



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2006144545/09**, **13.12.2006**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.12.2006(43) Дата публикации заявки: **20.06.2008**(45) Опубликовано: **20.12.2008** Бюл. № 35(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: : **SINEM COLERI ET ALL. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. IEEE transactions on broadcasting, vol.48, no.3, September 2002. RU 2290764 C1, 20.11.2005. US 2006098569 A1, 11.05.2006. US 2005099939 A1, 12.05.2005. EP 1148674 A1, 24.10.2001.**

Адрес для переписки:

394077, г.Воронеж, Московский пр-кт, 97, ЗАО "КОДОФОН", В.А. Фурсовой

(72) Автор(ы):

**Гармонов Александр Васильевич (RU),
Табацкий Виталий Дмитриевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество "КОДОФОН" (RU)

(54) СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ-ПРИЕМА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ РАДИОСВЯЗИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

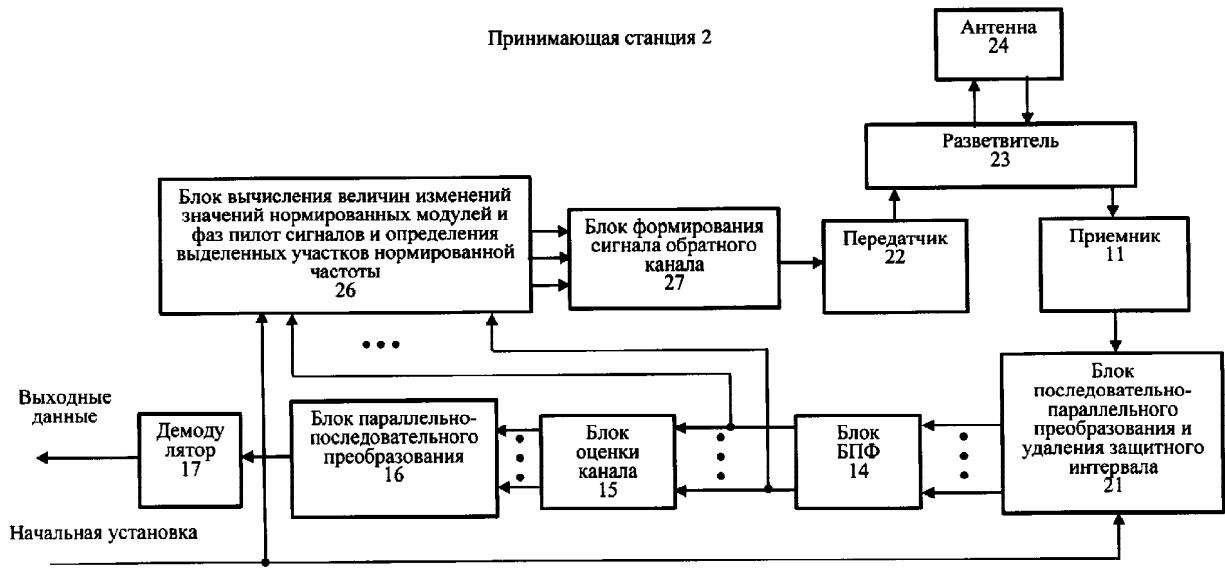
Изобретение относится к радиотехнике, в частности к способу и устройству передачи-приема данных в системе радиосвязи, и может быть использовано в телекоммуникационных системах по стандарту 802.16, а также в других системах связи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами. Технический результат - повышение помехоустойчивости в

системах связи с ортогональным частотным мультиплексированием. Для достижения указанного технического результата в ортогональных частотных мультиплексированных символах на участках нормированной частоты, где изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов превысило заданную величину, увеличивают число пилот сигналов. 2 н.п. ф-лы, 11 ил.

RU 2 341 905 C2

RU 2 341 905 C2

Принимающая станция 2



Фиг. 6

RU 2341905 C2

RU 2341905 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006144545/09, 13.12.2006**

(24) Effective date for property rights: **13.12.2006**

(43) Application published: **20.06.2008**

(45) Date of publication: **20.12.2008 Bull. 35**

Mail address:

394077, g.Voronezh, Moskovskij pr-kt, 97, ZAO "KODOFON", V.A. Fursovoj

(72) Inventor(s):

**Garmonov Aleksandr Vasil'evich (RU),
Tabatskij Vitalij Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "KODOFON" (RU)

(54) **METHOD FOR DATA TRANSFER AND RECEPTION IN SYSTEM OF RADIO COMMUNICATION AND DEVICE FOR ITS REALISATION**

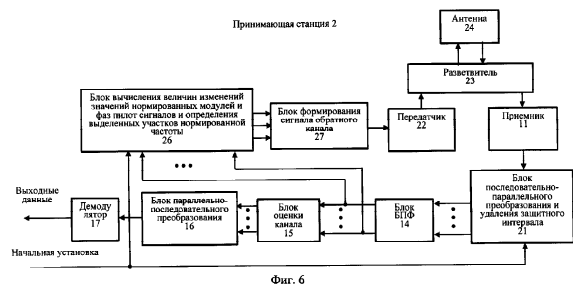
(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: in orthogonal frequency multiplexed symbols in the sections of normalised frequency, where changes of phases or normalised modules of pilot signals exceeded preset value, number of pilot signals is increased.

EFFECT: increase of noise community.

2 cl, 11 dwg



RU 2 341 905 C2

RU 2 341 905 C2

Изобретение относится к радиотехнике, в частности к способу и устройству передачи-приема данных в системе радиосвязи, и может быть использовано в телекоммуникационных системах по стандарту 802.16, а также в других системах связи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами.

5 В системах связи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов. Последовательность разбивают на слова. Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа. Преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы из N модулированных
10 символов. С каждой группой выполняют обратное быстрое преобразование Фурье (ОБПФ). Преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму и дополняют их защитным интервалом. Таким образом, частотно мультиплексированный символ представляет сумму N модулированных поднесущих.

Амплитуды и фазы поднесущих могут отличаться друг от друга. Однако на временном
15 интервале $T_N = T_i N$, где T_i интервал дискретизации, поднесущие имеют целое число периодов и разность числа периодов между соседними поднесущими равна единице. В этом случае спектры поднесущих перекрываются, а поднесущие ортогональны между собой.

Применение многопозиционных видов модуляции поднесущих и перекрытие спектров
20 обеспечивает высокий уровень спектральной эффективности систем связи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами. (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000; Прокис Дж., Цифровая связь. Перевод с английского, М.: Радио и связь, 2000 г.)

Частотно мультиплексированные символы преобразуют на радиочастоту и передают на
25 принимающую станцию, где выполняют обратное преобразование частоты принятого сигнала.

На принимающей станции у принятых ортогональных частотно мультиплексированных
символов удаляют защитный интервал и преобразуют отсчеты принятых символов в параллельные группы. С каждой группой из N отсчетов выполняют быстрое
30 преобразование Фурье (БПФ), формируя, таким образом, N модулированных символов. После демодуляции последовательность двоичных символов поступает на выход принимающей станции.

Каждый частотно мультиплексированный символ состоит из N отсчетов сигнала и N_{GP}
отсчетов префикса. Отсчеты префикса располагаются перед отсчетами сигнала и
35 представляют собой N_{GP} последних отсчетов сигнала. Длительность префикса больше длительности импульсной характеристики канала.

Польза префикса двояка: наличие префикса позволяет уменьшить или полностью
устранить межсимвольные помехи (он выполняет роль защитного интервала, при котором
40 многолучевые компоненты одного символа не являются помехами другого символа) и также позволяет уменьшить или полностью устранить помехи между поднесущими (префикс, делая сигнал периодическим, поддерживает ортогональность поднесущих). (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000; Прокис Дж., Цифровая связь, Перевод с английского, М.: Радио и связь, 2000 г.)

Преимуществом OFDM систем является также их устойчивость к частотно селективному
федингу. Частотно селективный фединг поражает только некоторый процент поднесущих.
На этих поднесущих либо вообще не передают данные, либо применяют методы,
повышающие помехоустойчивость передачи данных на этих частотах (кодирование,
адаптация скорости передачи данных к отношению сигнал/шум в полосе, пораженной
50 федингом, и др.). (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000.)

В системах связи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами для когерентного приема данных используют пилот сигналы. Как правило, расстояние между

пилот сигналами в частотной области равно $(N_F+1)\Delta f$, где N_F - число модулированных символов данных, расположенных между пилот сигналами в частотной области, а Δf - частотный сдвиг между поднесущими ортогонального частотно мультиплексированного символа, выбирают так, чтобы выполнялось неравенство

$$(N_F + 1)\Delta f < \frac{1}{\tau_{\max}},$$

где τ_{\max} максимальная задержка сигнала в многолучевом канале. (Richard van Nee, Ramjee Prasad, OFDM Wireless Multimedia Communications, Artech House, Boston-London, 2000.)

Известны различные способы и устройства передачи-приема данных в системе радиосвязи с ортогональными частотно мультиплексированными сигналами и устройства для их реализации, например способ и устройство, приведенные в статье [Michele Morelli and Umberto Mengali. A comparison of pilot-aided channel estimation methods for OFDM systems. IEEE transactions on signal processing, vol.49, no.12, December 2001].

В этом способе на передающую станцию поступает последовательность модулированных символов данных и пилот сигналов. При этом пилот сигнал повторяется через каждые N_F модулированных символов данных.

Последовательность модулированных символов данных и пилот сигналов преобразуют в параллельные группы модулированных и пилот символов, каждая из которых состоит из Q модулированных символов и K пилот сигналов.

Дополняют группы модулированных символов и пилот сигналов последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы. Причем $N=Q+K+2Z$.

С каждой группой выполняют обратное быстрое преобразование Фурье, далее ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ.

Преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ.

Дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя, таким образом, последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Передают последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов на принимающую станцию.

На принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя, таким образом, последовательность принятых символов.

Преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений.

С каждой группой входных значений выполняют БПФ, формируя, таким образом, N модулированных символов в каждой группе.

В каждой группе по пилот сигналам выполняют оценку канала связи.

Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных.

Устройство, реализующее рассматриваемый способ, содержит передающую станцию и принимающую станцию. Передающая станция содержит блок последовательно-параллельного преобразования последовательности модулированных символов данных и пилот сигналов в параллельные группы, блок дополнения этих параллельных блоков последовательностями нулевых символов, блок ОБПФ, блок параллельно-последовательного преобразования (преобразования параллельных выходных групп значений ОБПФ в последовательную форму) и блок присоединения защитного интервала (дополнения каждого передаваемого символа защитным интервалом). Принимающая станция содержит последовательно соединенные блок последовательно-параллельного преобразования (преобразования принятых символов в параллельные группы входных значений), блок удаления защитного интервала, блок БПФ, блок оценки канала и блок демодуляции.

