания ситуации с пригодностью канала.

Заявленный способ поясняется фиг. 1-3, на которых показаны:

Фиг. 1 - временной цикл передачи на длительности четырех подциклов с постоянными и равными интервалами при условии, что текущий канал непригоден и необходима смена рабочей частоты.

Фиг. 2 - временной цикл передачи на длительности четырех подциклов с постоянными и равными интервалами при условии, что текущий канал пригоден и нет необходимости в смене рабочей частоты.

Фиг. 3 - временной цикл передачи на длительности четырех подциклов с постоянными и равными интервалами при условии, что текущий канал непригоден, отобранные рабочие частоты закончены и на приемной стороне необходимо прекратить прием информационных битов.

Заявляемый способ осуществляют следующим образом.

1. Рабочие частоты выбирают с разносом не менее двух килогерц. Следовательно, разница между первой и второй рабочими частотами должна быть не менее чем $f_2 = f_1 + 2 \text{ кГц}$.

2. Источник информации отправляет на каждой из возможных рабочих частот заранее подготовленный тестовый блок данных известный на приемной стороне. При этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с частоты на частоту абсолютно синхронно.

3. Приемник информации производит оценку параметров канала связи на соответствующей рабочей частоте и после получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочих частот для передачи данных.

4. Рабочие частоты ранжируют по результатам оценки параметров каналов связи.

В качестве параметра канала связи может выступать, например, вероятность ошибки.

5. После чего формируют список рабочих частот, который передают приемной стороне на заранее подготовленной частоте. Использование каналов обратной связи известно из (Комарович В.Ф., Сосунов В.Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. - М.: «Связь», 1977 г. 136 с. См. стр. 92-98).

Первым номером в указанном списке размещают рабочую частоту с наилучшей оценкой параметров канала. Далее размещают частоты по мере ухудшения их оценок.

Данную операцию целесообразно реализовать на базе микропроцессорной техники.

Заранее подготовленную частоту выбирают до сеанса связи, ее значение известно и на приемной, и на передающей стороне.

В качестве заранее подготовленной частоты выбирают ту частоту, на которой передача информации обеспечивается с требуемым качеством. Сама операция

передачи списка рабочих частот аналогична передаче тестового блока на одной частоте.

6. Для передачи выбирают первую рабочую частоту из списка рабочих частот, а временной цикл передачи сообщения разделяют на четыре подцикла с постоянными и равными длительностями.

Длительность подциклов выбирают исходя из требуемой скорости передачи, а также параметров радиоканала, см., например, (Комарович В.Ф., Сосунов В.Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. - М.: «Связь», 1977 г.).

7. На длительности первого подцикла передают кодовую комбинацию на первой рабочей частоте из списка рабочих частот на приемную сторону.

Пример передачи кодовой комбинации на длительности первого подцикла демонстрируется на фиг. 1 (цикл обозначен как T_1).

8. На длительности второго подцикла с приемной стороны принимают кодовую комбинацию передают на передающую сторону.

Пример передачи кодовой комбинации на длительности второго подцикла демонстрируется на фиг. 1 (цикл обозначен как T_2).

9. На длительности третьего подцикла на передающей стороне осуществляют проверку соответствия переданной и принятой кодовой комбинации на первой рабочей частоте из списка рабочих частот.

Пример проверки соответствия переданной и принятой кодовой комбинации на длительности третьего подцикла демонстрируется на фиг. 1 (цикл обозначен как T_3).

Проверка может осуществляться как путем соответствия переданных и принятых битов, так и путем измерения уровня помех на первой рабочей частоте из списка рабочих частот.

Измерение уровня помех является известной операцией и реализовано, например, в радиоприемном устройстве серии Р-170П, аппаратуре частотной адаптации Р-016В и основывается на применении амплитудных детекторов или измерителях мощности помех.

10. Если переданная и принятая кодовые комбинации не соответствуют друг другу, то выбранную для передачи рабочую частоту меняют на следующую из списка рабочих частот, а на длительности четвертого подцикла излучение не осуществляют, что для приемной стороны является командой для перехода на следующую рабочую частоту из списка рабочих частот.

Пример отсутствия излучения на длительности четвертого подцикла, что соответствует непригодности канала, демонстрируется на фиг. 1 (цикл обозначен как T_4).

11. Если переданная и принятая кодовые комбинации соответствуют друг другу, то на длительности четвертого подцикла с передающей на приемную сторону осуществляют повторную передачу кодовых комбинации, после чего осуществляют передачу информационных данных в виде битов, для чего информационные биты разбивают на блоки.

Пример повторной передачи кодовой комбинации на длительности четвертого подцикла, что соответствует пригодности канала, демонстрируется на фиг. 2 (цикл обозначен как T_4).

12. Если последняя рабочая частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то передачу информационных битов прекращают, а на четвертом подцикле формируют и излучают на последней рабочей частоте сигнал амплитудной модуляции, модулированный меандром, который является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов.