В многолучевом канале с частотно селективным федингом спектр сигнала неравномерный. Причем фаза и модуль спектральных составляющих на узких относительно полосы сигнала участках спектра меняется в широких пределах. Рассмотрим пример.

5 На фиг.1 показан спектр однолучевого сигнала обратного канала по стандарту 802.16, полученный путем моделирования, со следующими параметрами: размер БПФ равен 1024, полоса сигнала равна 10 МГц, длительность ортогонального частотно мультиплексированного символа с защитным интервалом T_s равна 100,8 мксек, вид модуляции - квадратурно-амплитудная 16 позиционная модуляция (16-QAM),
10 передаваемая информация состоит из "нулевых битов". На этой фигуре видно, что спектр сигнала без фединга равномерный.

На фиг.2 и 3 приведены, полученные моделированием, модули спектров многолучевых сигналов с указанными выше параметрами при частоте фединга, равной 200 Гц. Спектр сигнала при фединге неравномерный. Причем модуль спектральных составляющих на
15 узких относительно полосы сигнала участках частоты меняется приблизительно от минимальных до максимальных значений. При равномерном размещении пилот сигналов на участках частоты, где спектр меняется в широких пределах, может ухудшаться точность оценки фазы и амплитуды пилот сигналов.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является способ, приведенный в статье
20 Sinem Coleri, Mustafa Ergen, Anuj Puri, and Ahmad Bahai. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. IEEE transactions on broadcasting, vol.48, no.3, September 2002. Способ-прототип заключается в следующем.

На передающую станцию поступает последовательность двоичных символов. Последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где d - заданное
25 число.

Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа.

Преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов.

30 В параллельных группах модулированных символов между модулированными символами данных располагают пилот сигналы, формируя, таким образом, последовательность групп, каждая из которых состоит из N модулированных символов, $N=Q+K$, где Q - число модулированных символов данных в параллельной группе, K - число пилот сигналов в параллельной группе.

35 С каждой группой выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ.

Дополняют каждый блок значений ОБПФ защитным интервалом.

Преобразуют параллельные блоки значений ОБПФ с защитным интервалом в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность ортогональных
40 частотно мультиплексированных символов.

Передают последовательность ортогональных частотно мультиплексированных символов на принимающую станцию.

На принимающей станции принимают их, преобразуют в параллельные блоки входных значений и удаляют защитный интервал.

45 С каждой группой входных значений выполняют быстрое преобразование Фурье, формируя, таким образом, N модулированных символов в каждой группе.

С каждой группой входных значений выполняют БПФ, формируя, таким образом, N модулированных символов в каждой группе.

В каждой группе по пилот сигналам выполняют оценку канала связи.

50 Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных.

Преобразуют группу оценок модулированных символов данных в последовательную

форму, формируя, таким образом, последовательность оценок модулированных символов данных.

Выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных.

5 Структурная схема устройства, которое осуществляет описанный выше способ-прототип, выполнена на фиг.4.

10 Устройство-прототип (фиг.4) содержит передающую станцию 1 и принимающую станцию 2, которые соединены посредством канала связи 3, при этом вход передающей станции 1 является входом устройства, выход принимающей станции является выходом устройства, выход передающей станции 1 соединен со входом принимающей станции 2 через канал связи 3,

15 передающая станция 1 содержит модулятор 4, блок последовательно-параллельного преобразования 5, блок установки пилот сигналов 6, блок обратного быстрого преобразования Фурье 7, блок присоединения защитного интервала 8, блок параллельно-последовательного преобразования 9, передатчик 10, при этом вход модулятора 1 является входом передающей станции 1, выход модулятора 1 соединен со входом блока последовательно-параллельного преобразования 5, выходы которого соединены со входами блока установки пилот сигналов 6, выходы которого соединены со входами блока обратного быстрого преобразования Фурье 7, выходы которого соединены со входами блока присоединения защитного интервала 8, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 9, выход которого соединен со входом передатчика 10, выход которого является выходом передающей станции и соединен со входом канала связи 3,

25 приемная станция 2 содержит приемник 11, блок последовательно-параллельного преобразования 12, блок удаления защитного интервала 13, блок быстрого преобразования Фурье 14, блок оценки канала 15, блок параллельно-последовательного преобразования 16 и демодулятор 17, при этом вход приемника 11 является входом принимающей станции 2, который соединен с выходом канала связи 3, выход приемника 11 соединен со входом блока последовательно-параллельного преобразования 12, выходы которого соединены со входами блока удаления защитного интервала 13, выходы которого соединены со входами блока быстрого преобразования Фурье 14, выходы которого соединены со входами блока оценки канала 15, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 16, выход которого соединен со входом демодулятора 17, выход которого является выходом принимающей станции.

35 Устройство (фиг.4), реализующее способ-прототип, работает следующим образом.

На передающую станцию 1 поступает последовательность двоичных символов. В модуляторе 4 последовательность двоичных символов разбивают на слова, состоящие из d символов, где d заданное число. Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа.

40 В блоке последовательно-параллельного преобразования 5 преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов.

45 В блоке установки пилот сигналов 6 в параллельных группах модулированных символов между модулированными символами данных располагают пилот сигналы, формируя, таким образом, последовательность групп, каждая из которых состоит из N модулированных символов, $N=Q+K$, где Q - число модулированных символов данных в параллельной группе, K - число пилот сигналов в параллельной группе.

В блоке ОБПФ 7 с каждой группой выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ.

50 В блоке присоединения защитного интервала 8 дополняют параллельные выходные группы значений ОБПФ защитным интервалом.

В блоке параллельно-последовательного преобразования 9 преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ с защитным интервалом в последовательную форму,

формируя, таким образом, последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Передают последовательность ортогональных частотно мультиплексированных символов с выхода передатчика 10 по каналу связи 3 на принимающую станцию 2.

5 На принимающей станции 2 через канал связи 3 в приемнике 11 принимают их и в блоке последовательно-параллельного преобразования 12 преобразуют принятые частотно мультиплексированные символы в параллельные группы входных значений.

В блоке удаления защитного интервала 13 удаляют защитный интервал.

10 С каждой группой входных значений в блоке БПФ 14 выполняют БПФ, формируя, таким образом, N модулированных символов в каждом блоке.

В блоке оценки канала 15 в каждой группе по пилот сигналам выполняют оценку канала связи. Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных.

15 В блоке параллельно-последовательно преобразования 16 преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность оценок модулированных символов данных.

20 В демодуляторе 17 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных, которые с выхода демодулятора 17 поступают на выход принимающего устройства 2.

25 Известно, что спектр сигнала при фединге неравномерный. Причем фаза и модуль спектральных составляющих на узких относительно полосы сигнала участках частоты меняется в широких пределах. При равномерном размещении пилот сигналов на относительно узких участках частоты, где фаза и модуль спектра меняются приблизительно от минимальных до максимальных значений, ухудшается точность оценки фазы и амплитуды пилот сигналов и, следовательно, ухудшается помехоустойчивость в системе связи с ортогональным частотным мультиплексированием.

30 Поэтому в частотной области, на участках спектра сигнала, где величина изменения спектра меняется в широких пределах, число пилот символов должно быть пропорционально величине изменения значений модулей или фаз пилот символов, что и предлагается выполнить в заявляемом изобретении.

Задача изобретения - повышение помехоустойчивости в системах связи с ортогональным частотным мультиплексированием.

35 Поставленная задача решается заявляемым способом передачи-приема данных в системе радиосвязи и устройством для его осуществления.

Заявляемый способ передачи-приема данных в системе радиосвязи заключается в том, что

на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов.

40 Последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где d - заданное число,

каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа,

преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов,

45 дополняют группы модулированных символов данных последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот сигнал, где $N_f=Q/K$, причем Q кратно K и $N=Q+2Z+K$, а K число пилот сигналов,

50 с каждой группой сформированной последовательности выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ,

преобразуют параллельные выходные блоки значений ОБПФ в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных последовательных значений ОБПФ,

дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя, таким образом, последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов на принимающую станцию;

- 5 на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя, таким образом, последовательность принятых символов, преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют БПФ, формируя, таким образом, параллельные группы модулированных символов, состоящие из N модулированных
- 10 символов каждая, ставят в соответствие каждому модулированному символу частоту поднесущей, нормированную к частотному сдвигу между поднесущими, причем частота поднесущей равна ее порядковому номеру в группе, принимающему значение от 1 до N , выделяют и запоминают в группах модулированные символы данных и пилот сигналы, а
- 15 также соответствующие им нормированные частоты, в каждой группе вычисляют модули и фазы пилот сигналов, определяют максимальное значение модуля пилот сигналов в каждой группе и нормируют вычисленные модули пилот сигналов к максимальному значению модуля пилот сигнала этой группы,
- 20 в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения фаз пилот сигналов как отношение разности фаз пилот сигналов, находящихся в начале и в конце окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, для которой вычисляют изменения фаз пилот сигналов, является центром окна,
- 25 в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения нормированных модулей пилот сигналов как отношение разности модулей пилот сигналов, соответствующих началу и концу окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, соответствующая вычисляемой величине изменения нормированных модулей пилот сигналов, является
- 30 центром окна, вычисленные изменения фаз и нормированных модулей пилот сигналов сравнивают с заданными величинами изменения фазы и модуля и запоминают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение заданных величин, и изменения нормированных модулей и фаз пилот сигналов на этом
- 35 участке, вычисляют средние значения изменения фаз и нормированных модулей пилот сигналов на выделенных участках нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, если среднее значение является дробным числом, то его округляют до целого числа,
- 40 по вычисленным средним значениям изменения фаз и модулей пилот сигналов определяют для соответствующих им выделенных участков нормированной частоты скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами таким образом, чтобы число модулированных символов между пилот сигналами было пропорционально величине изменений фаз или нормированных модулей пилот сигналов,
- 45 если на некоторых интервалах выделенные участки нормированной частоты, на которых определено скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами, перекрываются, то на этих интервалах из двух скорректированных чисел модулированных символов между пилот сигналами выбирают максимальное, передают с принимающей станции на передающую станцию первые и последние
- 50 значения выделенных участков нормированной частоты, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков; на принимающей станции по пилот сигналам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку Q

модулированных символов данных,

преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность оценок модулированных символов данных,

- 5 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных;
 на передающей станции принимают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, а также скорректированное число
 10 модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков, и в соответствии с ними корректируют число модулированных символов между пилот сигналами.

Заявляемое устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи, содержит передающую и принимающую станции,

- 15 при этом передающая станция содержит модулятор, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции-входом
 20 последовательности двоичных символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход которой является первым выходом передающей станции, передающей с первого выхода на
 25 радио частоте частотно-мультиплексированные символы, второй вход антенны является вторым входом передающей станции-входом частотно-мультиплексированных символов, переданных на радио частоте с передающей станции, второй выход антенны соединен со
 25 вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника;

- принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-
 30 последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции - входом частотно-мультиплексированных
 30 символов на радиочастоте, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен со входом приемника, выход которого
 35 соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, выходы которого соединены соответственно со входами
 35 блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого соединены со входами блока параллельно-
 40 последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом
 40 выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика соединен со вторым
 40 входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции,

согласно изобретению:

- на передающей станции введен блок расстановки пилот сигналов, первый вход которого
 45 соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот сигналов
 45 объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала, образуя третий
 45 вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий,
 45 четвертый и пятый входы блока расстановки пилот сигналов соединены соответственно с
 45 первым, вторым и третьим выходами приемника, формирующего на первом выходе первые
 50 значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние
 50 значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе -
 50 скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из
 50 выделенных участков,

 выходы блока расстановки пилот сигналов соединены со входами блока ОБПФ, выходы

которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика;

на принимающей станции введены:

5 блок вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты и блок формирования сигнала обратного канала,

при этом выходы блока быстрого преобразования Фурье соединены с первыми входами блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот
10 сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты, формирующего на первом выходе первые значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на
15 каждом выделенном участке нормированной частоты, первый, второй и третий выходы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, вторые входы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и
20 определения выделенных участков нормированной частоты и блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала объединены, образуя второй вход принимающей станции, который является входом сигнала начальной установки.

Сравнение заявляемого способа с прототипом показывает, что заявляемый способ
25 обладает следующими отличительными признаками, а именно:

на передающей станции в каждой группе вычисляют модули и фазы пилот сигналов, определяют максимальное значение модуля пилот сигналов в каждой группе и нормируют вычисленные модули пилот сигналов к максимальному значению модуля пилот сигнала этой группы,

30 в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения фаз пилот сигналов как отношение разности фаз пилот сигналов, находящихся в начале и в конце окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, для которой вычисляют изменения фаз пилот сигналов, является центром окна,

35 в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения нормированных модулей пилот сигналов как отношение разности модулей пилот сигналов, соответствующих началу и концу окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, соответствующая вычисляемой величине изменения нормированных модулей пилот сигналов, является
40 центром окна,

вычисленные изменения фаз и нормированных модулей пилот сигналов сравнивают с заданными величинами изменения фазы и модуля и запоминают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение заданных величин, и изменения нормированных модулей и фаз пилот сигналов на этом
45 участке,

вычисляют средние значения изменения фаз и нормированных модулей пилот сигналов на выделенных участках нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин,

если среднее значение является дробным числом, то его округляют до целого числа,

50 по вычисленным средним значениям изменения фаз и модулей пилот сигналов определяют для соответствующих им выделенных участков нормированной частоты скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами таким образом, чтобы число модулированных символов между пилот сигналами было

пропорционально величине изменений фаз или нормированных модулей пилот сигналов, если на некоторых интервалах выделенные участки нормированной частоты, на которых определено скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами, перекрываются, то на этих интервалах из двух скорректированных чисел модулированных

5 символов между пилот сигналами выбирают максимальное,

передают с принимающей станции на передающую станцию первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков;

10 на передающей станции принимают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков, и в соответствии с ними корректируют число модулированных символов между пилот сигналами.

15 Проведенный патентный и научно-технический поиск по известному уровню техники и сравнительный анализ не выявили эти признаки в аналогах.

Новым в заявляемом устройстве передачи-приема данных в системе радиосвязи является:

20 на передающей стороне введен блок расстановки пилот сигналов и соответственно новые связи, обеспечивающие реализацию всех признаков способа на передающей стороне,

на принимающей стороне введены блок вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков частоты и блок формирования сигнала обратного канала, а также соответственно новые

25 связи, обеспечивающие реализацию всех признаков способа на принимающей стороне. Технический эффект - повышение помехоустойчивости в системах связи с ортогональным частотным мультиплексированием, достигается путем реализации всех признаков заявляемого изобретения.

Далее описание изобретения поясняется примерами выполнения и чертежами.

30 На фиг.1 показан спектр однолучевого сигнала обратного канала по стандарту 802.16, полученный путем моделирования.

На фиг.2 и 3 показаны модули спектров многолучевых сигналов при частоте фединга, равной 200 Гц, полученные путем моделирования.

На фиг.4 - структурная схема устройства-прототипа.

35 На фиг.5 - структурная схема заявляемого устройства - передающая станция.

На фиг.6 - структурная схема заявляемого устройства - принимающая станция.

На фиг.7 - пример временной структуры ортогональных частотно мультиплексированных символов.

40 На фиг.8 - структурная схема блока присоединения защитного интервала, приведена как пример реализации.

На фиг.9 - структурная схема расстановки пилот сигналов, приведена как пример реализации.

На фиг.10 - структурная схема блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, приведена как пример реализации.

45 На фиг.11 - структурная схема блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты, приведена как пример реализации.

Заявляемое устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи, содержит передающую 1 (фиг.5) и принимающую 2 (фиг.6) станции,

50 при этом передающая станция 1 (фиг.5) содержит модулятор 4, блок обратного быстрого преобразования Фурье 7, блок параллельно-последовательного преобразования 9, блок присоединения защитного интервала 8, передатчик 10, приемник 18, разветвитель 19 и антенну 20, при этом вход модулятора 4 является первым входом передающей станции 1 -

входом последовательности двоичных символов, выход передатчика 10 соединен с первым входом разветвителя 19, первый выход которого соединен с первым входом антенны 20, первый выход которой является первым выходом передающей станции 1, передающей с первого выхода на радиочастоте частотно-мультиплексированные символы, второй вход антенны 20 является вторым входом передающей станции 1 - входом частотно-мультиплексированных символов, переданных на радиочастоте с передающей станции, второй выход антенны 20 соединен со вторым входом разветвителя 19, второй выход которого соединен со входом приемника 18;

согласно изобретению

на передающей станции введен блок расстановки пилот сигналов 25, первый вход которого соединен с выходом модулятора 4, второй вход блока расстановки пилот сигналов 25 объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала 8, образуя третий вход передающей станции 1, который является входом сигнала начальной установки, третий, четвертый и пятый входы блока расстановки пилот сигналов 25 соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами приемника 18, формирующего на первом выходе первые значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из выделенных участков, выходы блока расстановки пилот сигналов 25 соединены со входами блока обратного преобразования Фурье 7, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 9, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала 8, выход которого соединен со входом передатчика 10;

принимающая станция 2 (фиг.6) содержит антенну 24, разветвитель 23, приемник 11, передатчик 22, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, блок быстрого преобразования Фурье 14, блок оценки канала 15, блок параллельно-последовательного преобразования 16 и демодулятор 17, при этом первый вход антенны 24 является первым входом принимающей станции 2 - входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны 24 соединен с первым входом разветвителя 23, первый выход которого соединен со входом приемника 11, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье 14, выходы которого соединены со входами блока оценки канала 15, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования 16, выход которого соединен со входом демодулятора 17, выход которого является первым выходом принимающей станции 2, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика 22 соединен со вторым входом разветвителя 23, второй выход которого соединен со вторым входом антенны 24, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции 2,

согласно изобретению:

на принимающей станции 2 введены:

блок вычисления величины изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 и блок формирования сигнала обратного канала 27,

при этом выходы блока быстрого преобразования Фурье 14 соединены с первыми входами блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26, формирующего на первом выходе первые значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом выделенном участке нормированной частоты, первый, второй и третий выходы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и

фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами блока формирования сигнала обратного канала 27, выход которого соединен со входом передатчика 22, вторые входы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 и блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 объединены, образуя второй вход принимающей станции 2, который является входом сигнала начальной установки.

Рассмотрим подробно, как осуществляют заявляемый способ передачи-приема данных в системе радиосвязи на устройстве, структурная схема которого выполнена на фиг.5 и 6.

На первый вход передающей станции 1 (фиг.5) поступает последовательность двоичных символов. С первого входа передающей станции 1 последовательность двоичных символов поступает на вход модулятора 4. В модуляторе 4 последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где d - заданное число. Каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа. С выхода модулятора 4 сигнал поступает на первый вход блока расстановки пилот сигналов 25, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки.

В блоке расстановки пилот сигналов 25 преобразуют последовательность модулированных символов в параллельные группы модулированных символов и дополняют их последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот сигнал, где $N_f=Q/K$, причем Q кратно K и $Q+2Z+K=N$, а K - число пилот сигналов.

В блоке ОБПФ 7 с каждой группой выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ, которые с выхода блока 7 поступают на входы блока параллельно-последовательного преобразования 9.

В блоке параллельно-последовательного преобразования 9 преобразуют параллельные выходные группы значений ОБПФ в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных значений ОБПФ, которые с выхода блока 9 поступают на второй вход блока присоединения защитного интервала 8, на первый вход которого поступает сигнал начальной установки.

В блоке присоединения защитного интервала 8 дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя, таким образом, последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов.

Частотно мультиплексированные символы с выхода блока присоединения защитного интервала 8 поступают на вход передатчика 10. Выходной сигнал передатчика через первый вход разветвителя поступает в антенну 20. Таким образом, передают мультиплексированные символы на принимающую станцию.

На принимающей станции 2 (фиг.6) сигнал из антенны 24 через первый вход разветвителя 23 с первого выхода поступает на вход приемника 11.

В приемнике 11 выполняют усиление, частотную селекцию, частотное преобразование сигнала, частотную и временную синхронизацию.

С выхода приемника 11 частотно мультиплексированные символы поступают на первый вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, на второй вход которого поступает сигнал начальной установки.

В блоке последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 удаляют защитный интервал и преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, которые с выходов блока 21 поступают на входы блока БПФ 14.

С каждой группой входных значений в блоке БПФ 14 выполняют БПФ, формируя, таким образом, N модулированных символов в каждой группе.

Выходные значения блока БПФ 14 поступают на входы блока оценки канала 15 и входы блока вычисления величин изменений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26.

В блоке оценки канала 15 в каждой группе по пилот сигналам выполняют оценку канала связи. Используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку модулированных символов данных, формируя группы оценок модулированных символов данных, которые с выходов блока 15 поступают на входы блока параллельно-

5 последовательного преобразования 16.

В блоке параллельно-последовательно преобразования 16 преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность оценок модулированных символов данных, которые с выхода блока 16 поступают на вход демодулятора 17.

10 В демодуляторе 17 выполняют демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных, которые поступают на первый выход принимающей станции 2.

В блоке вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 вычисляют
15 изменения значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов, сравнивают их с заданными величинами, запоминают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение заданных величин, и определяют на этих участках скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами. Таким образом, блок 26 формирует на первом выходе первые значения
20 выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом выделенном участке нормированной частоты, которые соответственно с первого, второго и третьего выходов поступают на первый, второй и третий входы блока формирования сигнала обратного
25 канала 27.