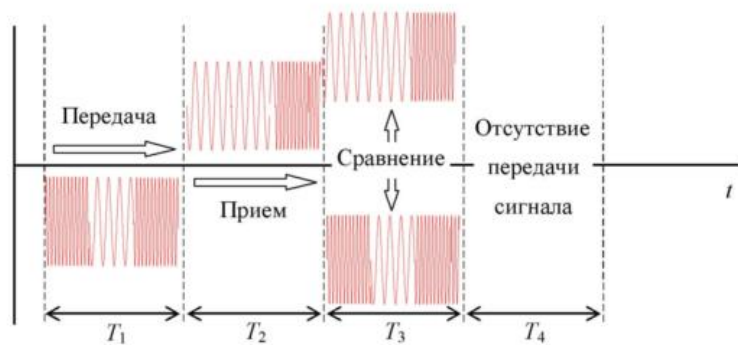
Пример передачи сигнала амплитудной модуляции, модулированного меандром, на длительности четвертого подцикла, который является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов, демонстрируется на фиг. 3 (цикл обозначен как T_4).

Данную операцию реализуют путем последовательной повторной реализации процедур для других рабочих частот.

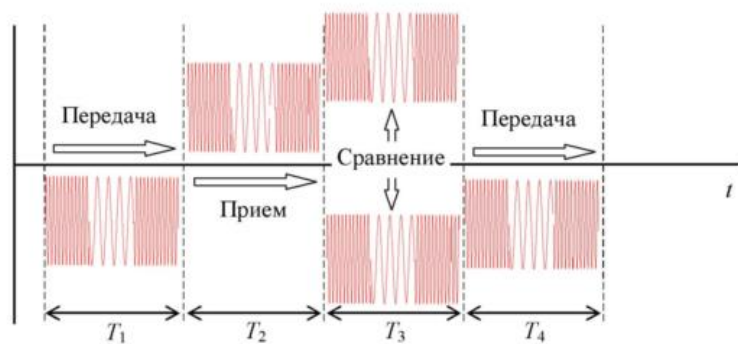
Моделирование процедур заявляемого способа контроля рабочих частот в среде MathLAB подтвердило повышение достоверности правильного выбора пригодных рабочих частот в процессе передачи блоков информационных данных и оперативности в ходе передачи информационных данных за счет точного понимания ситуации с пригодностью канала, что указывает на достижение задачи и технического результата изобретения.

Формула изобретения

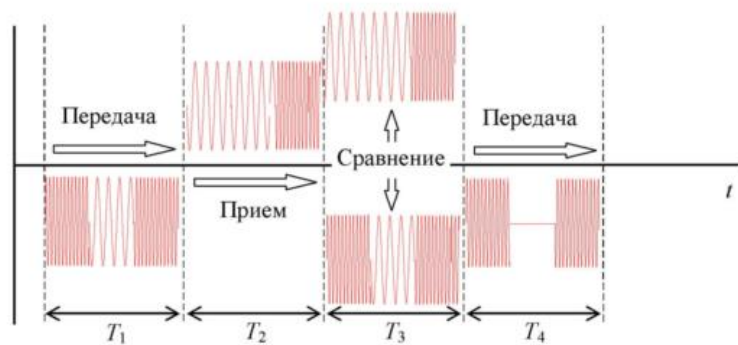
Способ контроля рабочих частот, заключающийся в том, что источник информации отправляет на каждой из возможных рабочих частот заранее подготовленный тестовый блок данных, известный на приемной стороне, при этом системы передачи данных на приемной и передающей сторонах перестраивают с частоты на частоту абсолютно синхронно, приемник информации производит оценку параметров канала связи на соответствующей рабочей частоте и после получения необходимой статистики по всему выделенному частотному ресурсу принимают решение о выборе рабочих частот для передачи данных, при этом рабочие частоты выбирают с разносом не менее двух килогерц, затем их ранжируют по результатам оценки параметров каналов связи, после чего формируют список рабочих частот, который передают приемной стороне на заранее подготовленной частоте, затем для передачи выбирают первую рабочую частоту из списка рабочих частот, а временной цикл передачи сообщения разделяют на три подцикла с постоянными и равными длительностями, если выбранная для передачи рабочая частота не соответствует требованиям, то ее меняют на следующую из списка рабочих частот, а если соответствует, то осуществляют передачу информационных данных в виде битов, для чего информационные биты разбивают на блоки, если последняя рабочая частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то передачу информационных битов прекращают, после чего осуществляют замену рабочих частот из числа резервных, с последующим повторным выполнением указанных процедур, отличающийся тем, что временной цикл передачи сообщения разделяют на четыре подцикла с постоянными и равными длительностями, на длительности первого подцикла передают кодовую комбинацию на первой рабочей частоте из списка рабочих частот на приемную сторону, на длительности второго подцикла с приемной стороны принятую кодовую комбинацию передают на передающую сторону, на длительности третьего подцикла на передающей стороне осуществляют проверку соответствия переданной и принятой кодовой комбинации на первой рабочей частоте из списка рабочих частот, если переданная и принятая кодовые комбинации не соответствуют друг другу, то выбранную для передачи рабочую частоту меняют на следующую из списка рабочих частот, а на длительности четвертого подцикла излучение не осуществляют, что для приемной стороны является командой для перехода на следующую рабочую частоту из списка рабочих частот, если переданная и принятая кодовые комбинации соответствуют друг другу, то на длительности четвертого подцикла с передающей на приемную сторону осуществляют повторную передачу кодовой комбинации, если последняя рабочая частота из списка рабочих частот окажется непригодной, то на четвертом подцикле формируют и излучают на последней рабочей частоте сигнал амплитудной модуляции, модулированный меандром, который является командой приемной стороне на прекращение приема информационных битов.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3