В блоке формирования сигнала обратного канала 27 вычисленные первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков преобразуют в частотно мультиплексированные символы, которые поступают с выхода
30 блока формирования сигнала обратного канала 27 на вход передатчика 22. Выходной сигнал передатчика 22 через второй вход разветвителя 23 поступает на второй вход антенны 24. Выходной сигнал передают со второго выхода антенны 24.

На передающей станции 1 (фиг.5) принимают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или
35 нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, а также скорректированное число модулированных сигналов между пилот сигналами на каждом из этих участков, и в соответствии с ними в блоке расстановки пилот сигналов 25 корректируют число модулированных символов между пилот сигналами.

Сигнал начальной установки, как правило, поступает на все устройства принимающей и
40 передающей станций. Однако этот сигнал не является существенным для понимания работы устройства, и поэтому его обозначают только на электрических схемах, а на структурных схемах этот сигнал не обозначают. На фиг.5 и фиг.6 для лучшего понимания работы устройства такой сигнал обозначен.

Для лучшего понимания работы заявляемого способа передачи-приема данных в
45 системе радиосвязи и устройства для его осуществления далее рассмотрим примеры выполнения блоков, входящих в передающую и приемную станции заявляемого устройства.

Блок параллельно-последовательного преобразования 16 можно выполнить в виде параллельно-последовательного регистра. Модулированные символы записываются в
50 регистр параллельно, а считываются последовательно.

Блок оценки канала 15 может быть выполнен различным образом. Например, оценка канала по пилот сигналам может быть выполнена, как описано в статьях [Michele Morelli and Umberto Mengali. A comparison of pilot-aided channel estimation methods for OFDM

systems. IEEE transactions on signal processing, vol.49, no.12, december 2001] и [Sinem Coleri, Mustafa Ergen, Anuj Puri, and Ahmad Bahai. Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. IEEE transactions on broadcasting, vol.48, no.3, September 2002]. Практически реализовать приведенную

5 процедуру оценки канала по пилот сигналам проще всего на микропроцессоре.

Примеры выполнения блоков БПФ 14 и ОБПФ 7 приведены в книге [Цифровые фильтры и устройства обработки сигналов на интегральных микросхемах. Под ред. Б. Ф. Высоцкого, М.: Радио и связь, 1984], в патенте Российской Федерации [№2012051 "Устройство для быстрого преобразования Фурье", МПК⁵ G06F 15/352 (дата публикации -

10 1994.04.30)] и в статье [Jaesung Lee, Jeonghoo Lee, Myung H.Sunwoo, Sangman Moh, and Seongkeun Oh A DSP Architecture for High-Speed FFT in OFDM Systems. ETRI Journal, Volume 24, Number 5, October 2002]. Блок БПФ 7 может быть реализован на базе сигнального микропроцессора (например, из серии TMS 320) или микропроцессора для быстрого преобразования Фурье 1815ВФ3.

15 Операцию присоединения защитного интервала иллюстрирует фиг.7. На фигуре 7 временной отрезок, соответствующий защитному интервалу, обозначен как T_g , а передаваемому символу T_N . Например, для стандарта 802.16 защитный интервал равен $T_g=11,2$ мксек (128 отсчетов), а длительность передаваемого символа равна $T_N=89,6$ мксек (1024 отсчета). На фиг.7 видно, что присоединение защитного

20 интервала заключается в том, что после ОБПФ и параллельно-последовательного преобразования последние G из N отсчетов передаваемого символа повторяют в начале этого символа. Таким образом, ортогональный частотно мультиплексированный символ состоит из $G+N$ отсчетов.

Блок присоединения защитного интервала 8 можно, например, реализовать по

25 структурной схеме, приведенной на фиг.8.

Блок присоединения защитного интервала 8 (фиг.8) содержит первый 28, второй 29, третий 30, четвертый 31, пятый 32, шестой 33, седьмой 34 и восьмой 35 логические элементы И, первый 36 и второй 37 регистры, первый 38, второй 39 и третий 40 логические элементы ИЛИ, счетчик 41, генератор тактовых импульсов 42, и триггер 43,

30 при этом первые входы первого 28 и второго 29 логических элементов И объединены, образуя второй вход блока 8, выходы первого 28 и второго 29 логических элементов И соединены соответственно с первыми входами первого 36 и второго 37 регистров, первые выходы которых соединены соответственно с первыми входами третьего 30 и четвертого 31 логических элементов И, G вторых параллельных выходов первого 36 регистра

35 соединены со вторыми G входами этого регистра, G вторых параллельных выходов второго 37 регистра соединены со вторыми G входами этого регистра, второй вход третьего логического элемента И 30 объединен со вторым входом второго логического элемента И 29 и первыми входами шестого 33 и седьмого 34 логических элементов И и соединены с первым выходом триггера 43, второй выход которого соединен со вторыми

40 входами первого 28 и четвертого 31 логических элементов И и первыми входами пятого 32 и восьмого 35 логических элементов И, первый вход триггера 43 объединен с первыми входами счетчика 41 и генератора тактовых импульсов 42, образуя первый вход блока 8, который является входом сигнала начальной установки, первый выход генератора тактовых импульсов 42 соединен со вторыми входами счетчика 41, пятого 32 и седьмого

45 34 логических элементов И, второй выход генератора тактовых импульсов 42 соединен со вторыми входами шестого 33 и восьмого 35 логических элементов И, выходы восьмого 35 и седьмого 34 логических элементов И соединены соответственно с первым и вторым входами третьего логического элемента ИЛИ 40, выходы шестого 33 и пятого 32 логических элементов И соединены соответственно с первым и вторым входами второго

50 логического элемента ИЛИ 39, выход счетчика 41 соединен со вторым входом триггера 43 и третьими входами первого 36 и второго 37 регистров, четвертый вход первого регистра 36 соединен с выходом второго логического элемента ИЛИ 39, четвертый вход второго регистра 37 соединен с выходом третьего логического элемента ИЛИ 40, выходы третьего

30 и четвертого 31 логических элементов И соединены соответственно с первым и вторым входами первого логического элемента ИЛИ 38, выход которого является выходом блока 8.

Причем генератор тактовых импульсов 42 содержит формирователь тактовых импульсов и делитель. Таким образом, на первый выход генератор тактовых импульсов 42 формирует
5 выходной сигнал с формирователя тактовых импульсов, а на второй выход - сигнал с делителя.

Работает блок присоединения защитного интервала (фиг.8) следующим образом.

Входные отсчеты передаваемого символа поступают со второго входа блока 8 на
10 первые входы первого 28 и второго 29 логических элементов И. С первых выходов первого 28 и второго 29 логических элементов И входные отсчеты передаваемого символа поступают попеременно соответственно на первые входы первого 36 и второго 37 регистров и последовательно записываются соответственно в первый 36 или второй 37 регистры.

Затем записанные отсчеты передаваемого символа с выходов первого 36 и второго 37
15 регистров поступают на первые входы третьего 30 и четвертого 31 логических элементов И, с выходов которых попеременно поступают соответственно на первый и второй входы первого логического элемента ИЛИ 38, с выхода которого поступают на выход блока 8. То есть если в первый регистр 36 записывают отсчеты, то со второго регистра 37 считывают и, наоборот, если во второй регистр 37 записывают отсчеты, то с первого регистра 36
20 считывают. Частота считывания больше частоты записи. При этом после записи в регистр отсчетов одного передаваемого символа, последние G из N отсчетов записывают в регистре в начало этого символа.

С помощью счетчика 41, триггера 43, пятого 32, шестого 33, седьмого 34 и восьмого 35 логических элементов И, второго 39 и третьего 40 логических элементов ИЛИ из
25 тактовых импульсов генератора тактовых импульсов 42 формируют тактовые импульсы и сигналы управления для первого 28, второго 29, третьего 30 и четвертого 31 логических элементов И, первого 36 и второго регистров, которые поступают на вторые входы этих элементов. Причем тактовые импульсы считывания поступают с первого выхода генератора тактовых импульсов 42, а тактовые импульсы записи поступают со второго
30 выхода генератора тактовых импульсов 42. При этом счетчик 41 определяет длительность интервала записи отсчетов передаваемого символа в регистр. Сигнал начальной установки, который поступает с первого входа блока 8, выполняет начальную установку генератора тактовых импульсов 42, счетчика 41 и триггера 43.

Блок расстановки пилот сигналов 25 можно выполнить, например, по структурной схеме,
35 приведенной на фиг.9.

Блок расстановки пилот сигналов 25 (фиг.9) содержит первый 44, второй 45 и третий 46 логические элементы И, первый 47 и второй 48 логические элементы ИЛИ, первое 49 и второе 50 постоянные запоминающие устройства (ПЗУ), первое 51, второе 52 и третье 53 оперативные запоминающие устройства (ОЗУ), первая 54 и вторая 55 схемы сравнения,
40 первый 56 и второй 57 счетчики, триггер 58, генератор тактовых импульсов 59 (ГТИ), регистр 60, при этом первый вход первого логического элемента И 44 является первым входом блока 25 - входом модулированных символов, второй вход первого логического элемента И 44 соединен с первым выходом первого счетчика 56, второй выход которого соединен с первым входом второго логического элемента И 45 и входом первого ПЗУ 49, выход которого соединен со вторым входом второго логического элемента И 45, выход
45 которого соединен со вторым входом первого логического элемента ИЛИ 47, первый вход которого соединен с выходом первого логического элемента И 44, выход первого логического элемента ИЛИ 47 соединен со входом регистра 60, выходы которого являются выходами блока 25, вход второго ПЗУ 50 и первый вход второго логического элемента ИЛИ 48 объединены и соединены с выходом третьего логического элемента И 46, выход второго ПЗУ 50 соединен со вторым входом второго логического элемента ИЛИ 48, выход которого соединен с первым входом первого счетчика 56, второй вход которого объединен с
50 первыми входами второго ОЗУ 52 и триггера 58 и соединены с выходом первой схемы

сравнения 54, третий вход первого счетчика 56 объединен с первыми входами генератора тактовых импульсов (ГТИ) 59 и второго счетчика 57, образуя второй вход блока 25, который является входом сигнала начальной установки, четвертый вход первого 56 и второй вход второго 57 счетчиков соединены с выходом ГТИ 59, вход первого ОЗУ 51 является пятым входом блока 25 - входом скорректированного числа модулированных сигналов между пилот сигналами на каждом из выделенных участков нормированной частоты, выход первого ОЗУ 51 соединен с первым входом третьего логического элемента И 46, второй вход которого соединен с выходом триггера 58, второй вход которого объединен со вторым входом третьего ОЗУ 53 и соединен с выходом второй схемы сравнения 55, первый вход третьего ОЗУ 53 является четвертым входом блока 25 - входом последних значений выделенных участков нормированной частоты, выход третьего ОЗУ 53 соединен с первым входом второй схемы сравнения 55, второй вход которой объединен с первым входом первой схемы сравнения 54 и соединен с выходом второго счетчика 57, второй вход второго ОЗУ 52 является третьим входом блока 25 - входом первых значений выделенных участков нормированной частоты, выход второго ОЗУ 52 соединен со вторым входом первой схемы сравнения 54.

Работает блок расстановки пилот сигналов 25 следующим образом. Модулированные символы, поступающие с первого входа блока 25, через первый логический элемент И 44 и первый логический элемент ИЛИ 47 последовательно записываются в последовательно-параллельный регистр 60. При этом либо через каждые N_f модулированных символов данных (N_f - заданное число), либо через скорректированное число модулированных символов располагают пилот сигнал.

С выходов последовательно-параллельного регистра 60 модулированные символы параллельно поступают на выход блока 25.

В последовательно-параллельном регистре 60 первые и последние Z разрядов установлены в нулевое состояние, и поэтому при параллельном считывании из регистра 60 из них считываются нулевые символы.

Пилот сигналы с выхода первого ПЗУ 49 через второй вход второго логического элемента И 45 и второй вход первого логического элемента ИЛИ 47 с выхода первого логического элемента ИЛИ 47 поступают на вход регистра 60. Причем временное положение пилот сигналов (момент считывания пилот сигналов из первого ПЗУ 49) определяется первым счетчиком 56, который формирует сигнал, поступающий с его второго выхода на первый вход второго логического элемента И 45 и вход первого ПЗУ 49. С первого выхода первого счетчика 56 поступает сигнал на второй вход первого логического элемента И 44. В этот момент модулированные символы на выход первого логического элемента И 44 не поступают.

Величину заданного расстояния N_f считывают с выхода второго ПЗУ 50 и через второй вход второго логического элемента ИЛИ 48 записывают через первый вход первого счетчика 56 в счетчик 56. На четвертый вход первого счетчика 56 с выхода ГТИ 59 поступают тактовые импульсы, которые формируются ГТИ 59 по сигналу начальной установки, поступающему на вход ГТИ 59 со второго входа блока 25. Тактовые импульсы и сигнал начальной установки поступают также на первый вход второго счетчика 57.

Скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из выделенных участков, определенное на принимающей станции 2, поступает с пятого входа блока 25 на вход первого ОЗУ 51 и соответственно записывается в нем. Первые и последние значения выделенных участков нормированных частот, соответствующих этим скорректированным расстояниям, поступают соответственно с третьего и четвертого входов блока 25 на второй вход второго ОЗУ 52 и вход третьего ОЗУ 53 и соответственно записываются в них.

Скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из выделенных участков нормированной частоты, определенных на принимающей станции 2, с выхода первого ОЗУ 51 через первый вход третьего логического элемента И 46 поступает на первый вход второго логического элемента ИЛИ 48, а с его выхода - на

первый вход первого счетчика 56 и записывается в нем.

Выделенные участки нормированной частоты для соответствующих скорректированных расстояний между пилот сигналами определяются первой 54 и второй 55 схемами сравнения. На второй вход первой 54 схемы сравнения и первый вход второй 55 схемы сравнения поступают считываемые соответственно с выходов второго 52 и третьего 53 ОЗУ соответственно первые и последние значения выделенных участков нормированных частот. На первый вход первой схемы сравнения 54 и второй вход второй схемы сравнения 55 поступают с выхода второго счетчика 57 выходные значения, представляющие собой последовательность нормированных частот поднесущих. Когда первые значения выделенных участков нормированной частоты или последние значения выделенных участков нормированной частоты равны значениям второго счетчика 57, с выходов первой 54 и второй 55 схем сравнения поступают сигналы соответственно на первый и второй входы триггера 58. Таким образом, с выхода первой схемы сравнения 54 на первый вход триггера 58 поступает сигнал, устанавливающий триггер 58 в состояние, при котором скорректированные расстояния между пилот сигналами, поступившие с выхода первого ОЗУ 51 на первый вход третьего логического элемента 46, через второй вход третьего логического элемента И 46 и первый вход второго логического элемента ИЛИ 48 записывают с его выхода через первый вход в первый счетчик 56.

С выхода второй схемы сравнения 55 на второй вход триггера 58 поступает сигнал, устанавливающий триггер 58 в состояние, при котором его выходной сигнал поступает на второй вход третьего логического элемента И 46. При этом скорректированные расстояния между пилот сигналами, поступившими с выхода первого ОЗУ 51 на первый вход третьего логического элемента И 46, на выход этого элемента не поступают.

Блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21, например, может быть реализован по структурной схеме, которая выполнена на фиг.10.

Блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 содержит регистр 61, генератор тактовых импульсов (ГТИ) 62, логический элемент И 63, счетчик 64 и триггер 65, при этом вход генератора тактовых импульсов 62, первые входы счетчика 64 и триггера 65 объединены, образуя второй вход блока 21, на который поступает сигнал начальной установки со второго входа блока 21, выход генератора тактовых импульсов 62 соединен со вторым входом счетчика 64 и первым входом логического элемента И 63, второй вход которого соединен с выходом триггера 65, второй и третий входы которого соединены соответственно с первым и вторым выходами счетчика 64, выход логического элемента И 63 соединен со вторым входом регистра 61, на первый вход которого поступает сигнал с первого входа блока 21, выходы регистра 61 являются выходами блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21.

Работает блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21 следующим образом. Отсчеты ортогональных частотно мультиплексированных символов последовательно поступают на первый вход блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала 21. Каждый из этих символов содержит G+N отсчетов. С первого входа блока 21 отсчеты ортогональных частотно мультиплексированных символов поступают на первый вход последовательно-параллельного регистра 61 и последовательно записываются в него. Из поступивших на первый вход регистра 61 G+N отсчетов одного частотно мультиплексированного символа, в сам регистр 61 записываются только N отсчетов. Отсчеты защитного интервала в регистр 61 не записываются. С выходов регистра 61 N отсчетов параллельно поступают на выходы блока 21.

Счетчик 64 по сигналу начальной установки, который поступает на его первый вход с первого входа блока 21, и сигналу, который поступает на его второй вход с выхода ГТИ 62, определяет длительность принимаемого символа и длительность защитного интервала. Логический элемент И 63, триггер 65 и счетчик 64 из тактовых импульсов ГТИ 62, поступающих на их входы, формируют тактовые импульсы для регистра 61, поступающие

на его второй вход.

Блок вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 можно выполнить по структурной схеме, приведенной на фиг.11.

5 Блок вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты 26 (фиг.11) содержит первый 66, второй 67 и третий 68 регистры, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) 69, счетчик 70, генератор тактовых импульсов (ГТИ) 71, узел вычисления модуля 72, первый 73 и второй 74 узлы вычитания, первый 75 и второй 76 узлы деления, 10 первый 77 и второй 78 узлы сравнения с порогом, первый 79, второй 80, третий 81 и четвертый 82 логические элементы И (ЛЭ И), первый 83 и второй 84 узлы вычисления среднего значения, первый 85 и второй 86 узлы округления, первый 87 и второй 88 дешифраторы, первое 89 и второе 90 постоянные запоминающие устройства (ПЗУ), узел вычисления фазы 91 и узел сравнения 92, при этом входы первого регистра 66 являются 15 входами блока 26 - входами значений быстрого преобразования Фурье модулированных символов, выход первого регистра 66 соединен с первым входом ОЗУ 69, второй вход которого объединен с первыми входами второго 80 и четвертого 82 логических элементов И и соединены с выходом счетчика 70, первый вход которого объединен со входом ГТИ 71, образуя второй вход блока 26, который является входом сигнала начальной установки, 20 второй вход счетчика соединен с выходом ГТИ 71, выход ОЗУ 69 соединен со входами узла вычисления модуля 72 и узла вычисления фазы 91, выход узла вычисления модуля 72 соединен со входом второго регистра 67, первый и второй выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами первого узла вычитания 73, выход которого соединен со входом первого узла деления 75, выход которого соединен со входом первого 25 узла сравнения с порогом 77 и первым входом первого логического элемента И 79, второй вход которого объединен со вторым входом второго логического элемента И 80 и соединены с выходом первого узла сравнения с порогом 77, выход первого логического элемента И 79 соединен со входом первого узла вычисления среднего значения 83, выход которого соединен со входом первого узла округления 85, выход которого соединен со 30 входом первого дешифратора 87, выход которого соединен со входом первого ПЗУ 89, выход которого соединен с первым входом узла сравнения 92, выход второго логического элемента И 80 является первым выходом блока 26, на который поступают первые значения выделенных участков нормированной частоты, выход четвертого логического элемента И 82 является вторым выходом блока 26, на который поступают последние значения 35 выделенных участков нормированной частоты, выход узла вычисления фазы 91 соединен со входом третьего регистра 68, первый и второй выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами второго узла вычитания 74, выход которого соединен со входом второго узла деления 76, выход которого соединен со входом второго узла сравнения с порогом 78 и первым входом третьего логического элемента И 81, 40 первый и второй выходы второго узла сравнения с порогом 78 соединены соответственно со вторым входом четвертого логического элемента И 82 и вторым входом третьего логического элемента И 81, выход третьего логического элемента И 81 соединен со входом второго узла вычисления среднего значения 84, выход которого соединен со входом второго узла округления 86, выход которого соединен со входом второго 45 дешифратора 88, выход которого соединен со входом второго ПЗУ 90, выход которого соединен со вторым входом узла сравнения 92, выход которого является третьим выходом блока 26, на который поступает скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом выделенном участке нормированной частоты.

Работает блок 26 (фиг.11) следующим образом.

50 Значения БПФ (модулированные символы), поступившие на входы первого регистра 66, параллельно записываются в него, а затем последовательно считываются из него в ОЗУ 69.

Из ОЗУ 69 значения БПФ последовательно считываются на узел вычисления модуля 72

и узел вычисления фазы 91.

В узле вычисления модуля 72 выделяют пилот сигналы и вычисляют их модули.

Узел вычисления модуля 72 можно выполнить в виде регистра и счетчика, формирующего сигнал, стробирующего пилот сигналы, а также схемы вычисления модуля.

5 С выхода узла вычисления модуля 72 последовательность модулей пилот сигналов поступает на вход второго регистра 67, который является последовательно-параллельным регистром. С первого и последнего разрядов регистра (начало и конец окна) модули пилот сигналов поступают соответственно с первого и второго выходов на первый и второй входы первого узла вычитания 73. С выхода первого узла вычитания 73 разность
10 модулей пилот сигналов поступает на вход первого узла деления 75.

Далее в первом узле деления 75 вычисленная разность модулей пилот сигналов делится на разность нормированных частот, соответствующих началу и концу окна. Таким образом, вычисляют изменения нормированных модулей пилот сигналов.

15 Вычисленные изменения нормированных модулей пилот сигналов с выхода первого узла деления 75 поступают на вход первого узла сравнения с порогом 77 и второй вход первого логического элемента И 79.

В первом узле сравнения с порогом 77 вычисленные изменения нормированных модулей пилот сигналов сравнивают с заданной величиной порога. Изменения нормированных модулей пилот сигналов, превысившие заданную величину, через первый
20 логический элемент И 79 поступают на вход первого узла вычисления среднего значения 83, в котором вычисляют среднее значение изменений нормированных модулей пилот сигналов.

Если среднее значение является дробным числом, то его округляют до целого числа в первом узле округления 85.

25 Среднее значения изменений нормированных модулей пилот сигналов с выхода первого узла округления 85 поступает на вход первого дешифратора 87, который преобразует среднее значение в адрес первого ПЗУ 89, который поступает на вход первого ПЗУ 89, по этому адресу в это ПЗУ 89 записано скорректированное число модулированных символов (табличный метод вычисления скорректированного числа модулированных символов).
30 Таким образом, с выхода первого ПЗУ 89 на первый вход узла сравнения 92 поступает скорректированное число модулированных сигналов между пилот сигналами.

В узле вычисления фазы 91 выделяют пилот сигналы и вычисляют их фазы.

Узел вычисления фазы 91 можно выполнить в виде регистра и счетчика, формирующего сигнал, стробирующий пилот сигналы, и схемы вычисления фазы. Вычислить фазу можно
35 табличным методом.

С выхода узла вычисления фазы 91 последовательность фаз пилот сигналов поступает на вход третьего регистра 68, который является последовательно-параллельным регистром. С первого и последнего разрядов третьего регистра 68 (начало и конец окна) фазы с первого и второго выходов пилот сигналы поступают соответственно на первый и
40 второй входы второго узла вычитания 74.

С выхода второго узла вычитания 74 вычисленная разность фаз пилот сигналов поступает на вход второго узла деления 76, в котором вычисленная разность фаз пилот сигналов делится на разность нормированных частот, соответствующих началу и концу окна. Таким образом вычисляют изменения фазы пилот сигналов.

45 Вычисленные изменения фазы пилот сигналов, поступившие с выхода второго узла деления 76 на вход второго узла сравнения с порогом 78 и первый вход третьего логического элемента И 81, сравнивают с заданной величиной порога во втором узле сравнения с порогом 78. Изменения фаз пилот сигналов, превысившие заданную величину порога, через второй вход третьего логического элемента И 81 с его выхода поступают
50 на вход второго узла вычисления среднего значения 84, в котором вычисляют среднее значение этих изменений фазы пилот сигналов.

Если среднее значение является дробным числом, то его округляют до целого числа во втором узле округления 86.

Средние значения изменений фазы пилот сигналов поступают на вход второго дешифратора 86, который преобразует среднее значение в адрес второго ПЗУ 90, который поступает на это ПЗУ 90, по которому записано скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами. Таким образом, с выхода второго ПЗУ 90 на второй вход узла сравнения 92 поступает скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами.

В узле сравнения 92 сравнивают два скорректированных числа модулированных символов между пилот сигналами, поступающими на его первый и второй входы, и большее из них поступает на его выход и далее на третий выход блока 26.

Сигнал начальной установки со второго входа блока 26 поступает на первый вход счетчика 70 и вход генератора тактовых импульсов 71 (ГТИ), которые по этому сигналу устанавливаются в исходное состояние.

Тактовые импульсы с выхода ГТИ 71 поступают на второй вход счетчика 70. Выходной сигнал счетчика 70 поступает на второй вход ОЗУ 69 и первые входы второго и четвертого логических элементов И 80 и 82.

Сигнал счетчика 70 обеспечивает запись модулированных символов (выходных значений БПФ) в ОЗУ 69 и считывание их из ОЗУ 69.

Каждому модулированному символу соответствует поднесущая с нормированной частотой, равной его порядковому номеру от 1 до N, а адреса записанных в ОЗУ 69 модулированных символов также меняются от 1 до N. Таким образом, счетчик 70 формирует нормированные частоты поднесущих модулированных символов.

При поступлении на второй вход второго логического элемента И 80 сигнала с выхода первого узла сравнения с порогом 77 выходной сигнал счетчика 70 как первые значения выделенных участков нормированной частоты поступает на первый вход второго логического элемента И 80 и далее с его выхода на первый выход блока 26.

При поступлении на второй вход четвертого логического элемента И 82 сигнала с выхода второго узла сравнения с порогом 78 выходной сигнал счетчика 70 как последние значения выделенных участков нормированной частоты поступает на первый вход четвертого логического элемента И 82 и далее на второй выход блока 26.

Таким образом, на выход блока 26 поступают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин.

Блок формирования сигнала обратного канала 27 можно реализовать различными способами. Например, в виде последовательно включенных узла параллельно-последовательного преобразования и передающей части прототипа (от модулятора 4 до передатчика 10). Узел параллельно-последовательного преобразования можно выполнить на основе параллельно-последовательных регистров. При этом входные параллельные символы преобразуются в последовательную форму и затем поступают на вход модулятора.

Таким образом, реализация всех перечисленных выше признаков заявляемого изобретения позволяет повысить помехоустойчивость в системах связи с ортогональным частотным мультиплексированием.

Формула изобретения

1. Способ передачи-приема данных в системе радиосвязи, заключающийся в том, что на передающую станцию поступает последовательность двоичных символов, последовательность разбивают на слова, состоящие из d символов, где d заданное число, каждому слову присваивают модулированный символ данных в виде комплексного числа, преобразуют последовательность модулированных символов данных в параллельные группы модулированных символов, дополняют группы модулированных символов данных последовательностями, состоящими из Z нулевых символов, располагая их в начале и конце группы, и через каждые N_f модулированных символов данных располагают пилот сигнал, где $N_f=Q/K$, причем Q кратно K и $N=Q+2Z+K$, а K число пилот сигналов в группе, с

каждой группой сформированной последовательности выполняют ОБПФ, формируя параллельные выходные группы значений ОБПФ, преобразуют параллельные выходные блоки значений ОБПФ в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность передаваемых символов, каждый из которых содержит N полученных

5 последовательных значений ОБПФ, дополняют каждый передаваемый символ защитным интервалом, формируя, таким образом, последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов, передают последовательность ортогональных частотных мультиплексированных символов на принимающую станцию; на принимающей станции принимают их и удаляют защитный интервал, формируя, таким образом,

10 последовательность принятых символов, преобразуют принятые символы в параллельные группы входных значений, с каждой группой входных значений выполняют БПФ, формируя, таким образом, параллельные группы модулированных символов, состоящие из N модулированных символов каждая, ставят в соответствие каждому модулированному символу частоту поднесущей, нормированную к частотному сдвигу между поднесущими,

15 причем частота поднесущей равна ее порядковому номеру в группе, принимающему значение от 1 до N, выделяют и запоминают в группах модулированные символы данных и пилот сигналы, а также соответствующие им нормированные частоты, в каждой группе вычисляют модули и фазы пилот сигналов, определяют максимальное значение модуля пилот сигналов в каждой группе и нормируют вычисленные модули пилот сигналов к

20 максимальному значению модуля пилот сигнала этой группы, в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения фаз пилот сигналов, как отношение разности фаз пилот сигналов, находящихся в начале и в конце окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, для которой вычисляют изменения фаз пилот сигналов, является центром

25 окна, в каждой группе для всех поднесущих с пилот сигналами вычисляют в скользящем окне заданного размера изменения нормированных модулей пилот сигналов, как отношение разности модулей пилот сигналов, соответствующих началу и концу окна, к разности соответствующих им нормированных частот, причем поднесущая, соответствующая вычисляемой величине изменения нормированных модулей пилот

30 сигналов, является центром окна, вычисленные изменения фаз и нормированных модулей пилот сигналов сравнивают с заданными величинами изменения фазы и модуля и запоминают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение заданных величин, и изменения нормированных модулей и фаз пилот сигналов на этом участке, вычисляют средние значения изменения фаз и

35 нормированных модулей пилот сигналов на выделенных участках нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, если среднее значение является дробным числом, то его округляют до целого числа, по вычисленным средним значениям изменения фаз и модулей пилот сигналов определяют для соответствующих им выделенных участков нормированной частоты скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами

40 таким образом, чтобы число модулированных символов между пилот сигналами было пропорционально величине изменений фаз или нормированных модулей пилот сигналов, если на некоторых интервалах выделенные участки нормированной частоты, на которых определено скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами,

45 перекрываются, то на этих интервалах из двух скорректированных чисел модулированных символов между пилот сигналами выбирают максимальное, передают с принимающей станции на передающую станцию первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков; на принимающей станции по пилот

50 сигналам выполняют оценку канала связи, используя полученные результаты оценки канала связи, выполняют оценку Q модулированных символов данных, преобразуют группы оценок модулированных символов данных в последовательную форму, формируя, таким образом, последовательность оценок модулированных символов данных, выполняют

демодуляцию полученных оценок модулированных символов данных, формируя, таким образом, последовательность двоичных данных; на передающей станции принимают первые и последние значения выделенных участков нормированной частоты, где произошло превышение изменения фаз или нормированных модулей пилот сигналов заданных величин, а также скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из этих участков, и в соответствии с ними корректируют число модулированных символов между пилот сигналами.

2. Устройство передачи-приема данных в системе радиосвязи, содержащее передающую и принимающую станции, при этом передающая станция содержит модулятор, блок обратного быстрого преобразования Фурье, блок параллельно-последовательного преобразования, блок присоединения защитного интервала, передатчик, приемник, разветвитель и антенну, при этом вход модулятора является первым входом передающей станции-входом последовательности двоичных символов, выход передатчика соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен с первым входом антенны, первый выход которой является первым выходом передающей станции, передающей с первого выхода на радиочастоте частотно-мультиплексированные символы, второй вход антенны является вторым входом передающей станции-входом частотно-мультиплексированных символов, переданных на радиочастоте с передающей станции, второй выход антенны соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со входом приемника; принимающая станция содержит антенну, разветвитель, приемник, передатчик, блок последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, блок быстрого преобразования Фурье, блок оценки канала, блок параллельно-последовательного преобразования и демодулятор, при этом первый вход антенны является первым входом принимающей станции-входом частотно-мультиплексированных символов, первый выход антенны соединен с первым входом разветвителя, первый выход которого соединен со входом приемника, выход которого соединен с первым входом блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала, выходы которого соединены соответственно со входами блока быстрого преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока оценки канала, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со входом демодулятора, выход которого является первым выходом принимающей станции, формирующей на этом выходе последовательность двоичных данных, выход передатчика соединен со вторым входом разветвителя, второй выход которого соединен со вторым входом антенны, второй выход которой является вторым выходом принимающей станции, отличающееся тем, что на передающей станции введен блок расстановки пилот сигналов, первый вход которого соединен с выходом модулятора, второй вход блока расстановки пилот сигналов объединен с первым входом блока присоединения защитного интервала, образуя третий вход передающей станции, который является входом сигнала начальной установки, третий, четвертый и пятый входы блока расстановки пилот сигналов соединены соответственно с первым, вторым и третьим выходами приемника, формирующего на первом выходе первые значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом из выделенных участков, при этом блок расстановки пилот сигналов корректирует число модулированных символов между пилот сигналами на основе сигналов, поступивших с первого, второго и третьего выходов приемника, выходы блока расстановки пилот сигналов соединены со входами блока обратного преобразования Фурье, выходы которого соединены со входами блока параллельно-последовательного преобразования, выход которого соединен со вторым входом блока присоединения защитного интервала, выход которого соединен со входом передатчика; на принимающей станции введены блок вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты и блок

формирования сигнала обратного канала, при этом выходы блока быстрого преобразования Фурье соединены с первыми входами блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты, формирующего на первом выходе первые значения выделенных участков нормированной частоты, на втором выходе - последние значения выделенных участков нормированной частоты, на третьем выходе - скорректированное число модулированных символов между пилот сигналами на каждом выделенном участке нормированной частоты, первый, второй и третий выходы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты соединены соответственно с первым, вторым и третьим входами блока формирования сигнала обратного канала, выход которого соединен со входом передатчика, вторые входы блока вычисления величин изменений значений нормированных модулей и фаз пилот сигналов и определения выделенных участков нормированной частоты и блока последовательно-параллельного преобразования и удаления защитного интервала объединены, образуя второй вход принимающей станции, который является входом сигнала начальной установки.

20

25

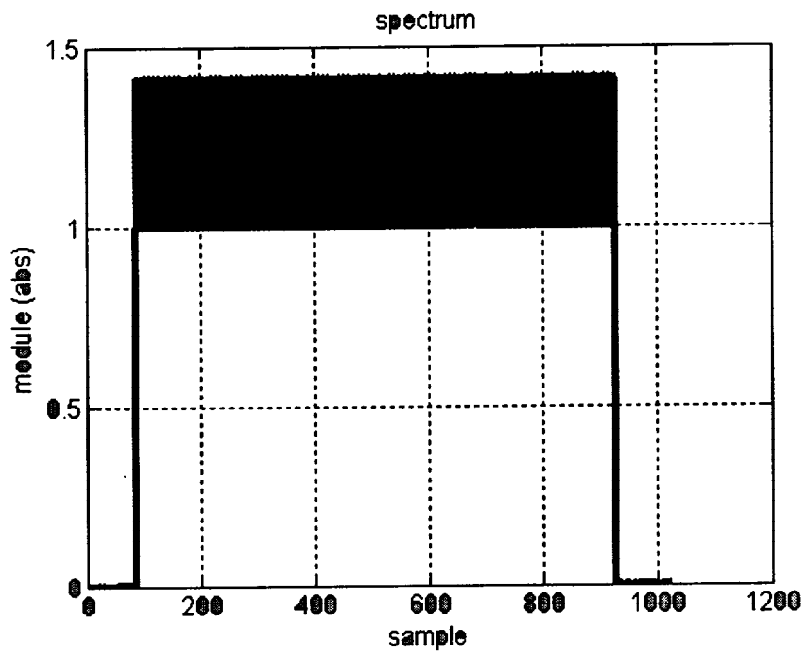
30

35

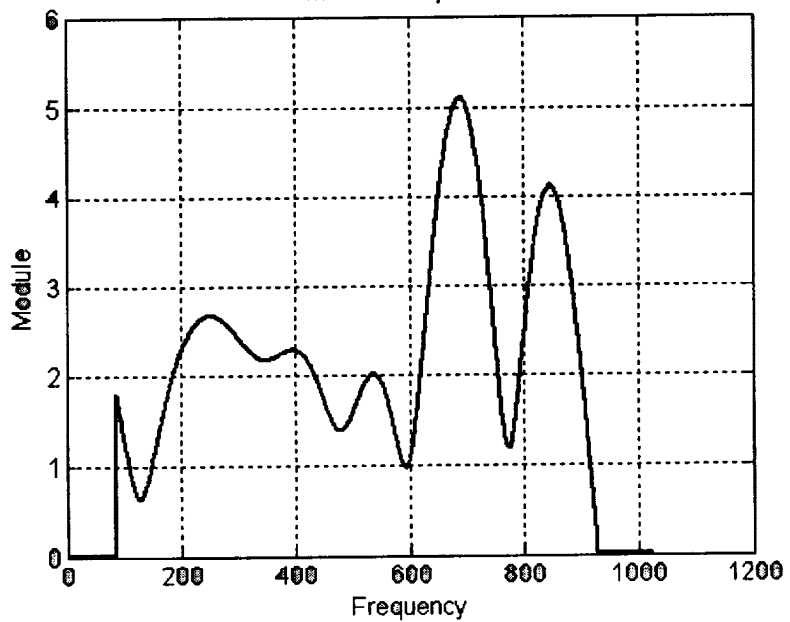
40

45

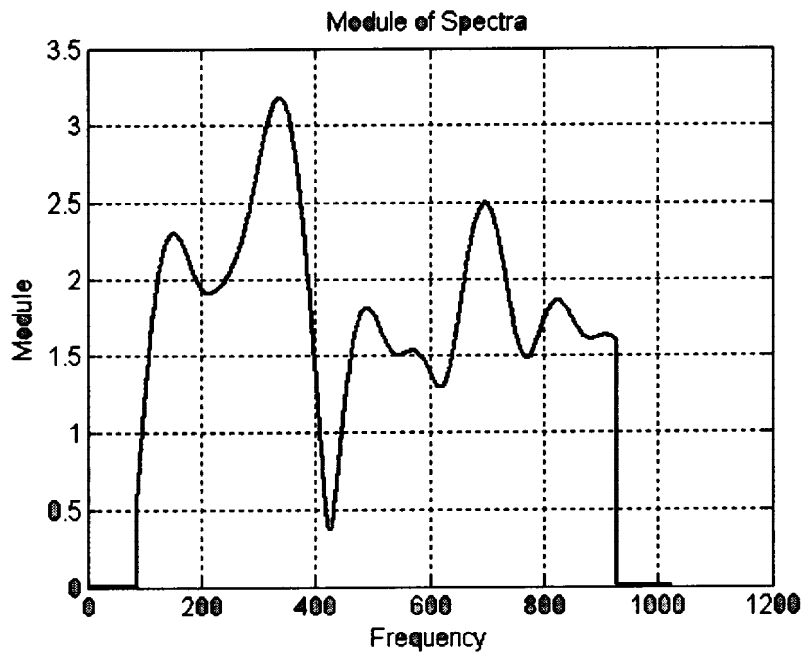
50



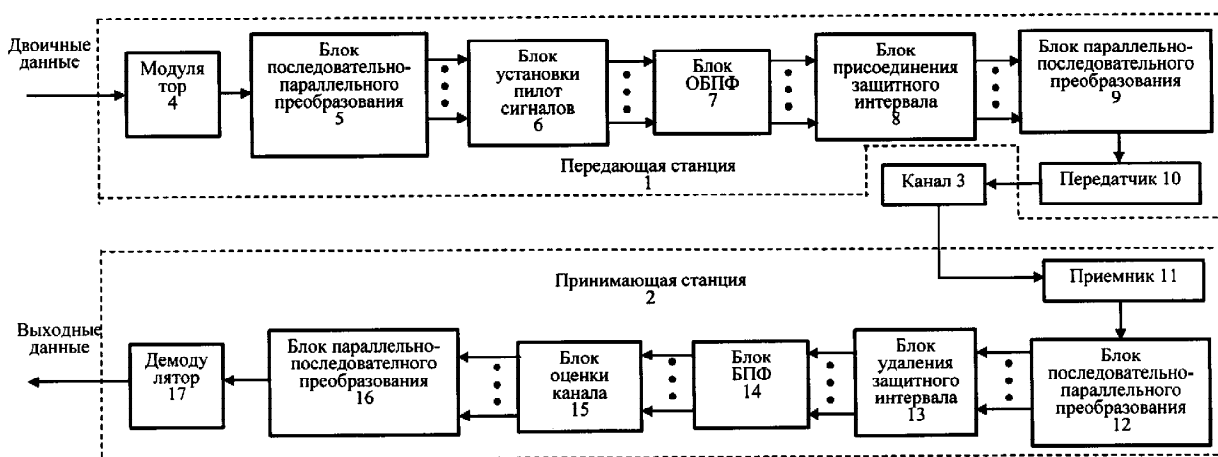
Фиг. 1
Module of Spectra



Фиг. 2



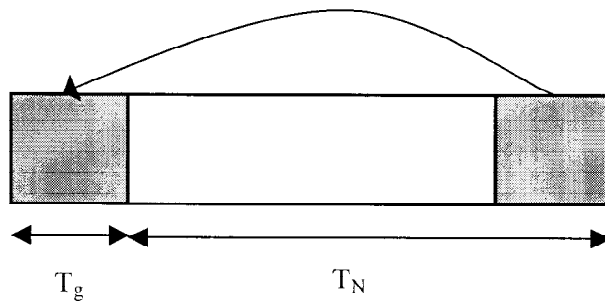
Фиг. 3



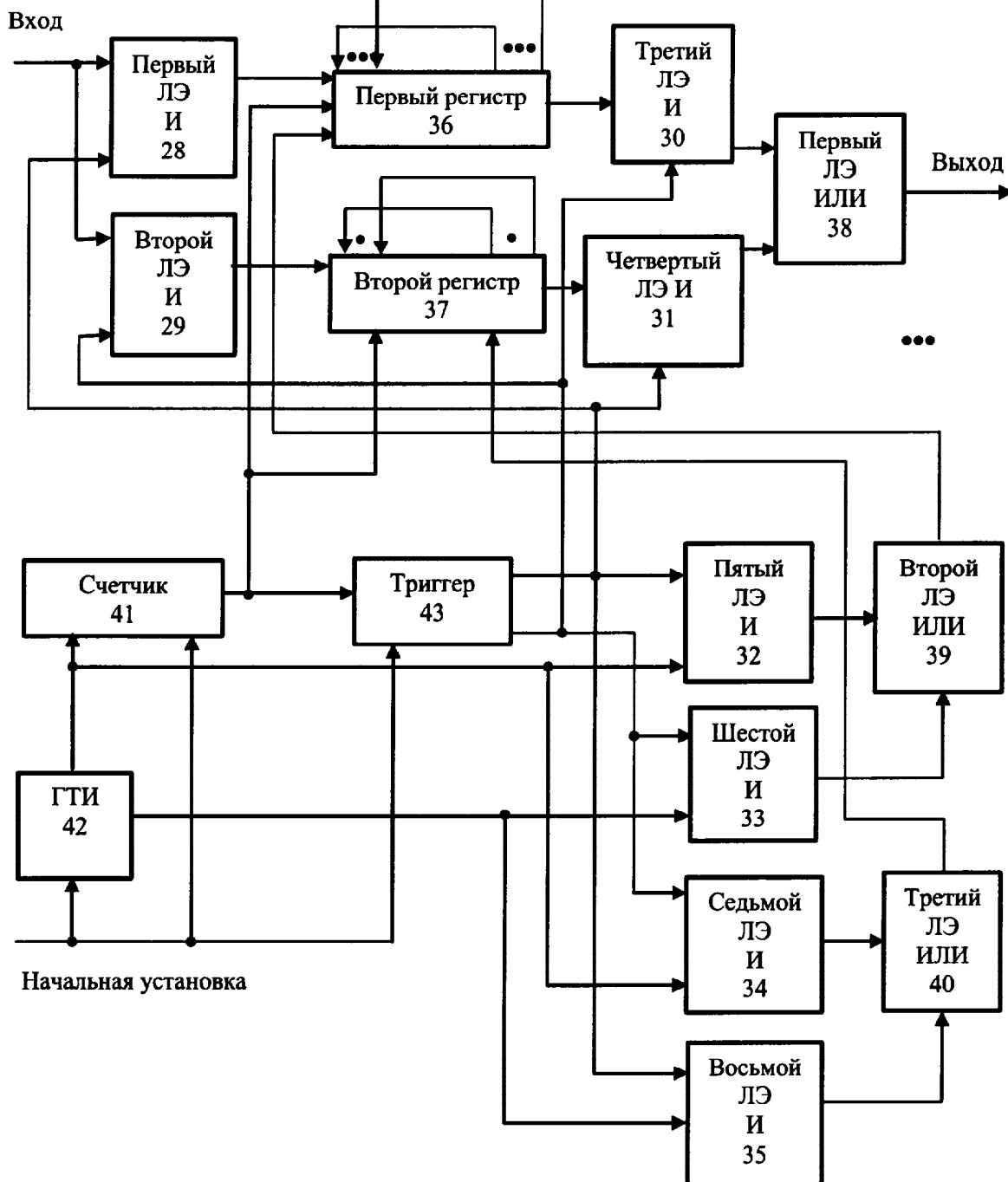
Фиг. 4



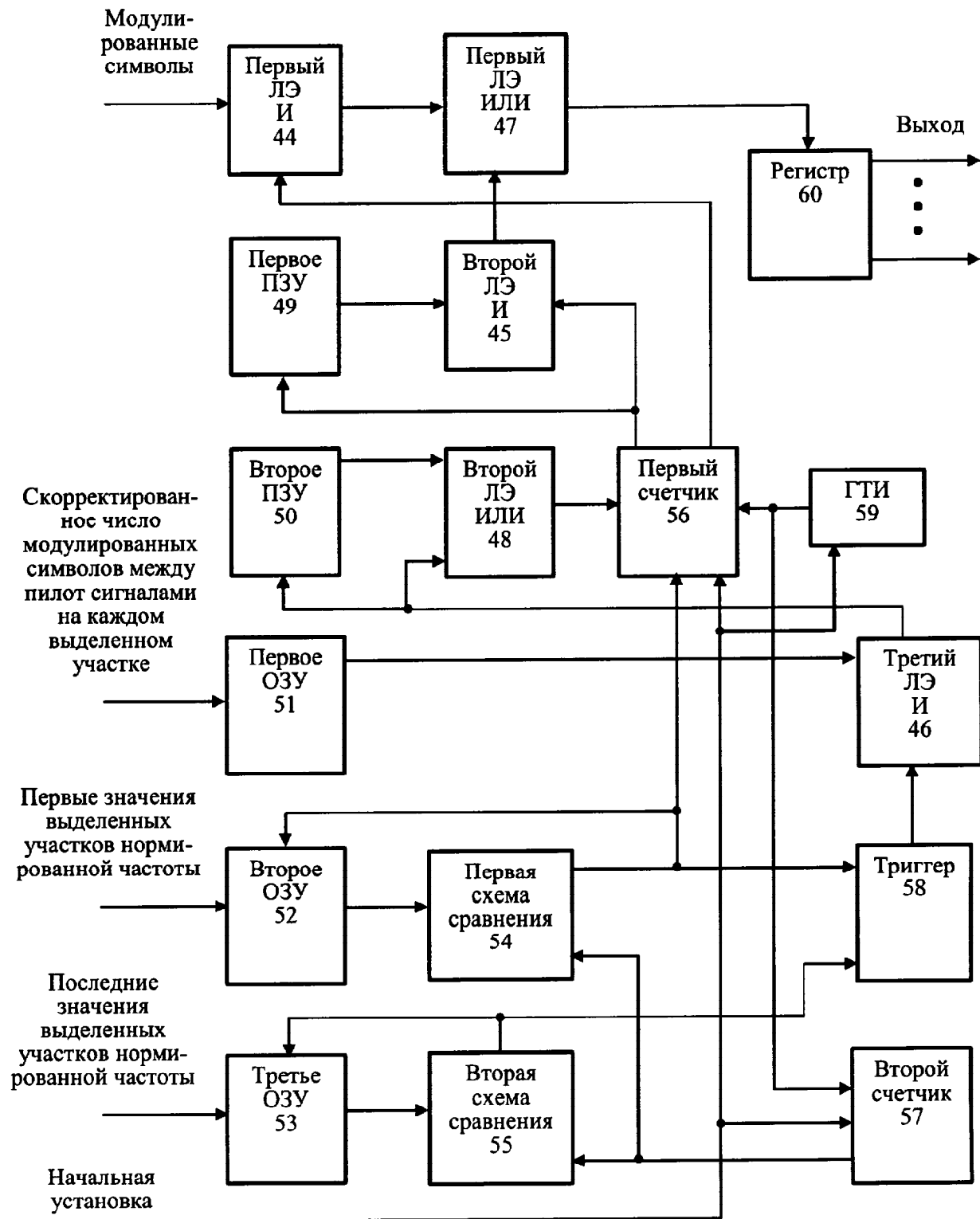
Фиг. 5



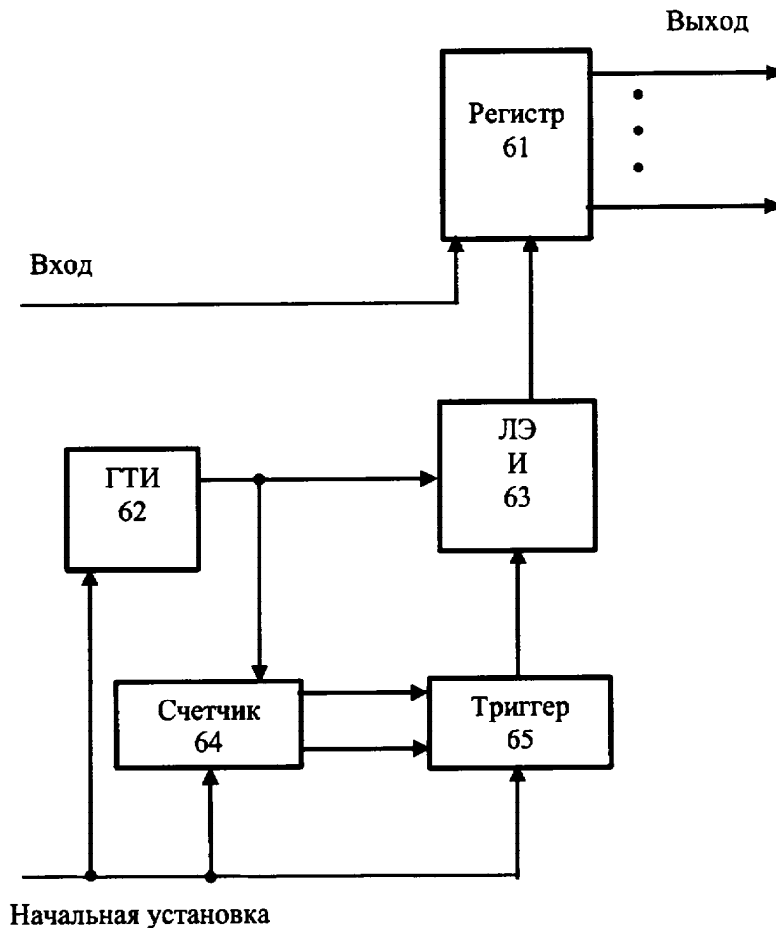
Фиг. 7



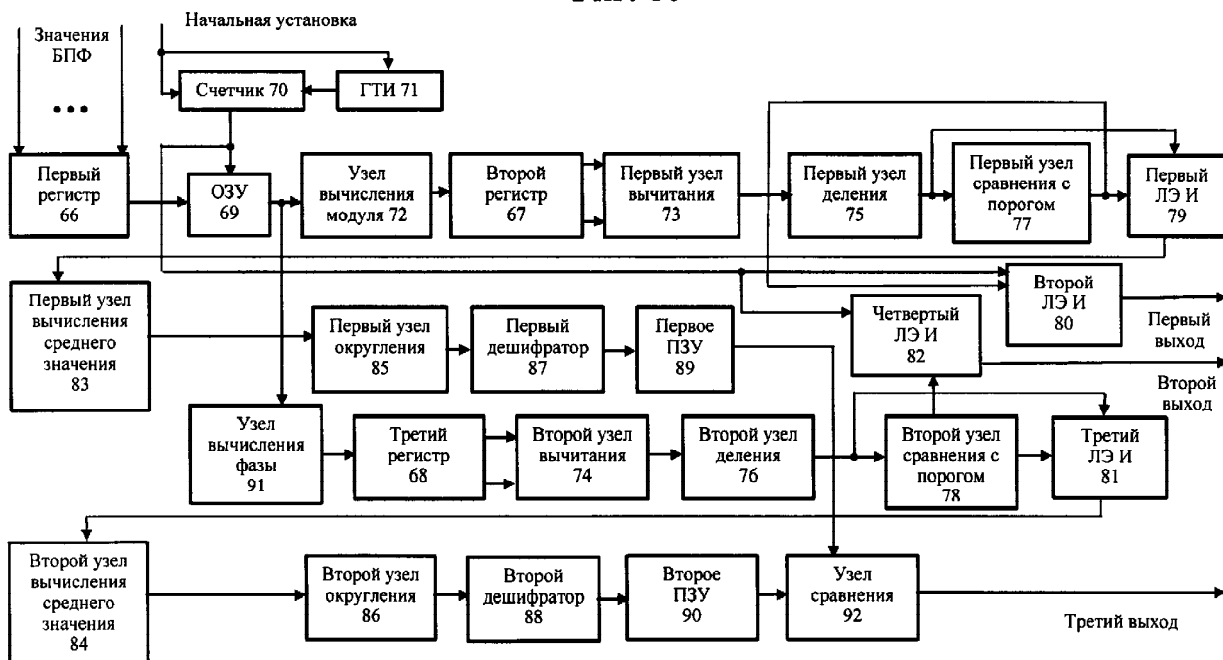
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11